



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**  
**UNIDAD XOCHIMILCO**

---

---

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**  
**DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE**  
**LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

INFORME DEL SERVICIO SOCIAL

**ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL PEZ DIABLO EN CUERPOS DE AGUA DE  
YUCATÁN**

**Que para obtener el título de Bióloga**

P R E S E N T A :

**Azpeitia Rayo María Guadalupe**  
**Matrícula: 2122044279**

ASESOR:

Dr. Luis Amado Ayala Pérez  
Laboratorio de Ecología Aplicada  
Departamento del Hombre y su Ambiente  
18075

México, Ciudad de México.

2018

## **AGRADECIMIENTOS**

En particular quiero agradecer al Dr. Luis Ayala Pérez, por facilitarme los medios para lograr el presente trabajo, además del apoyo, consejos y paciencia dentro y fuera del Laboratorio de Ecología Aplicada.

A mis amigos, compañeros, colegas y confidentes: Erick, Esli y Eduardo, quienes siempre me apoyaron, me impulsaron a seguir y estuvieron conmigo en todo momento además de hacer más amena la realización de este trabajo.

A mis compañeros del Laboratorio de Ecología Aplicada por el aprendizaje brindado y la buena convivencia y sobre todo por los buenos momentos.

A las personas que de alguna u otra forma participaron en el desarrollo del presente trabajo.

Y a la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, por los servicios y el respaldo académico.

A todos ellos mi más grande y sincero agradecimiento

## **DEDICATORIA**

A mis padres, muchas gracias por sus esfuerzos, consejos, cariño y sobre todo por su enseñanza, ya que gracias ello, me han enseñado a no darme por vencida y conseguir mis metas.

Además de apoyarme y darme la confianza en la culminación de esta etapa, alentándome a seguir día con día a superar mis metas.

Y a todos aquellos que de alguna u otra forma me impulsaron y me apoyaron para que pudiera concluir este trabajó.

Con gratitud, respeto y amor muchas gracias.

## **CONTENIDO**

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b>	<b>7</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>8</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>8</b>
<b>TRABAJO DE CAMPO</b>	<b>9</b>
<b>TRABAJO DE GABINETE</b>	<b>10</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>12</b>
<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>ASPECTOS BIOLÓGICOS</b>	<b>12</b>
<b>RED HIDROLÓGICA: CUERPOS DE AGUA</b>	<b>15</b>
<b>VARIABLES AMBIENTALES</b>	<b>18</b>
<b>ANÁLISIS DE RIESGO</b>	<b>22</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>47</b>

## INTRODUCCIÓN

Una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales, es la introducción de especies exóticas en nuevos hábitats. Un caso en particular para los ecosistemas y las pesquerías de agua dulce en México, son los llamados peces diablo, también conocidos como plecos, “limpiapeceras” o “limpia-vidrios”; estos organismos, pertenecen a la familia Loricariidae y se caracterizan por ser especies exóticas, con un gran potencial de invasión, una alta tasa de dispersión y una significativa proliferación de sus poblaciones (Govianda-Das 2010; Mendoza *et al.* 2007; Ayala-Pérez *et al.* 2014).

Desde hace más de 55 años estos peces han sido populares en el acuarismo, además de ser utilizados como control biológico (consumo de algas) y por liberación intencionada (Mendoza *et al.* 2007), lo que ha facilitado su introducción y establecimiento en zonas fuera de su área de distribución natural (Wakida-Kusunoki y Amador-Del Ángel 2008).

Esta especie en particular se ha introducido en varias regiones del mundo (Wakida-Kusunoki y Amador-Del Ángel 2011). En México se detectó por primera vez en 1995 en el Rio Mezcala, ubicada en la cuenca del Rio Balsas (Sandoval-Huerta *et al.* 2012); y desde entonces, la especie se ha expandido a otras regiones del país, Por ejemplo, el caso del río Grijalva y su cuenca, además del río Usumacinta y sus vertientes así como varias localidades cercanas a Villahermosa, en el estado de Campeche, y en Catazjá, Chiapas, además del Lago de Chapala y la Colonización de la laguna de Chiricahueto (Sinaloa, México) (Okolodkov *et al.* 2007; Amezcua 2014; Amador-Del Ángel y Wakida-Kusunoki 2014; Sánchez *et al.* 2015). Cabe mencionar que, en los últimos años, se ha presentado un aumento en los registros de plecos sobre la península de Yucatán.

Particularmente en la península de Yucatán presenta un riesgo ya que, la presencia de estos organismos puede desencadenar un desequilibrio al ecosistema, y así desplazar a los peces de especies únicas en el mundo que habitan en los cenotes (Hernández 2016; Morales 2012).

Cabe destacar que la Península de Yucatán no cuenta con ríos superficiales: pero cuenta con todo un sistema de ríos subterráneos que alimentan cuerpos de agua como los cenotes, complementándose con las lluvias que puedan ser captadas por las aguadas. Sin embargo, debido a la interconectividad hidrológica que existe en la zona (Olvera-Novoa

2010), resulta, alarmante, que estos temibles invasores se encuentren en los ríos subterráneos de la península de Yucatán (Morales 2012).

Para contribuir a la erradicación o control de la especie invasora en los cuerpos de agua epicontinentales, se deben conocer los aspectos biológicos de los “plecos” a detalle y con ello, aproximar su potencial de expansión en la zona de estudio. Sin duda, se debe continuar con la difusión, ya que, una de las acciones más eficaces para enfrentar el grave problema de la introducción de especies exóticas es la prevención, por lo cual en este proyecto se propone el desarrollo de un análisis de riesgos, además de complementar y contribuir con la información que actualmente existe sobre los efectos ecológicos, biológicos y económicos de la invasión del pez diablo y así, ayudar a fortalecer la toma de decisiones sobre prevención, mitigación, erradicación o control de la especie.

## ANTECEDENTES

La introducción especies acuáticas exóticas o no nativas de forma accidental o deliberada fuera de su área de distribución natural es considerada, uno de los riesgos ambientales más críticos que actualmente enfrentan las especies nativas, los hábitats acuáticos y en general la biodiversidad contemporánea (Leprieur *et al.* 2009; Rodríguez-Santiago *et al.* 2015). La afirmación anterior se puede aplicar al pez diablo o plecos, cuya presencia puede ocasionar consecuencias no solo biológicas y ecológicas, sino además económicas; Por esta razón, esta especie se ha convertido en un problema en muchas partes del mundo.

El pez diablo se considera una plaga en México, ya que ha ocasionado pérdidas a los ingresos de familias de miles de pescadores en diferentes embalses de varios estados de la república, además de ocasionar que las especies de peces locales o nativas decrezcan por la competencia, por el hábitat y el alimento (Amezcuca 2014).

Sin embargo, para el estado de Yucatán, se conocen pocos estudios realizados sobre la mayoría de los invertebrados de los cenotes; casi todos los estudios se han concentrado en los macrocrustáceos y el zooplancton. Así mismo, en dichos estudios se destaca que los peces representan el principal componente de estos ecosistemas, cuya composición, riqueza y distribución espacial y temporal varían en función de la variabilidad hidrológica y climática (Vega-Cendejas y Hernández- De Santillana 2010).

Suárez-Morales y Rivera-Arriaga (1998) señalan que, el número de especies ícticas determinadas en los cenotes de Yucatán sobrepasa las 50, sin embargo, algunos de estos peces se encuentran representadas por la mojarra yucateca, algunos velíferos y algunas especies exóticas introducidas como el plecostomus. En particular para el estado de Yucatán se han reportado dos casos sobre la presencia del pez diablo; El primer caso se detectó dentro del cenote Noc Ac, donde se cree que llegó ahí porque ciudadanos depositaron un ejemplar en el cenote sin conocer los riesgos que este puede generar (Diario Yucatán en corto 2013).

Para el segundo caso, de acuerdo con el diario LectorMX (2016), en el cenote Xlakah, ubicado en la zona arqueológica de Dzibilchaltún, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado (SEDUMA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), buzos de la Asociación Ecologista de Buzos de Yucatán y otras agrupaciones que se suman de manera

voluntaria confirmaron la presencia del pez plecostomus (bague acorazado o ‘chupa vidrios’) dentro del cenote.

Cabe enfatizar que actualmente en el estado de Yucatán no se cuenta con trabajos de investigación que permitan sustentar los reportes del asentamiento del pez diablo en los cenotes; ya que, hasta el momento solo se ha reportado de manera informal, mediante notas periodistas y comentarios de pescadores.

## **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un análisis de riesgo ante la potencial invasión del pez diablo en diferentes cuerpos de agua del estado de Yucatán.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Integración bibliográfica de la biología y ecología de la especie considerando la literatura gris para la región.
2. Identificación de los principales cuerpos de agua a través de SIG y bases de datos del INEGI.
3. Análisis de la variabilidad climática de la región con base en registros de temperatura y precipitación.
4. Desarrollar un análisis de riesgo ante la potencial invasión de la especie mediante la aplicación del programa FISK.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

El estado de Yucatán, está ubicado en el extremo este del país y ocupa la porción centro-norte de la Península de Yucatán (figura 1). Sus límites se encuentran entre los paralelos 19°31'46" y 21°37'21" de latitud norte y entre los meridianos 87°22'08" y 90°24'22" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, tiene una extensión superficial aproximada de 43 577 km<sup>2</sup> que lo ubica en el vigésimo lugar nacional, esta área representa poco más o menos 2.01 % de la República Mexicana, y 27.88% del territorio peninsular (Conagua)

Presenta dos variantes en el clima: cálido semiseco a lo largo del litoral y cálido subhúmedo, mientras que el clima seco y semiseco, se localiza en la parte norte del estado; cabe destacar que en verano se presentan huracanes y en invierno, “nortes”. Sin embargo, presenta un gradiente de precipitación que aumenta de noroeste a sureste, posee una temperatura media entre 25 y 35°C (Gobierno de Yucatán 2012-2018; Beddows *et al.* 2007; INEGI 2017a).



Figura 1. Mapa de posición geográfica del estado de Yucatán, imagen modificada de: (<http://inegi.org.mx>).



## Trabajo de campo

Se llevó a cabo una campaña de trabajo de campo en el mes de octubre del 2016, donde se estableció al cenote Zaci (Figura 2), como sitio de muestreo, para el estado de Yucatán, dentro del cenote se obtuvieron parámetros físico-químicos y se hizo un recorrido por la aguada en busca del pez diablo.

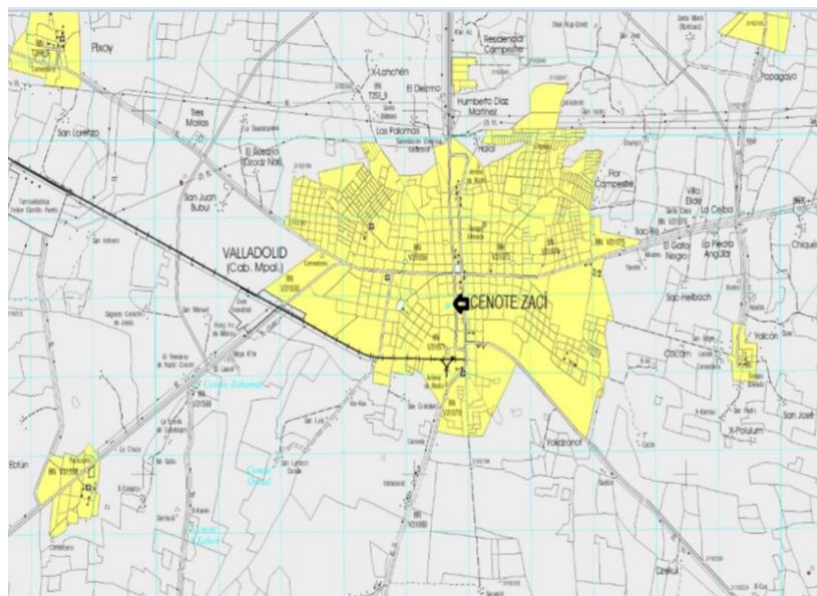


Figura 2. Mapa de posición geográfica del Cenote Zaci, en el municipio de Valladolid del estado de Yucatán.

Imagen modificada de: (<http://inegi.org.mx>).



Figura 3.- Cenote tipo aguada. Caracterización de la zona. (Fuente: Imagen propia).

El cenote Zací se encuentra dentro de la ciudad de Valladolid, su posición geográfica es entre el paralelo 20° 39'45" latitud norte y el meridiano 88° 33'02" longitud oeste. El espejo del agua se encuentra a 20 metros de la superficie y con una profundidad máxima de 35 metros, se han construido escaleras de piedra y miradores. La profundidad varía, desde 25 y 30 metros en sus partes bajas hasta más de 100 metros en las más profundas como se muestra en la figura 3 (SEDUMA 2012-2018; Herrera 1999).

## **Trabajo de Gabinete**

La realización de Integración bibliográfica de la biología y ecología, surge a partir de la validación de la información documentada, se realizó la búsqueda y descarga de artículos en texto completo, ya sea de una publicación científica en cualquiera de sus modalidades: revista de investigación, técnico profesional o de difusión científica o cultural.

Para evaluar la presencia del pez en la región se realizaron consultas en páginas oficiales del estado como lo son: la página de la SEDUMA (2012-2018), página del Gobierno de Yucatán (2012-2018), INAPESCA (1962-2017), además de enviar correos electrónicos a instituciones educativas-gubernamentales y personas especializadas sobre el trabajo del pez en la región. Así mismo se revisaron reportes, notas periodísticas, de la región en formato digital que mencionaran la presencia, prevención o erradicación del pez diablo.

Para determinar las posibles rutas de ingreso del pez diablo en el estado de Yucatán, se realizó un mapa identificando los principales cuerpos de agua; el cual, se realizó con un sistema de información geográfica, en particular con el software QGIS2.18, el cual es una herramienta de código abierto capaz de almacenar, integrar, editar, y analizar los; Dicha herramienta trabaja con las bases de datos de la página de INEGI (2010).

Con los datos de la página del Sistema Meteorológico Nacional, se realizó una base de datos para efectuar la evaluación climática de temperatura, precipitación y evaporación de la región, para realizar la base y poderla analizar en conjunto, se seleccionaron tres estaciones meteorológicas del estado (Valladolid, Dzidzantun y San Diego Buenavista), dichas estaciones se eligieron por los cuerpos de agua presentes, los cuales poseen características climáticas similares, además de que en algunos cuerpos de agua de estos municipios han reportado la presencia del pez diablo. Por último, el comportamiento ambiental de la zona de estudio se representó mediante gráficos de caja utilizando el programa Excel.

Así mismo, para determinar y evaluar el potencial que tiene para establecerse el pez diablo en la región y los impactos que dicha especie puede causar, sobre la biodiversidad, la cultura, la economía y/o la salud humana, se desarrolló una estrategia de manejo (Mendoza-Alfaro *et al.* 2015), mediante al uso de una herramienta de identificación de riesgo para especies exóticas de peces (FISK) propuesta por Baker *et al.* (2005). Dicho programa funciona a través de una interfaz con Excel, posteriormente inicia el análisis de riesgo con 49 preguntas, cabe resaltar que cada una de las preguntas requieren ser respondidas con un alto nivel de confianza y una justificación.

## RESULTADOS

### Distribución

Durante el cotejo y verificación de la información bibliográfica, se equiparó que el Pez Diablo pertenece a la familia Loricariidae, orden Siluriformes, son nativos de la cuenca del Amazonas y endémicos de Sudamérica. Se distribuye desde las cumbres de las cordilleras de los Andes en el Perú, pasando por el Amazonas de Colombia, hasta la costa de Brasil. (Corea *et al.* 2014; Cruz 2013; Vega *et al.* 2016); La invasión de estos peces fuera de su área de distribución natural se produjo por primera vez en América del Norte y Central y más tarde en las islas del Pacífico (Sinha *et al.* 2010).

Cabe destacar que son organismos que cuentan con el mayor número de especies dentro de los Siluriformes (80 géneros y más de 700 especies) (Sandoval-Huerta *et al.* 2012); y al menos en México se reconocen seis especies de loricáridos entre los que destacan *Hypostomus* y *Pterygoplichthys*.

### Aspectos biológicos

De acuerdo con Armbruster y Page (2006), Cruz (2013) y Sánchez-Cárdenas (2015), las especies de plecos, son grandes loricáridos que tienen un cuerpo alargado y aplanado; cuentan con una boca ventral tipo ventosa la cual carece de mandíbula; poseen ojos laterales que están adaptados para ver en condiciones de baja luminosidad y los pueden oscurecer voluntariamente para camuflajearse; además de tener grandes aletas dorsales con nueve o más radios (por lo general +10), más unas placas óseas que se extienden en el dorso a lo largo de tres hileras con pequeñas placas óseas recubriendo todo su cuerpo excepto en algunas zonas de las aleta caudal y dorsal. La aleta caudal es bifurcada, con el lóbulo inferior más largo que el superior.

En la figura 4 se muestran algunas características biológicas del pez diablo, entre las que destacan su morfología.



Figura 4.- Características morfológicas. A) Vista Dorsal, B) Vista frontal y C) Vista laterales del pez diablo.  
Imagen Propia.

En cuanto a la coloración se determinó, que algunos de los plecos, presentan en la parte ventral manchas de diferentes tamaños parecidas a las de un leopardo, y diseños geométricos en la cabeza, mientras otros tienen vermiculaciones oscuras y claras, estos últimos de una anchura menor que las oscuras, y sin diseños geométricos en la cabeza (Wakida y Amador-Del Ángel 2008). Cabe destacar que su principal característica fisiológica es su estómago agrandado, altamente vascular (provisto de vasos sanguíneos) el cual, funciona como pulmón que le permite tomar aire atmosférico y resistir por mucho tiempo afuera del agua. Con respecto al tamaño del pez se determinó que son especies de tamaño pequeño o mediano, aunque algunos ejemplares alcanzan tallas de 50 centímetros y ocasionalmente pueden llegar a medir hasta los 60 cm y pesar más de tres kilogramos, además se tiene registrado que cuentan con una longevidad máxima de 5.25 años (Gibbs *et al.* 2013).

### Aspectos ecológicos

Los plecos son organismos bentónicos (Barba-Macías y Cano-Salgado 2014) y pueden encontrarse en una amplia diversidad de ambientes que van desde corrientes en tierras altas, frescas, rápidas, ricas en oxígeno o inclusive en estanques pobres de oxígeno (Mendoza *et al.* 2009); en cuanto al nivel de elevación se pueden encontrar desde tierras bajas hasta elevaciones de 3.000 m (Amador- del Ángel *et al.* 2009). Por otro lado, López y Miquelarena (1991), señalan que es un organismo que habita en ríos de corriente rápida con fondos rocosos

y/o arenosos, o en ambientes lenticos de fondos fangosos; además puede construir madrigueras sobre los costados del río o utilizar ramas y troncos, en donde suele esconderse durante el día; se han descrito como peces de hábitos nocturnos, además tienen una función territorial, que les da una alta capacidad para adaptarse a vivir en diversos ambientes acuáticos; cabe destacar que los juveniles se observan más asociados al fondo de los cuerpos de agua con corrientes de baja intensidad (Mendoza *et al.* 2009; <http://labea.xoc.uam.mx/acciones.html>, Vargas *et al.* 2013; Cruz 2013; Hossain *et al.* 2008).

Por otro lado, Cruz (2013) menciona que logra establecerse en aguas dulces con características, tropicales, neutras y duras, no toleran temperaturas menores a 14° y se encuentra principalmente en aguas dulces con pH de 7-7.5 y temperaturas de 23°C a 28 °C. Así mismo, Amador- Del Ángel *et al.* 2014, señala que los niveles de salinidad son de 0.2 ups y que pueden llegar a tolerar hasta 10.6 ups, lo cual ocasiona que tengan muchas posibilidades de sobrevivir más allá de 85 horas de exposición al agua salina.

Su alimentación está compuesta principalmente por algas y detritus, aunque también se alimentan de manera incidental ingiere huevecillos fecundados de gusanos o peces, además de larvas de insectos y diversos animales acuáticos que habitan en el fondo (García *et al.* 2012; Mendoza *et al.* 2009; Pound *et al.* 2011).

De acuerdo con Ayala-Pérez *et al.* (2015), la época reproductiva del Pez Diablo se presenta principalmente entre julio y septiembre. Mientras que, la talla de primera madurez es cercana a los 30 cm de longitud total, además cuenta con una reproducción precoz, es decir, que su reproducción inicia desde que cuentan con una talla de 12.5 cm de longitud estándar en las hembras y 13 cm de longitud estándar en machos con una fecundidad de alrededor de 1800 huevos por hembra (<http://labea.xoc.uam.mx/acciones.html>; Samat *et al.* 2016)

Velázquez-Velázquez *et al.* (2013) señala que dentro de las características que hacen que los plecos sean una especie invasora destacan su: a) reproducción precoz, b) alta tasa de reproductividad, c) cuidado parental, d) hábitos conductuales, e) ausencia de depredadores.

- a) Reproducción precoz: incremento en la abundancia de sus juveniles, lo cual, a la vez, refleja el establecimiento de sus poblaciones en nuevos sitios (Amezcuá 2014).

- b) Alta tasa de reproductividad: Esta especie tiene un periodo reproductivo largo, con un máximo en septiembre, por lo menos en lo que resta a la segunda mitad del ciclo anual, además de una fecundidad alta.
- c) Cuidado parental: La construcción de nidos por machos exhibe cuidado parental en las madrigueras por lo que la supervivencia de los alevines y de los huevos son altos.
- d) Hábitos conductuales: Tienen una alta capacidad para adaptarse a vivir en diversos ambientes acuáticos, además de que pueden respirar fuera del agua, y sobrevivir hasta 30 horas. El pez diablo tiene una alta capacidad adaptativa y que puede competir exitosamente contra las especies de peces habitantes de los sistemas a los que llega, además son altamente territoriales y pueden ser muy agresivos.
- e) Ausencia de depredadores: En su hábitat nativo son depredados por cocodrilos, nutrias y algunos peces grandes.

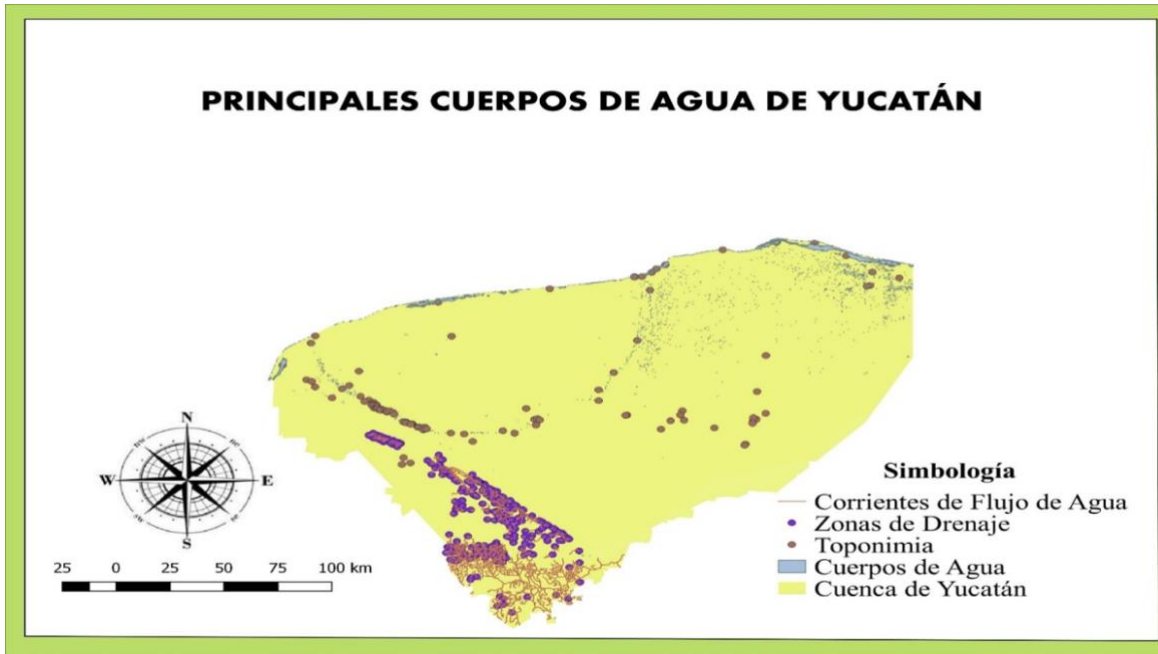
### **Red hidrológica: Cuerpos de Agua**

Yucatán es de los pocos estados de la República Mexicana que no tiene problemas de abasteciendo de aguas para satisfacer sus demandas, merced a las características de su subsuelo y a sus condiciones climáticas (Graniel 2010).

En particular, las aguas superficiales del Estado de Yucatán están distribuidas en tres regiones hidrológicas: RH31 Yucatán Oeste (Campeche), RH32 Yucatán Norte (Yucatán) y RH33 Yucatán Este (Quintana Roo). Cabe destacar que, aunque la península recibe cerca de 200 mil millones de metros cúbicos de lluvia al año, su balance hidrológico es negativo; puesto que no existen presas, ni canales importantes, y existen sólo doce lagos de volumen mayor a medio millón de metros cúbicos, ninguno de ellos en la parte norte.

En la siguiente imagen se presentan y se integran las aguas superficiales del estado de Yucatán.





**Figura 5.** Mapa de los recursos Hidrológicos del Estado de Yucatán. Fuente: INEGI, 2010. Continuo Nacional del conjunto de datos Geográficos de la Carta de la Red Hidrográfica escala 1:50 000 edición 2.0.

Como se muestra en la figura 5, de los datos topográficos escala 1:50 000, se deduce que el flujo de agua natural de la península de Yucatán es subterránea y se encuentra dada principalmente por las características particulares de la topografía del lugar; ya que la mayor parte del agua que llueve se evapora o es absorbida por plantas y suelos, el resto satura al terreno, colma el bajo relieve y se infiltra en el subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas en cavernosidades laberínticas y pluvimorfos (INEGI 2002).

De acuerdo con Suárez-Morales y Rivera-Arriaga (1998), la alta permeabilidad de las rocas de la zona norte de Yucatán ha favorecido la creación de un sistema más o menos homogéneo en el que el agua dulce yace por encima de aguas salinas.

De modo que existe una gran variedad de cuerpos de agua dulce como los cenotes, aguadas, cavernas y manantiales; seguida de cuerpos de agua salobres como las lagunas, esteros y los lagos; y por último aguas saladas, las cuales están constituidas por el mar.

En general, el agua dulce y tolerable se encuentra en la mayor parte del estado, mientras que el agua salada se localiza al suroeste y adyacentes a las costas.

En el mapa se destaca que los flujos de agua (corrientes) son intermitentes y normalmente descargan en sumideros que funcionan cuando tienen suficiente carga hidráulica, y las únicas corrientes de agua perennes son los esteros, las lagunas, los lagos, los



canales y los cenotes y estas a su vez después de alcanzar la zona de saturación en las calizas, se mueve lateralmente entre las rocas cavernosas hacia la costa, donde es descargada por ojos de agua por fisuras entre las superficies calcáreas (INEGI 2002; Suárez-Morales y Rivera-Arriaga 1998). Dichos flujos de agua tienen la capacidad de ser cuerpos de aguas de tipo abierto o cerrada.

- A. Abierta: área física de captación pluvial que se distingue por presentar salida de sus aguas a otro sistema o al mar a través de ríos.
- B. Cerrada: área física de captación pluvial en la que el agua no tiene salida superficialmente por ríos. Puede haber una acumulación de flujos formando lagos o simplemente el agua se infiltra al subsuelo o se evapora debido a condiciones climáticas y de los suelos.

La mayor parte del estado tiene cuerpos de agua de tipo cerrados, los cuales se infiltran al subsuelo por la permeabilidad de la roca caliza, y acumula en el subsuelo, formando una lente de agua dulce delgada que flota sobre una masa de agua salina, más densa, cuyo origen es la intrusión marina natural. El contacto entre ambas masas de agua, dulce y marina, forma una zona de mezcla o haloclina que en conjunto conforman un componente geológico importante del acuífero. En la Figura 6 se presenta un diagrama, en donde se observa que la mayor parte de las corrientes (Dulces o saladas) son drenadas hacia las zonas costeras (Cepeda-González *et al.* 2011).

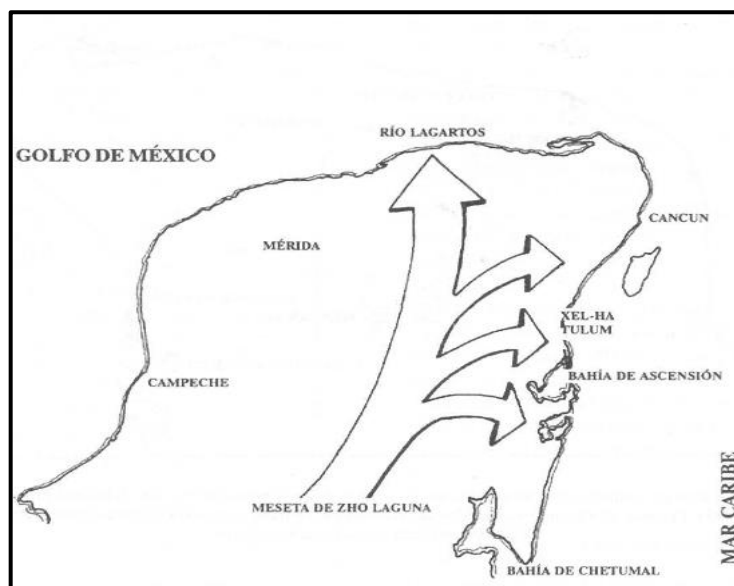


Figura 6. Diagrama de la tendencia general de los flujos Freáticos en la Península de Yucatán. Imagen tomada de Suarez-Morales y Rivera-Arriaga 1998.

La toponimia del lugar se encuentra dada principalmente por la presencia de cenotes, los cuales en su mayoría son de agua dulce, y prácticamente interconecta todos los cuerpos de agua existentes en la zona; otro tipo de corrientes de agua dulce son las aguadas, que son simplemente depresiones del terreno en las cuales se ha acumulado arcilla, lo que permite la acumulación de agua de lluvia. Estos cuerpos de agua se concentran en la parte norte, a lo largo de una línea imaginaria situada entre Tulum, Quintana Roo y Campeche, y disminuyen hacia el sur de la península (SEDUMA 2012-2018; Schmitter-Soto 2001).

Se calcula que aproximadamente el número de cenotes en el estado de Yucatán es de entre 7 000 a 8 000; sin embargo, debido a la gran extensión de bosque ha sido más difícil la cuantificación de los cenotes (Beddows *et al.* 2007).

Schmitter-Soto (2001), determina que el grado de conexión de los cenotes al manto acuífero permite distinguir: a) cenotes de flujo abierto, con aguas claras, fondo limpio, arenoso o rocoso y una masa de agua homogénea y bien oxigenada, y b) los estancados o de flujo restringido, turbios y estratificados térmicamente. En éstos, la capa acuática superficial es básica y sobresaturada con oxígeno disuelto, mientras que la profunda es ácida, desprovista de oxígeno y con ácido sulfhídrico cerca del fondo. Por otro lado, la variedad de grados de conexión del cenote con el manto acuífero, se define en diversos patrones de circulación y estratificación dentro de los cenotes (desde los totalmente homogéneos hasta los que presentan estratificación), dando como resultado la conjunción de agua dulce y marina, que definen las características físico-biológicas del cenote. Si tomamos en cuenta la diversidad de formas de la cuenca, área superficial, profundidad, volumen, exposición a la luz solar (apertura de la boca del cenote) y otros factores más, se puede visualizar qué tan enorme es la diversidad de embalses y de vida que habitan dentro de los *cenotes*.

Es importante recalcar que, la lente de agua dulce mejor conocida como cenote, constituye la única fuente de agua dulce en la península de Yucatán, desde tiempos prehistóricos, renovable solamente por la lluvia estacional.

### **Variables ambientales**

Como se ha descrito anteriormente el estado de Yucatán cuenta solamente con dos temporadas climáticas; las cuales corresponden a la época de huracanes durante el verano y durante el invierno la época de nortes.

Es importante señalar que la distribución de las variables ambientales que prevalecen en Yucatán está regida principalmente por las interacciones de los factores climáticos que inciden sobre la región y que son los siguientes: a) corrientes marinas, b) circulación de vientos alisos, c) ondas tropicales, d) influencia de perturbaciones tropicales (generan tormentas y huracanes que dejan un monto considerable de lluvia al año) y e) frentes fríos (Orellana *et al.* 2010). El comportamiento de la temperatura (máxima y mínima) y precipitación de Dzidzantum durante un ciclo anual con un periodo de 29 años, se describe en la figura 7.

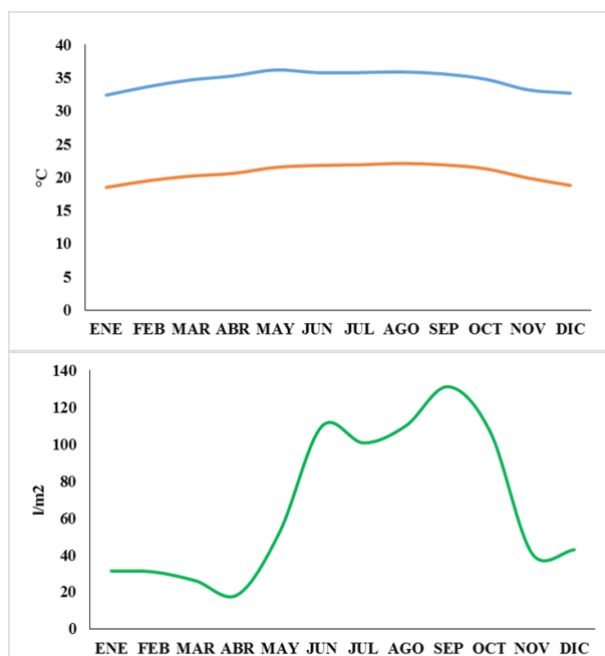


Figura 7. Comportamiento temporal de las variables ambientales de temperatura máxima (Rojo) y mínima (Azul), además de la precipitación (Verde), durante el periodo 1981-2010 en la estación meteorológica de Dzidzantum, Yucatán. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional 2017.

Como se muestra en la figura anterior, la temperatura no muestra variaciones significativas dentro del ciclo anual, la temperatura máxima se mantuvo constante, registrando un máximo durante el mes de mayo, con valores de 36°C; mientras que la temperatura mínima se registró durante los meses de enero y diciembre con valores de 18.5 y 18.8 °C respectivamente. En el caso de la precipitación, los valores máximos se registraron durante el mes de septiembre obteniendo valores de 131.2 l/m<sup>2</sup>, los valores mínimos se

reportaron durante el mes de abril con  $18.5 \text{ l/m}^2$  (Sistema Meteorológico Nacional 1981-2010).

Para el caso de la estación de San Diego Buenavista, el comportamiento ambiental se muestra en la figura 8.

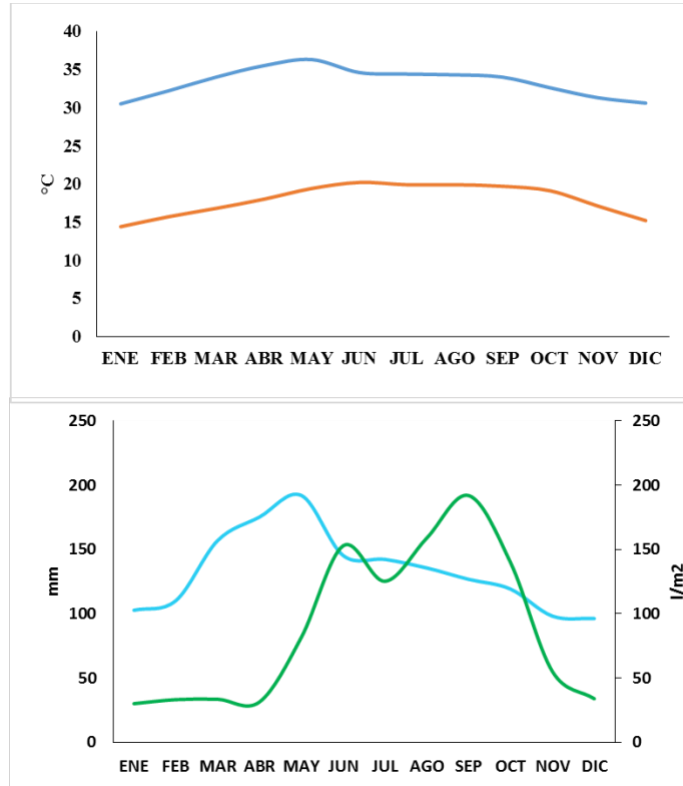


Figura 8. Comportamiento temporal de las variables ambientales de temperatura máxima (Rojo) y mínima (Azul), además de la precipitación (Verde) y la evaporación (Azul cielo) durante el periodo 1981-2010 en la estación meteorológica de San Diego Buenavista, Yucatán. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional 2017.

Para el caso de la temperatura de San Diego Buenavista, se percibe que durante el paso de los años no se presenta una variación, ya que los valores registrados fluctúan de 16 a  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , registrando la temperatura mínima durante el mes de enero con valores de  $14.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y valores máximos de  $36.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  durante el mes de mayo; para el caso de la precipitación se registró mayor durante el mes de septiembre con valores de  $191.8 \text{ l/m}^2$ , mientras que los valores mínimos se registraron de  $30.1 \text{ l/m}^2$  durante el mes de enero, por último los valores de evaporación se registraron mayor durante el mes de mayo con valores de  $191.9 \text{ mm}$  y los

valores mínimos fluctuaron de 96.2 y 98.1 mm durante el mes de diciembre y noviembre respectivamente (Sistema Meteorológico Nacional 1981-2010 ).

Finalmente, para la estación de Valladolid, el comportamiento ambiental se muestra en la figura 9; en el cual, se reportó que la temperatura máxima fluctúa de los 29.9 a los 37.2 °C teniendo durante el mes de mayo los valores más altos, para el caso de la temperatura mínima los valores se registraron de 16.7 a 23.2 °C, reportando al mes de enero con los valores más bajos, en cuanto la precipitación se reportó menor durante el mes de marzo con valores de 20.2 °C.

Para el caso de la precipitación se observan cinco picos, que fluctúan del mes de junio hasta octubre con valores de 189.1 l/m<sup>2</sup>, 165.1 l/m<sup>2</sup>, 160.7 l/m<sup>2</sup>, 174.1 l/m<sup>2</sup> y 125. 5 l/m<sup>2</sup> respectivamente, mientras que durante el mes de marzo se reportaron los valores mínimos con valores de 20.2 l/m<sup>2</sup>; asimismo para el caso de la evaporación se reportó mayor durante el mes de mayo con valores de 199.5 mm, en cambio los valores mínimos se registraron durante los meses de diciembre y noviembre con valores de 81.8 mm y 83.4 mm respectivamente (Sistema Meteorológico Nacional 1981-2010).

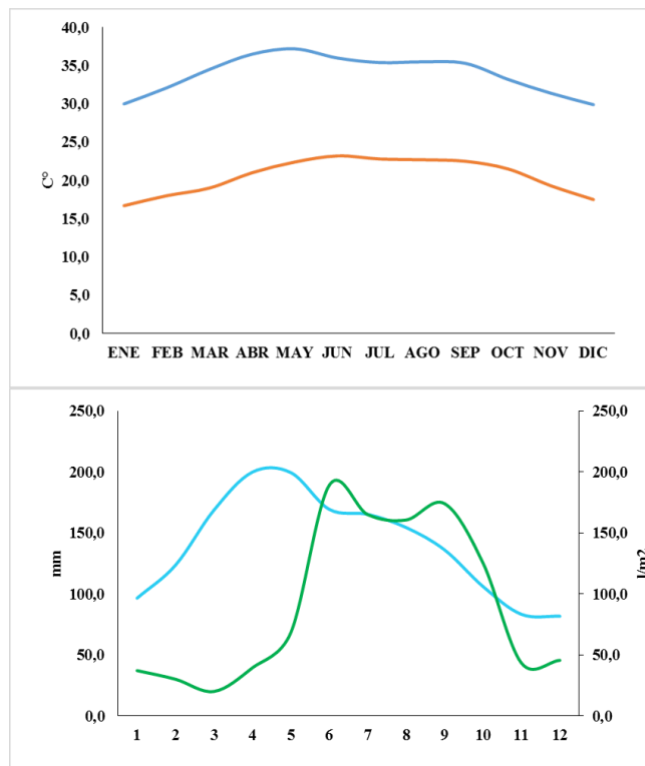


Figura 9. Comportamiento temporal de las variables ambientales de temperatura máxima (Rojo) y mínima (Azul), además de la precipitación (Verde) y la evaporación (Azul cielo) durante el periodo 1981-2010 en la estación meteorológica de Valladolid, Yucatán. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional 2017.

## ANÁLISIS DE RIESGO

Con la finalidad de evitar la entrada de especies indeseables en distintas ecorregiones de Norteamérica, la CONABIO, la SEMARNAT y otras instituciones de Canadá y Estados Unidos, por medio de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), han colaborado desde hace varios años para establecer lineamientos para un análisis de riesgo como mecanismo precautorio, aun considerando que los efectos provocados por estas especies pueden ser imprevisibles. Por ello, Copp *et al.* (2005) y Baptiste *et al.* (2010) señalan que una evaluación de análisis de riesgo es una herramienta que permite prevenir y a su vez tomar decisiones sobre las acciones relacionadas con el tema de introducción de especies y así evaluar el potencial de establecimiento, impacto y capacidad de control que una especie introducida puede causar sobre la biodiversidad, la economía, la cultura o la salud humana.

La construcción e implementación de este tipo de herramientas, es para la evaluación del riesgo de introducción de especies, así como para la identificación de prioridades, están principalmente relacionadas con las introducciones intencionales. Este tipo de evaluaciones establecen el primer punto de control o filtro para la prevención de introducción de especies que pueden ser potencialmente perjudiciales y se refieren principalmente a la evaluación de las consecuencias de la introducción, el riesgo de establecimiento de la especie y el cálculo de la dimensión, características y tipos de riesgo que pueda traer la especie para especies y ecosistemas nativos, así como las posibilidades y la viabilidad de control y de erradicación (Baptiste *et al.* 2010; Mendoza *et al.* 2009; Copp *et al.* 2005).

En especial las herramientas de análisis de riesgo son empleadas para determinar:

- La probabilidad de que un evento ocurra (por ejemplo, la entrada y establecimiento de una especie exótica concreta en un área).
- Los impactos que tendría este evento en el caso de que sucediera.
- Los mecanismos o vías de entrada por los que el riesgo de introducción de especies es real.

- Ayudar en la identificación y evaluación de actuaciones de manejo encaminadas a gestionar dicho riesgo.

Autores como Mendoza *et al.* (2009), señalan que es importante definir cuáles serán las prioridades y limitantes del análisis de riesgo y por ello recomienda revisar el esbozo del flujo de la evaluación de riesgos que se encuentra en la página <https://www.cefas.co.uk/>, dicho proceso del análisis se encuentra dividido en tres etapas: inicio, evaluación de riesgos y gestión de riesgos. En el caso de organismos específicos que necesitan una evaluación pero que no están vinculados con una evaluación de rutas, se procede directamente al elemento “Evaluación de riesgos de organismos” (Fig. 10).

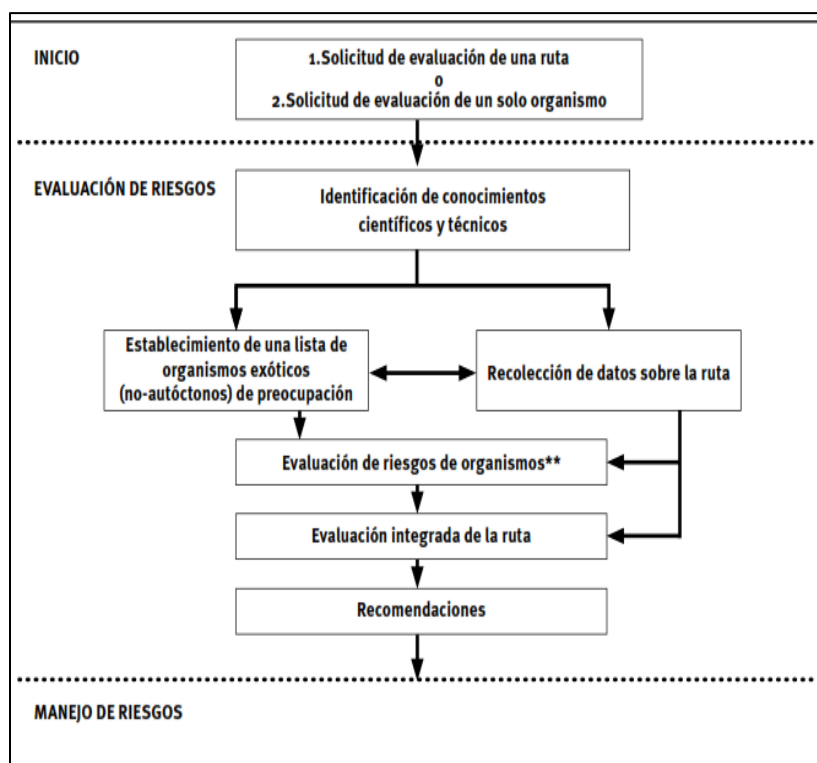


Figura 10. Diseño para la elaboración de un análisis de riesgo. Imagen extraída de Mendoza *et al.* 2009.

Una de las herramientas más complejas es el Freshwater Fish Invasiveness Scoring Kit (FISK por sus siglas en inglés) o herramienta de identificación de riesgos para especies exóticas fue desarrollado por el Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science del Reino Unido (FISK) para las especies No- nativas y fue propuesta por Baker *et al.* (2005),

el cual fue adaptado originalmente a partir del Análisis de Riesgo de Malezas- WRA- (Pheloung *et al.* 1999) para el análisis de riesgo de peces dulceacuícolas no nativos para el Reino Unido (CONABIO 2008).

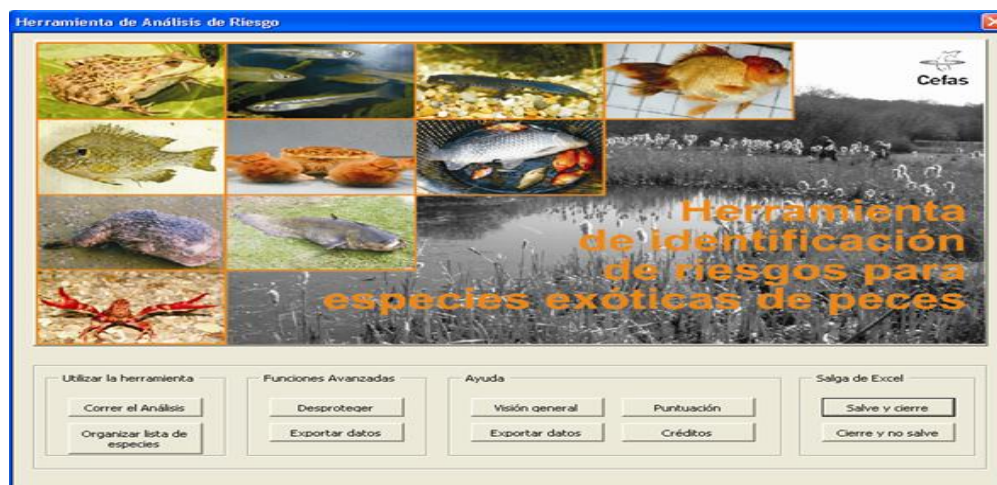


Figura 10. Diseño de la Herramienta del análisis de riesgo, imagen extraída de: (<http://inegi.org.mx>).

Dicho análisis se encuentra constituida por seis módulos: el primero incluye 14 preguntas para determinar si se requiere un análisis más detallado; el segundo evalúa de manera minuciosa las vías de introducción; el tercero determina los posibles impactos al ecosistema-, el cuarto valora los impactos económicos, el quinto suma los riesgos e incertidumbres; y el sexto es el manejo de riesgo que presenta alternativas para minimizar el establecimiento, la dispersión y los impactos; cabe destacar que cada una de la preguntas requiere ser respondida con un nivel de confianza y una justificación (Baker *et al.* 2005; Vega *et al.* 2016), en la figura 10 se muestra la página principal del diseño de la herramienta del análisis de riesgo.

A continuación, se describen las 48 preguntas que contiene el programa FISK, para así poder realizar un análisis de riesgo:

1. ¿La especie ha sido domesticada o cultivada ampliamente por motivos comerciales, de pesca deportiva u ornamental?

De acuerdo con Barba (2013), Ríos-Muñoz (2015) y Ayala-Pérez *et al.* (2014), algunos de estos peces han sido comercializados en muchas partes del mundo y han sido populares entre los acuaristas como especies de ornato y gracias a sus hábitos algivoros son



aprovechados para obtener servicios de limpieza; sin embargo, en investigaciones recientes se prevé el uso alternativo del pez, dichas propuestas se basan en utilizar comercialmente la harina del pez diablo como abono orgánico, además de ser utilizado como harina para embutidos. Actualmente en Tabasco y Campeche su utilización se limita a su empleo como carnada para la captura de langostinos (Blanco 2017; Amador-Del Ángel *et al.* 2009; Arroyo 2008; Chávez *et al.* 2006).

2. ¿La especie se ha naturalizado en el lugar donde se introdujo?

Hasta el momento no se tiene registro de la naturalización del pez diablo en las zonas donde se ha introducido, ya que, Amezcua (2014) y Hernández (2008), mencionan que es una especie que tiene su origen en la cuenca del río Amazonas y que se considera una plaga en países como México, Estados Unidos, Filipinas, Taiwán y otras partes del sureste de Asia.

Sin embargo, García-González *et al.* (2016), señala que actualmente ya ha logrado una naturalización en México, Estados Unidos, Puerto Rico, Costa Rica, Serbia, Singapur, Vietnam, Filipinas, Indonesia, y Malasia.

3. ¿La especie tiene razas, variedades o subespecies invasoras?

En general la familia de los loricados es considerada como una de las más grandes, actualmente se tiene registro aproximado de 646 a 680 especies válidas y la mayoría pertenece a la familia de bagres, las cuales se encuentran fuera de su área nativa, ocasionando que se consideren en la mayor parte del mundo como especies invasoras (Armbruster 2004; Mendoza *et al.* 2007; Armbruster y Page 2006).

Por lo cual, Herrera y Molina (2011) señalan que, Debido a la gran variedad y diferencias taxonómicas, los peces de la familia Loricariidae se dividieron en subfamilias y tribus.

4. ¿Tiene una especie una tolerancia reproductiva adaptada al clima del área de la evaluación de riesgo (1- baja, 2-intermedia, 3-alta)?

Se considera que tiene una tolerancia reproductiva intermedia, debido a que, de acuerdo a la literatura, la especie tiene un mayor éxito reproductivo en zonas tropicales, tal y como es el caso del estado de Yucatán, el cual presenta un clima cálido (Hernández 2008; Vidal 2005; Lorenzo-Márquez *et al.* 2016).

5. ¿Cuál es la calidad de la información para determinar la coincidencia climática (1-baja, 2-intermedia, 3-alta)?

La zona de trabajo cuenta con diversos estudios de biodiversidad, los cuales describen a fondo la zona climática, entre dichos estudios se encuentran los realizados por Vidal (2005); Estrada-Medina *et al.* (2016); Aguilar-Trujillo *et al.* (2014); La Secretaria de Turismo (2014) y los estudios realizados por Suarez-Morales y Rivera-Arriaga (1998). Con dichos antecedentes se asume que la especie ha encontrado una alta coincidencia climática e incluso mejor a su lugar de origen.

6. ¿Tiene la especie una amplia adaptabilidad climática (Versatilidad ambiental)?

De acuerdo a los antecedentes de Hernández (2008) y Lorenzo-Márquez *et al.* (2016) se conoce que la especie se ha establecido exitosamente con poblaciones silvestres en regiones tropicales y subtropicales del mundo, ya que se tienen registros de que la especie cuenta con un alto grado de adaptabilidad en nuevos ambientes.

7. ¿La especie es nativa o se ha naturalizado en regiones con climas similares a los del área de la evaluación de riesgo?

Hasta el momento no se cuentan con registros en donde se especifique que la especie se ha naturalizado o se registra como nativa. Sin embargo, la capacidad de la familia Loricariidae como reguladora de algas ha promovido su introducción en ríos y lagos de regiones de clima cálido, por ejemplo: hábitats subtropicales / tropical en todo el mundo (Barba *et al.* 2014; Gibbs 2013; Hernández 2008).

8. ¿Tiene la especie antecedentes de haber sido introducida fuera de su rango de distribución natural?

Wakida-Kusunoki y Amador-Del Ángel (2011) y Castillo-Capitán *et al.* (2014), señalan que esta especie se ha introducido alrededor de varias regiones del mundo, como es el caso de Singapur, Malasia, Indonesia, Estados Unidos, el Caribe, México, Sudáfrica, Filipinas, Taiwán y otras partes del sureste de Asia.

9. ¿La especie se ha naturalizado (establecido poblaciones viables) más allá de su rango de distribución nativa?

Gibbs (2013) señala que es una especie que se ha podido establecer alrededor del mundo, por ejemplo, se ha establecido en Florida desde finales de los años 50.

Mientras que, Sinha *et al.* (2010), menciona que la introducción del pez diablo en vida silvestre, ha llevado a su notable naturalización en aguas naturales del sureste y sur de Asia; un ejemplo de ello, es el de Levin *et al.* (2008), quien menciona que es posible que la introducción y naturalización de los plecos en los cuerpos de agua del sudeste de Asia comenzaron en 1980-1990.

10. En el rango en el cual se naturalizó la especie; ¿se conocen impactos a poblaciones silvestres de especies comerciales o de pesca deportiva?

La especie se ha logrado establecer en diferentes lugares, sin embargo, en las zonas que ha invadido, se conoce que a las especies nativas las logra desplazar, logrando lastimarlas y de acuerdo a la literatura son especies territoriales y agresivas, lo cual ocasiona una baja diversidad y abundancia de especies de importancia económica y ecológica (Sánchez-Cárdenas 2015 y Mendoza *et al.* 2007).

Así mismo Chávez *et al.* (2006) indica que los plecos al parecer, son culpables por la disminución de las capturas de peces comercializables.

11. En un rango en el cual se naturaliza la especie ¿se conocen impactos a especies producidas por la acuicultura o para uso ornamental?

En general, los plecos han ocasionado problemas de diferente índole, entre los que destacan los de impacto socio-económicos, puesto que han afectado a las pesquerías locales (Arroyo 2008), además de provocan la destrucción de las artes de pesca, originando una disminución en la captura comercial de especies de peces y en los ingresos de los pescadores (Amador *et al.* 2009; Amador-Del Ángel y Wakida-Kusunoki 2014; Chávez *et al.* 2006). Dando como resultado la pérdida de 36 millones de pesos al año (más de 3 millones de dólares) y un costo social importante al dejar en desempleo a 3 600 pescadores, que con los procesadores y sus familias suman 46 000 personas (Marenco 2010).

12. En el rango en el cual se naturalizo la especie ¿se conocen impactos a ríos, lagos o a los servicios que proporciona un ecosistema?

Actualmente es una creciente preocupación debido a la posibilidad de que estos peces no nativos impacten negativamente a los recursos biológicos de agua dulce (Chaichana y Jongphadungkiet 2012); a continuación, se describen los principales daños que ejerce en un ecosistema:

De acuerdo a la literatura encontrada se sabe que el pez diablo tiene preferencia por los ríos, lagos y canales de maleza, en los cuales construye madrigueras horizontales que

son de 120 a 150 cm de profundidad, las cuales funcionan como túneles de anidación, los cuales ocasionan una alteración en la estabilidad de las riberas de los ríos, lagos y canales, originando que la tierra se erosione con mayor rapidez y sufra un cambio en la calidad del agua (Sánchez-Cárdenas 2015; Marengo 2010).

Además, compiten directamente con otras especies por el espacio y alimento, y suelen alterar o reducir la disponibilidad de alimento y la cobertura física disponible para otros peces (Page y Robins 2006; Mendoza *et al.* 2009).

Así mismo Mendoza *et al.* (2009) menciona que los peces que se alimentan de lodo y limo pueden re suspender sedimentos, causar turbidez y reducir la profundidad de la zona fótica, o causar cambios en el tamaño del sustrato, tal y como lo es el caso del pez diablo. También pueden hospedar agentes patógenos infecciosos que las especies autóctonas no resisten o a los que no están adaptadas (Kailola 2007; Mendoza *et al.* 2009).

De igual forma dañan la vegetación acuática, fuente de alimento zonas de nidación y refugios de especies nativas, ocasionando una interferencia en los ciclos biogeoquímico del carbono, así mismo arrancan o cortan las plantas acuáticas y reducen la abundancia de lechos de vegetación acuática sumergida, lo que crea capas flotantes que impiden que la luz del sol llegue a los bentos (Mendoza *et al.* 2009).

Suelen tener efectos negativos indirectos en especies endémicas por la ingestión accidental de huevos adheridos al sustrato (Hoover *et al.* 2004).

Ríos-Muños (2015) y Mendoza *et al.* (2009), mencionan que un aspecto importante es que, la mayoría de las especies de loricáridos son relativamente sedentarias y pueden ser una presa atractiva para aves ictiófagas. Sin embargo, debido a sus características morfológicas representa un peligro mortal para aves.

Por último, se sabe que, siendo consumidores bentónicos de gran tamaño, pueden desplazar a peces bentónicos de América del Norte más pequeños, menos agresivos o de alguna otra manera menos resistentes (Hoover *et al.* 2014). Así mismo se tiene registro de los efectos negativos que alteran a los conjuntos de comunidades de insectos (Mendoza *et al.* 2009).

### 13. Tiene la especie congéneres invasivos

Se tienen registros de que la familia de los loricáridos contiene alrededor de 70 géneros y 600 especies (López y Miquelarena 1991; Zawadzki *et al.* 2014). Sin embargo,

Pineda (2010), señala que existe al menos una docena de especies de plecos establecidos en el medio silvestre, fuera de su área de distribución (exóticos), lo que ha ocasionado que se conviertan en especies invasoras en diversas regiones del planeta.

14. ¿La especie es venenosa, o representa un riesgo para la salud humana?

Por el momento no se cuenta con información en donde se indique que la especie es venenosa; sin embargo se establece que el abandono de una gran cantidad de estos peces en las orillas de los cuerpos acuáticos (por no ser útiles para los pescadores), conduce a su descomposición a cielo abierto con el consecuente peligro para la salud pública (Hernández 2008).

15. ¿Compite la especie con especies nativas?

En estudios realizados por Gibbs (2013), señala que es una especie que compite directamente con especies nativas, ya que puede causar un sinnúmero de efectos nocivos en los ambientes que se establece, especialmente porque causa daño con su dieta y sus hábitos reproductivos, llegando a superar a las especies nativas y alterar físicamente el ecosistema en donde se encuentran.

Mientras que, Sánchez-Cárdenas (2015), señala que la presencia de este pez tiene un impacto negativo sobre las comunidades de peces, puesto que con sus hábitos altera al ecosistema, afectando especialmente a la cadena alimenticia del lugar.

16. La especie parasita a otras especies

Por el momento sigue siendo desconocida la posible transferencia de parásitos perteneciente del pez diablo hacia las especies de peces nativos. Ya que solo se han registrado la presencia de ectoparásitos presentes en el pez diablo, los cuales son comunes en especies exóticas (Rodríguez- Santiago 2005).

De manera similar, Mendoza-Franco *et al.* (2012), alude que el conocimiento sobre las densidades y abundancias de esos peces y su parasitofauna original en las áreas invadidas es prácticamente nulo, particularmente aquellas especies de parásitos que son altamente específicos hacia sus hospederos en donde pueden persistir exitosamente al no requerir de otros hospederos intermediarios para completar su ciclo de vida en la nueva área.

17. La especie desagrada o carece de depredadores naturales

Actualmente, la información de depredadores de peces diablo en México se considera inexistente (Ríos-Muñoz, 2015; Mendoza *et al.* 2007; Barba y Cano-Salgado 2014) y los posibles depredadores endémicos en América del Norte tienen poca experiencia, e incluso

llegan a ser mortales debido a sus fuertes placas óseas y externas (Mendoza *et al.* 2009), lo que ha incrementado su potencial invasor (Sandoval-Huerta *et al.* 2012).

18. Se alimenta la especie de especies nativas (precisamente sujetas a baja o nula depredación)

Por el momento no se tiene registro de que el pez diablo se alimente de especies nativas del lugar; no obstante, se prevé que llega a alterar a la comunidad nativa de un modo indirecto puesto que, puede impactar la estabilidad y la permanencia de las poblaciones endémicas (Hernández 2008).

Así mismo, Hossain *et al.* (2008), mencionan puede alterar y reducir significativamente el alimento, además de la ecología de los insectos acuáticos y otros artrópodos, afectando posteriormente negativamente a muchos peces nativos que dependen de estas fuentes de alimento.

19. ¿Es la especie hospedera, y/o vector de parásitos y patógenos reconocidos, especialmente no nativos?

Existe poco conocimiento acerca de su papel como vectores de parásitos que puedan infectar a los peces nativos o incluso a los seres humanos por medio de su consumo. Sin embargo, hasta el momento solo se tiene registro de especies de ectoparásitos presentes en la especie y ninguna es considerada como patógeno o de alto riesgo (Rodríguez-Santiago *et al.* 2015).

20. ¿Alcanza la especie un gran tamaño corporal (>10 cm de Lt) más propicia a ser liberada?

De acuerdo con las investigaciones realizadas por Sánchez-Cárdenas (2015), Gibbs (2013), Cruz (2013), (Hoover *et al.* (2007) y Mendoza *et al.* (2009); se tiene registro de que cuenta con un crecimiento rápido, la mayoría de la familia de los loricáridos llegan a medir de 30 a 50 cm, sin embargo la mayoría de los adultos cuentan con una variación de tamaño lo que ocasiona que lleguen a medir hasta los 70 cm de longitud.

21. Tiene la especie una amplia tolerancia salina o es eurihalina en alguna etapa de su ciclo de vida

Se tiene registro de que por el momento no forma parte de su ciclo de vida, lo cual es confirmado por Sánchez-Cárdenas (2015), quien señala que la salinidad es el único factor

limitante; más sin embargo, estudios recientes señalan que los plecos son capaces de sobrevivir en salinidades por encima de 8 UPS (Álvarez-Pliego *et al.* 2015; Capps *et al.* 2011).

22. Es la especie tolerante a la desecación en alguna etapa de su ciclo de vida

Hasta el momento se sabe que no forma parte de su ciclo de vida, no obstante, se sabe que estos peces (Plecos), pueden sobrevivir en microhábitats húmedos, aunque estos descendan el nivel del agua más allá de lo normal (Mendoza *et al.* 2009). Del mismo modo, Cano-Salgado *et al.* (2012) recalca que es capaz de respirar sin aire, ya que ingiere y extrae el oxígeno a través de su recubrimiento intestinal.

Por otro lado, Barba *et al.* (2014), señala que sus aletas dorsales y pectorales le ayudan a desplazarse y moverse fuera del agua.

23. Es la especie tolerante a un amplio rango de sus condiciones de velocidad del agua (Versátil en la utilización de su hábitat)

De acuerdo a la literatura de Barba (2013) señala que es una especie que se localiza principalmente en los cuerpos de agua con corrientes, por ejemplo, ríos o arroyos con preferencia hacia las zonas más profundas.

24. La alimentación u otros comportamientos de la especie modifican o reducen la calidad del hábitat para las especies nativas

Conforme a los estudios realizados por, Cruz (2013), Barba (2013) y Page y Robins (2006), se establece que los plecos representan una gran amenaza para los ecosistemas acuáticos nativos, ya que provocan el desplazamiento de especies, azolvamiento y erosión en reservorios y canales; así mismo, ejercen un impacto potencialmente negativo a la pesquería y a la composición de las capturas comerciales.

25. Requiere la especie de un tamaño de población mínimo para mantener poblaciones viables

En particular Sinha *et al.* 2010, reporta que los loricáridos en específico cuentan con un rápido crecimiento y que debido a la alta tasa de fecundidad que tiene el pez diablo, puede llegar a ser abundante en un corto período de tiempo.

26. ¿Es la especie un depredador piscívoro o voraz de especies nativas no adaptadas a un depredador superior?

Bunkley-Williams *et al.* (1994), señalan que una consecuencia inmediata de esta introducción ha sido la muerte de aves piscívoras como el pelícano marrón, ya que la mayoría de las aves mueren estranguladas al tratar de consumir esta especie.

Así mismo, Ríos-Muños (2015), indica, que la información de depredadores de peces diablo es nula para depredadores superiores.

27. La especie es omnívora

A pesar de que se ha registrado que se alimenta principalmente de detritus, se tiene información de que también consume gusanos, larvas de insectos bentónicos, huevos de peces y otros habitantes de fondo (Amador- Del Ángel *et al.* 2014; Mendoza *et al.* 2007; García *et al.* 2012).

28. La especie es planctívora

Hasta el momento se tiene conocimiento que es una especie herbívora, ya que mediante la realización de unos estudios en Texas por parte de Pound y Weston *et al.* (2011), se determinó que la mayor parte de su dieta se compone de detritus, algas y materia vegetal.

Sin embargo, Levin *et al.* 2008, señala que es una especie de hábitos completamente fitobentófago.

29. La especie es bentívora

En los estudios realizados por Amador- Del Ángel *et al.* (2014), se confirma que es una especie bentónica, que se alimenta principalmente de plantas y detritus, y que ingiere comida alta en materia orgánica total, proteína cruda y relación C:N con bajo contenido de materia orgánica resistente a la hidrólisis y cenizas.

30. La especie exhibe cuidado paterno y/o es capaz de adelantar su madurez sexual en respuesta al medio ambiente

Se destaca que, para su reproducción, los machos cavan madrigueras de hasta 1.5 m, en la cual realizan un cuidado parental, lo que asegura que faciliten un mayor número de crías sobrevivientes (Sánchez-Cárdenas 2015 y Bobadilla 2013).



31. ¿Produce la especie gametos viables?

Los pecos en general son organismos de reproducción precos, lo que genera una alta fertilidad de 500 a 3000 huevos, de los cuales al menos la mitad de los huevos son maduros y se reproducen exitosamente (Mendoza *et al.* 2009 y Hoover *et al.* 2004). Sin embargo, son necesarios estudios específicos sobre dinámica poblacional.

32. ¿La especie se hibridiza naturalmente con especies nativas o usa machos de especies nativas para fecundar sus huevos?

Hasta el momento se desconoce de información, a pesar de ello, de acuerdo con Velázquez-Velázquez *et al.* (2013), sugiere que la especie puede llegar a generar especies híbridas, pero con especies o subespecies del mismo género.

Por otro lado, Barba (2013), menciona que la introducción de especies exóticas puede llegar a la hibridación producida por la mezcla de la especie invasora con especies nativas.

33. ¿La especie es hermafrodita?

Hasta el momento se desconoce si la especie es hermafrodita, sin embargo, de acuerdo con los estudios realizados en la reproducción de la especie, se encontro que la hembra necesita de un macho para poder producir huevecillos y así poder tener gametos viables

Dicho lo anterior, se recomienda realizar estudios más a fondo sobre la reproducción y fecundación del pez diablo.

34. ¿La especie depende de la presencia de otra especie o una característica específica del hábitat para complementar su ciclo de vida?

Por el momento, no se cuenta con la información necesaria para determinar si es que la especie necesita de otra especie en particular para completar su ciclo de vida, sin embargo, se tiene certeza, de que la especie generalmente a la hora de reproducirse le favorecen más los ambientes cálidos que ambientes fríos (Gibbs 2013).

35. ¿La especie tiene una tasa de fecundación alta (>10,000 huevos/kg), es iteropara o tiene una larga temporada de reproducción?

Hoover *et al.* 2004, señalan que es una especie que tiene una fecundidad alta de debido a que la mayoría de las hembras grandes tienen de 472-1283 huevos maduros por hembra.

No se tiene registro de que sea una especie iteropara, sin en cambio de acuerdo con los reportes de Mendoza *et al.* (2009), señalan que la temporada reproductiva alcanza su auge durante el verano, pero dura varios meses e inclusive puede durar todo el año.

36. Cuál es el tiempo generacional mínimo conocido para la especie (en años)

Hoover *et al.* (2004) y Mendoza *et al.* (2009) indican que durante los dos primeros años de vida el crecimiento de los pecos es rápido, así mismo, Gibbs (2013) señala que la especie madura a la edad de dos años, y que continúa produciendo gametos a lo largo de cada año de su vida.

37. Puede la especie ser dispersada involuntariamente en alguna etapa de su vida

Si, debido a que de acuerdo a los registros la especie se pudo dispersar como consecuencia de inundación de la barrera geográfica (García *et al.* 2014).

Por otro lado, Hossain *et al.* 2008, menciona que las poblaciones de pez diablo, se establecieron posteriormente en la naturaleza después de ser liberadas por los propietarios de acuarios aficionados que habían perdido interés en los peces ornamentales, además Ayala-Pérez *et al.* (2014) menciona que han ocurrido escapes de las granjas acuícolas donde se cultivan varias especies de bagres.

38. ¿Puede ser la especie ser dispersada en alguna etapa de su vida intencionalmente por el humano (y existen hábitats apropiados abundantes en las cercanías)?

Autores como Castillo-Capitán *et al.* (2014) y Gibbs (2013), mencionan que cuenta con liberación intencionada, ya que el tamaño del pez puede llegar a ser hasta los 60 cm LT, lo que ocasiona que el pez ya no entre dentro de una pecera de tamaño convencional, de igual forma se tiene registrado que las personas al ya no quererla como mascota los llegan a liberar en el cuerpo de agua más cercano.

Conforme se avanza en el análisis de este proyecto, se ha determinado que a pesar de que el estado de Yucatán, no cuenta con cuerpos de agua superficiales, los cenotes y las

aguadas serían las zonas más afectadas, puesto que son los cuerpos de agua con las características similares a las de su hábitat natural.

39. ¿Puede la especie ser dispersada en alguna en alguna etapa de su vida como un contaminante de materias primas?

Hasta el momento no se cuentan con estudios relacionados al tema, a pesar de ello, se considera que no es el caso, puesto que la especie no se maneja como un recurso económico, ni social.

40. ¿Su dispersión natural ocurre en función de la dispersión de sus huevos?

No, la información disponible orienta a una dispersión provocada por la capacidad de movimiento de juveniles y adultos. Por otro lado, se sugiere que se realicen más investigaciones sobre el tema de la dispersión de la especie.

41. ¿Su natural ocurre en función de la dispersión de sus larvas a lo largo de hábitats lineales o transitorios?

Se considera que las formas de dispersión se encuentran a través de habitas lineales, ya que, es una especie que puede encontrarse en una amplia diversidad de ambientes acuáticos que van desde corrientes en tierras altas, frescas, rápidas, ricas en oxígeno o inclusive en estanques pobres de oxígeno Mendoza *et al.* 2009, además de que se ha descrito como una especie altamente territorial (Amador-Del Ángel *et al.* 2014). Otra forma de dispersión ocurre mediante la liberación intencionada por el hombre (Gibbs 2013).

42. Migran los adultos o juveniles de la especie (ej: reproducción, smoltificacion, alimentación)

Se tiene poca información al respecto, sin embargo, de acuerdo a los artículos consultados, se cree que la especie no migra, ya que sus principales fuentes de alimento son los detritos, los cuales son de fáciles de adquirir, además es una especie que tiene cuidado parental (Page y Robins 2006; Ayala- Pérez *et al.* 2014; Amador-Del Ángel *et al.* 2014).

43. Los huevos de la especie son dispersados por otros animales (Externamente)

No. Ya que se sabe que existe un extremo cuidado parental hasta que los huevos eclosionan y salen de las madrigueras (Mendoza *et al.* 2007 y Mendoza *et al.* 2009).

44. La dispersión de la especie depende de su densidad

Sí; ya que se ha determinado que, como resultado del rápido crecimiento y la alta fecundidad, el siluro introducido puede llegar a ser abundante en un corto período de tiempo (Hossain *et al.* 2008).

45. Alguna etapa de su vida puede sobrevivir al transporte fuera del agua

Directamente no, sin embargo, uno de los factores de resistencia y supervivencia fuera del agua de estos peces, radica en que cuentan con un estomago vascularizado que les permite extraer el oxígeno del aire y por tanto usarlo como órgano respiratorio alternativo, lo que origina que pueda respirar fuera del agua o en lugares húmedos (Cruz 2013; Aparecida y Narciso 1996; Mendoza *et al.* 2007).

46. Tolera la especie un amplio rango de condiciones de calidad del agua, especialmente carencia de oxígeno y temperaturas altas.

Ecológicamente son extremadamente adaptables, algunos son tolerantes a la salinidad y su gran estómago vascularizado (que contiene gran cantidad de vasos sanguíneos) funciona como pulmón, permitiéndoles respirar aire atmosférico en condiciones de hipoxia (Mendoza *et al.* 2007).

Respecto a la tolerancia a las altas temperaturas no se cuentan con registros, no obstante, a ello se sabe que los plecos se adaptan mejor a los climas tropicales con temperaturas aproximadas de 23 a 28 °C (Cruz 2013).

47. La especie es susceptible a pesticidas

Hasta el momento no se cuenta con información formal sobre este tema, sin embargo, se cree que es una especie tolerante a los químicos, ya que se ha encontrado desde presas, ríos y zonas de cultivo, siendo esta, el lugar en donde se utilizan insecticidas, pesticidas y fertilizantes, los cuales se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia y la nieve derretida. Estos contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos y lagos y, finalmente, hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas transportadas por los ríos (Ongley, 1997).

48. La especie tolera o beneficia de disturbios ambientales

De cierta forma, se beneficia de disturbios ambientales o alteraciones humanas hacia el ambiente, ya que habita en ríos y arroyos con gran cantidad de troncos y ramas que les sirven para esconderse, o formar madrigueras o micro hábitas de refugio (Cruz 2013).

49. Hay enemigos naturales a de las especies presentes en el área de la evaluación de riesgo.

En su hábitat natural son depredados por cocodrilos, nutrias y algunos peces grandes, sin embargo, para los cuerpos de agua de Yucatán se ha descrito que no cuenta con depredadores iguales o parecidos a los de su hábitat natural, así mismo se sabe que no cuenta con depredadores piscívoros, ya que la mayoría de existen especies de peces son de un tamaño menor que el plecos (Mendoza *et al.* 2007; Suarez-Morales y Rivera-Arriaga, 1998).

De acuerdo con los resultados arrojados por el programa fisk, y conforme a las respuestas dadas en cuanto a la certidumbre y justificación, se determina que el pez diablo es una especie de alto riesgo, que representa una amenaza para el estado de Yucatán, puesto que la mayoría de las respuestas generaron una puntuación positivos.

## DISCUSIÓN

En cuanto a la distribución, se identifica que los plecos se distribuyen de forma natural en Sudamérica en las cuencas baja, media y alta del Río Amazonas y en la cuenca del Río Madeira (Barba y Cano-Salgado 2014). Cabe mencionar que, durante los últimos años, se ha introducido en todo el mundo y ha logrado establecer poblaciones silvestres, lo que ha ocasionado un rápido rango de distribución (Özdilek 2007). De acuerdo a la información obtenida, se deduce que la especie siga propagándose a través de ambientes silvestres (ríos, arroyos, embalses y lagos) en varias partes del país, proliferándose excesivamente, lo cual concuerda con Rodríguez- Santiago (2005).

Por otro lado, revisando la literatura se deduce que los Loricaridos constituyen la familia más diversa del mundo de bagres. Cabe señalar que, de acuerdo con Bobadilla (2013), existen hasta el momento más de 680 especies. Mientras que, Page y Burr (1991); y Armbruster (2000) señalan que la taxonomía de este grupo ha sido descrita como "relativamente primitiva" y para algunos géneros como "un desastre", ya que no se cuenta con la información necesaria para la caracterización de las especies, dando como resultado, que las identificaciones a nivel de especie son tenues (Hoover *et al.* 2004).

Bobadilla (2013) menciona que "Ecológicamente son organismos extremadamente adaptables", ya que es una especie totalmente dulceacuícola, sin embargo, en estudios como, los de Burgess (1989) y Amezcua (2014), establecen que pueden habitar en aguas salobres y marinas.

Mientras que para el caso de la ecología del pez diablo, se estableció que son organismos, bentónicos, los cuales se adhieren a las raíces de la fauna acuática, a las zonas rocosas y a los fondos de los cuerpos de agua pegándose a los ríos con sus labios, gracias a su boca tipo ventosa lo cual concuerda con lo antes descrito.

Para el caso de la temperatura, Román-Valencia y Samudio (2007) reportan un intervalo de tolerancia de 18.1 a 23 °C, mientras que Froese y Pauly (2010) confieren un intervalo de 20 a 28°C. En el caso particular de *Hypostomus sp*, Shafland y Pestrak (1982) reportan una temperatura letal de 11.2 °C y para *Pterygoplichthys multiradiatus*, Gestring (2006) identifica esta temperatura como 8.8 °C.

Pound *et al.* (2011), señala que los éxitos de los plecos en gran medida se deben a que utilizan fuentes de alimentos que rara vez son limitantes. Se han realizados estudios como los Pound y Weston 2011, donde establecen que las especies de pez diablo son comúnmente promocionados como algívoros en el comercio, sin embargo los datos disponibles con los que se cuenta indican que las dietas en los hábitats nativos varían sustancialmente entre las especies, con algunas especies consumiendo principalmente detritus amorfo y otros consumiendo perifito, plantas y macroinvertebrados.

Mientras que en investigaciones realizadas por Page y Robins (2006), señalan que las especies de *Pterygoplichthys* son herbívoras y las grandes poblaciones pueden alterar significativamente la ecología de un cuerpo de agua al reducir la cantidad de energía disponible para otros herbívoros como los insectos acuáticos y otros artrópodos.

Así como lo descrito en el presente trabajo Hoover *et al.* 2004, establece que son organismos vegetarianos que se alimentan de detritos y algas. Mientras que la alimentación, la realizan arando a lo largo del sustrato y usando la boca de labios gruesos y con dientes para raspar los materiales vegetales (algas filamentosas, diatomeas) de superficies duras o para aspirar sedimentos finos. Sin embargo, Villares-Junior *et al.* (2016) y Custodio *et al.* (2004), mencionan que la plasticidad trófica elevada puede permitir que los peces ajusten sus hábitos de alimentación a las fluctuaciones de la disponibilidad de alimentos y que las abundancias de algunos tipos de alimentos pueden reducir la competencia intraespecífica, lo que puede permitir una mejor coexistencia de especies en un mismo lugar (Dias y Fialho, 2011).

De la misma forma, Tófoli *et al.* (2010), Indica que las especies que están filogenéticamente relacionadas pueden mostrar similitudes ecológicas en diversos aspectos, como la competencia y la partición de los recursos alimenticios; tal y como lo es el caso de los plecos, puesto que de acuerdo con Mendoza *et al.* (2007) son especies territoriales lo que ocasiona que exista una competencia alimenticia, de igual forma se cree que para el estado de Yucatán representa una mayor amenaza para la fauna acuática nativa, ya que la mayoría de esta fauna presentes en los cenotes son detritívoros o algívoros.

Sin en cambio, Pineda (2010), describe que existen importantes brechas en la comprensión de sus interacciones ecológicas y en los aspectos de alimentación morfológica; por lo que es importante el seguir con estudios más especializados.

Para el caso de la reproducción del pez se deduce que solo tiene una época reproductiva y que este varía dependiendo de la región hidrológica en donde se encuentre. Por ello, Wakida y Amador (2011) reportan que el índice gonadosomático se presenta de mayo agosto; mientras que Ayala-Pérez menciona que es entre junio y septiembre. De igual forma,

Castillo-Capitán *et al.* (2014), señala que, de acuerdo con observaciones, es probable que la reproducción masiva tenga lugar en junio o julio.

Por el contrario, Mendoza *et al.* (2009), indica que el intervalo de fertilidad documentado puede obedecer a variaciones en la conducta parental de las especies representativas de la familia de los loricáridos. Sin en cambio Wakida y Amador-Del Ángel (2011), mencionan que la época reproductiva depende del lugar y de las condiciones climáticas.

Por otro lado, Ayala-Pérez (2014) establece que, la distribución y abundancia del pez diablo se asoció a zonas oligohalinas donde la influencia marina es mínima y las descargas de los ríos y los escurrimientos son permanentes; lo cual concuerda con los artículos encontrados. Por otro lado, Covain y Fisch-Muller (2007) argumentan que los loricáridos han experimentado una radiación evolutiva que les ha permitido establecerse desde flujos de aguas torrenciales hasta aguas salobres estancadas, desde aguas turbias y ácidas de la Plataforma Guyana hasta aguas subterráneas.

Por otro lado, Shih-Hsiung *et al.* (2005) señala que es una especie que ha establecido poblaciones silvestres en regiones tropicales y subtropicales, como es el caso de Yucatán. Por otro lado, Amador *et al.* 2009 señala que pueden resistir concentraciones bajas de oxígeno respirando oxígeno atmosférico, lo cual revisando en la literatura se ha encontrado que puede sobrevivir hasta 30 horas fuera del agua.

Del mismo modo, Mendoza *et al.* (2009) enfatiza que son especies que cuentan con una respiración accesoria y que presentan este comportamiento especialmente cuando se producen condiciones hipóxicas. Y que, por ello, estos atributos ecológicos deben ser mejor conocidos para evaluar cómo pueden explorar los recursos.

Así mismo, se determinó que los componentes abióticos (concentración de oxígeno disuelto, pH, temperatura, nivel de agua) pueden ser más importantes que los componentes



bióticos en el control, composición y tamaño de las poblaciones de peces en el trópico, tal y como lo menciona Barba y Cano-Salgado (2014).

Sin embargo, a pesar de esto, los estudios biológicos y ecológicos relacionados con los loricáridos es importante que, para comprender mejor su radiación singular, la dinámica de los patrones nutricionales, y poblacionales en sistemas tropicales distintos seguir con estudios y buscar una alternativa para contrarrestar los efectos que los pecos tienen en distintos cuerpos de agua (Nonogaki *et al.* 2002; Villares *et al.* 2016).

Cabe destacar que la presencia de esta especie no había sido reportada para el estado de Yucatán, sin embargo, durante la realización de este trabajo se reportaron de manera informal (notas periodísticas) ejemplares de pecos dentro de los cenotes. Aunque, Ayala-Pérez *et al.* (2003) menciona que era previsible que el pez diablo apareciera en la zona, dada que existe una interconectividad hidrológica en el lugar; lo cual es confirmado por Suárez-Morales y Rivera-Arriaga, ya que establecen que por debajo de la superficie de la península el agua se mueve continuamente a través de los numerosos cenotes y depresiones cársticas. De igual forma, Pérez-flores (2012) señala que uno de los rasgos más importantes de la topografía del lugar son los cenotes, lo cual concuerda con lo descrito en el mapa elaborado.

Cabe destacar que la INEGI (2017 b) señala que es importante identificar las redes hidrográficas digitales, vinculadas a diversos datos como área de captación pluvial, precipitación, calidad del agua, temperatura, suelos, entre otras, así como con herramientas de SIG, los cuales permiten realizar trabajos de simulación para que los gobiernos e instituciones establezcan programas y acciones preventivas que beneficien a la población y a el ecosistema.

Es por ello que la realización del mapa de la red hidrológica fue de suma importancia, ya que se pudieron identificar los principales cuerpos de agua que pudieran ser susceptibles a la presencia del pez como es el caso de los cuerpos de agua dulce, ya que, de acuerdo con Pound *et al.* (2011), los ecosistemas de agua dulce son especialmente vulnerables a las invasiones debido a que hay tantas rutas potenciales de introducción (Hernández 2008); un gran ejemplo de ello, son los loricáridos, que constituyen una familia distribuida solamente en los cuerpos de agua dulce. Y con ello se puede determinar los posibles accesos del pez diablo sobre el estado de Yucatán, ya que hasta el momento solo se han encontrado

ejemplares de pez diablo en los cuerpos de agua del estado de Campeche y Quintana Roo, los cuales colindan con el estado de Yucatán.

Es importante conocer las rutas de acceso del pez diablo ya que con ello estaremos evitando la distribución del pez en más estados, y con ello estaríamos evitando causar problemas ambientales como la degradación del hábitat, hibridación, deterioro de la calidad del agua, enfermedades e introducción de parásitos.

Autores como Covain y Fisch-Muller (2007) argumentan que los loricáridos han experimentado una radiación evolutiva que les ha permitido establecerse en diferentes flujos de aguas, por ejemplo, aguas subterráneas, tal es el caso del estado de Yucatán, ya que como se ha descrito anteriormente la red hidrológica se encuentra en su mayoría de forma subterránea.

Cabe destacar que a pesar de que hasta el momento el número de cenotes en el estado de Yucatán es de 7 000 a 8 000 Beddows *et al.* (2007); No todos cuentan con las mismas características, puesto que por el momento y de acuerdo con Martínez-González y Martínez-García (2016) solo se han descrito cuatro formas de cenotes, en donde cada una de ellas cuenta con características singulares. Se cree que de acuerdo con las características presentadas por los plecos los cenotes en los que podría establecerse son los de tipo: semiabierto o en forma de cántaro, abiertos de caída libre y los antiguos cenotes o aguadas, puesto que en ello la incidencia de luz es mayor, originando que las características de dichos cenotes sean las más aptas para el pez.

Es importante señalar que, en los cenotes, las especies que viven asociadas a las plantas sumergidas (perifiton) y las que viven en el fondo (fitobentos), son especialmente abundantes, lo cual podría generar que el pez diablo pueda establecerse sin problema en cuanto a la alimentación.

En caso de que el pez diablo se llegara a establecer de forma exitosa en los cenotes, afectaría en gran medida a las especies que habitan dentro de dichos cuerpos de agua, pues debido a la transparencia de la mayoría de los cuerpos de agua y a las condiciones ambientales del cenote son buen indicador del estado en que se encuentra el ambiente; ya que por sus características de aislamiento las especies han logrado desarrollar adaptaciones específicas (Medina-González 2017).

Además, afectaría principalmente a especies que habitan en los cenotes y que se encuentran en peligro de extinción como el caso de los peces ciegos (*Ogilbia pearsei* y *Ophisternon infernale*), además de que ocasionaría un desequilibrio ecológico en los cenotes, lo cual concuerda con Medina-González (2017), puesto que el menciona que la fauna que vive dentro de los cenotes son sensibles al deterioro y cambios en el ecosistema.

De igual forma, Medina-González (2017), señala que es necesario un conocimiento más amplio y profundo acerca del funcionamiento de este tipo de ecosistemas, puesto que los estudios relacionados con la biología de estos sistemas datan del siglo pasado, y que a pesar de que se continúan o se inician las investigaciones en estos ecosistemas son nulos; ya que el entendimiento del funcionamiento de estos ecosistemas tiene que ser visto desde una óptica integra que involucre no solamente los aspectos ecológicos (lo que se traduce en el incremento de una diversidad biológica), sino también las implicaciones que en aspecto socio cultural conlleva a su manejo y conservación.

La variedad ambiental en el sitio de estudio no mostró cambios significativos, ya que, de acuerdo con las bases de datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional, los valores climáticos se mantuvieron constantes; tal y como se observa en las gráficas 5,6 y 7, se muestra que, la temperatura del agua en estos sistemas es máxima de mayo hasta agosto y mínima en enero, como resultado de la estacionalidad de verano e invierno respectivamente (Ayala *et al.* 2014)

Así mismo, Orellana *et al.* (2001) menciona que los cambios climáticos del estado de Yucatán influyen en gran medida sobre la distribución y composición de las especies presentes en la región, del mismo modo señala que durante los últimos tiempos se han registrado anomalías pluviales y climáticas dentro de la región, originando la idea de que los posibles cambios climáticos generen un impacto sobre el medio natural. Sin embargo, alude a que la mayoría de la superficie está ocupada por un clima cálido sub húmedo y que la temperatura a lo largo del año presenta dos máximos, el primer máximo se presenta regularmente antes del solsticio de verano, lo cual no coincide con los datos encontrados en la presente investigación, puesto que se señala que la temperatura es constante sin variaciones significativas.

Al mismo tiempo, menciona que la península de Yucatán cuenta con un marcado gradiente pluviométrico, como se aprecia en la precipitación total anual promedio y que en

la península se presentan dos regímenes de lluvia: las uniformemente y las lluvias de verano (mayo- octubre), registrándose el máximo de lluvia durante el mes de septiembre debido a los ciclones que afectan a la región, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Tomando en cuenta las condiciones climáticas y adaptativas del pez diablo, la península de Yucatán cuenta con las condiciones óptimas para su asentamiento, siendo el único factor limitante la escases de agua durante el verano.

De igual forma Ayala- Pérez *et al.* (2003), señala que las temporadas de lluvia son fluctuantes por la cantidad de descarga de los ríos que llegan a los cuerpos de agua aledaños; lo cual, se ve reflejado en la temporada de huracanes ya que aumenta la precipitación del estado.

De acuerdo con Hernández 2008 y Vidal 2005, los plecos se adaptan mejor a climas tropicales tal y como lo es el caso de Yucatán, en la cuanto a la temperatura de acuerdo con estudios realizados por Cruz (2013) se sabe que soporta temperaturas altas, así como es el caso de Yucatán reportando temperaturas de 36° C, haciendo un clima cálido para la presencia de los plecos.

No obstante, a ello, Villares *et al.* (2016), establece que para fines ecológicos es importante evaluar qué condiciones ambientales presentan limitaciones a las comunidades. Por ello se recomiendan estudios minuciosos sobre el comportamiento del pez diablo en base a los cambios estacionales que presenta la zona de estudio.

En el caso del Análisis de riesgo, García- Berthou *et al.* (2015), menciona que en la mayoría de los casos las introducciones de peces sólo se reconocen en etapas avanzadas, o cuando los daños causados son grandes e irreversibles y que por ello es importante la realización de estudios como el caso del análisis de riesgo para así, poder tomar medidas, prevenir o minimizar sus efectos.

Barba *et al.* (2014), señala que unas especie introducida puede desestabilizar la permanencia de poblaciones endémicas, la alteración del ecosistema donde se encuentre y la introducción de agentes patógenos que pueden poner en peligro a las especies nativas y a la salud humana. Mientras que García- González *et al.* (2016), indica que cuando una especie exótica se establece en un ecosistema, generalmente el impacto total

no es tangible de forma inmediata. Sin embargo, la invasión de algunas especies puede cambiar hábitats enteros, volviéndolos inhabitables para las comunidades nativas.

Por otro lado, Copp *et al.* (2005), menciona que el estudio de análisis de riesgo de entrada, establecimiento y/o propagación de posibles especies invasoras están aún en desarrollo. Sólo en unos pocos países se han implementado sistemas de evaluación. En particular para la república mexicana aún no se cuenta con literatura necesaria sobre la implementación de dicho análisis en especies exóticas. Un ejemplo de ello son los plecos, ya que, Ramírez *et al.* (2012) indica que es una especie que posee un alto potencial biótico que le permite tolerar estrés ambiental, logrando que se adapte fácilmente a distintos hábitats, razón por lo que sus poblaciones son sumamente numerosas.

Con el análisis de riesgo, se determinó que es muy importante estudiar a los plecos, ya que a pesar de que los localizados se han introducido y se han vuelto comunes en muchas regiones del mundo (Nico, 2010), se sabe relativamente poco sobre su comportamiento o el papel ecológico que desempeñan en el medio ambiente invadido.

Es importante señalar que el programa FISK no se diseñó como herramienta para la toma de decisiones, sino como un apoyo para que los tomadores de decisiones desarrollen normatividad, políticas y estrategias de manejo para resolver los problemas que presentan las especies no nativas (Copp *et al.* 2005; CONABIO 2008: [www.cefas.co.uk](http://www.cefas.co.uk) 2017).

Aunque por el momento, no existe presencia del pez diablo en el estado de Yucatán, es importante señalar que debe haber un mecanismo de prevención, control y erradicación, ya que, en estados como Campeche, Tabasco, Chiapas se ha reportado las consecuencias que conlleva la presencia del pez diablo en aguas de estos lugares. Es por ello, que en estos estados se ha buscado la forma de aprovechar el uso del pez diablo por ejemplo: se empezó a implementar el uso de Harina de pescado para la producción acuícola, además de abono y ensilado y forrajes para ganado, así mismo se ha implementado el consumo del pez diablo en la dieta del humano, sin embargo no ha tenido mucha aceptación, pues los pescadores creen que la carne del pez es nocivo y poco saludable hacia las personas, pese a ello, es importante señalar que autores como Vega *et al.* (2016) y González *et al.* (2009) indican mediante un estudio, que es un pez con poca grasa y con un alto valor proteínico, por lo cual el cual sugieren que se debe considerar como un posible potencial ingrediente en la formulación de dietas balanceadas.

Cabe destacar que el análisis de riesgo, se representa como una herramienta científica y certera, puesto que en cada respuesta se necesitan argumentos basados en investigaciones previas, el cual da como resultado una evaluación de riesgo en la zona de afectación.

Por ello realizar un análisis de riesgo en los peces diablo es trascendental, puesto que en muchos lugares no son considerados una plaga, sin embargo, en el caso de la república mexicana tienen el potencial para convertirse en una plaga por lograr ser abundantes en un corto plazo, dados sus requerimientos de hábitat y potencial reproductivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Pliego, N., Sánchez, A. J., Florido, S. y Salcedo, M. A. 2015. First record of South American suckermouth armored catfishes (Loricariidae, *Pterygoplichthys spp.*) in the Chumpan River system, southeast Mexico. *BioInvasions Records*. 4(4): 309-314.
- Aguilar-Trujillo, A. C., Okolodkov, Y. B., Merino-Virgilio, F. D. C., Osorio-Moreno, I., y Herrera-Silveira, J. A. 2014. Variación espacial de dinoflagelados bentónicos/epifíticos en aguas costeras del norte de Yucatán (agosto de 2011). Golfo de México. Contaminación, impacto ambiental, diagnóstico y tendencias. 3a ed. UAC, UNAM-ICMYL, CINVESTAV-Unidad Mérida, Campeche. Pp. 147-160. En: A.V. Botello, J. Rendón von Osten, J. Benítez y G. Gold-Bouchot (eds.). Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMYL, CINVESTAV -Unidad Mérida. Pp. 1174.
- Amador-Del Ángel, L. E., Wakida-Kusunoki, A. T., Guevara-Carrió. E. C., Brito- Pérez, R. y Cabrera- Rodríguez, P. 2009. Peces Invasores de Agua Dulce en la Región de la Laguna de Términos, Campeche. UNACAR, TECNOCENCIA. 3(2): 11-28.
- Amador-Del Ángel, L. E. y Wakida-Kusunoki, A. T. 2014. Especies acuáticas exóticas e invasoras del estado de Tabasco, México. En Mendoza, R. y P. Koleff (Coords.). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Pp. 425-433.
- Amezcu, M. F. 2014. Colonización de la laguna de Chiricahueto (Sinaloa, México) por la especie invasora *Pterygoplichthys spp.* Pp. 273-291. En: Low-Pfeng A. M, P.A. Quijón, E. M. Peters-Recagno (eds.). Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, University of Prince Edward Island. México. Pp. 273-291.
- Aparecida, P. S. y Naeciso, F. M. 1996. Gill morphometry of the facultative air-breathing loricariid fish, *Hypostomus plecostomus* (Walbaum) with, special emphasis on aquatic respiration. *Fish Physiology and Biochemistry*. 15(3): 213-220.
- Armbruster, J. W. 2004. Phylogenetic relationships of the suckermouth armored catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 141: 1-80.
- Armbruster, J. W. y Page, L. M. 2006. Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae). *Neotropical Ichthyology*. 4: 401-409.

- Arroyo, D. M. 2008. "Aprovechamiento de la Harina de *Plecostomus spp.* Como ingrediente en alimento para el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*)". Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral CIIDIR, Michoacán. Instituto Politécnico Nacional. Pp. 115.
- Ayala-Pérez, L. A., Miranda, J. R., & Hernández, D. F. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Revista de Biología Tropical*. 51(3-4): 783-794.
- Ayala-Pérez, L. A., Pineda-Peralta A.D., H, Álvarez-Guillen., y Amador-del Ángel, L. E. 2014. El pez diablo (*Pterygoplichthys spp.*) en las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche. En: Low-Pfeng A. M, P.A. Quijón, E.M. Peters-Recagno (eds.). *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, University of Prince Edward Island. México. Pp. 313-336.
- Ayala-Pérez, L., Vega-Rodríguez, B., Terán-González, J. y Martínez-Romero, G. 2015. El pez diablo en México: Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros. Ayala-Pérez, L., Vega-Rodríguez, B., Terán-González, J. y Martínez-Romero, G. (Eds.) México, D.F. Universidad Autónoma Metropolitana. Pp. 63. ISBN:978.607-28-0531-6
- Baker, R. H. A., Black, R., Copp, G. H., Haysom, K. A., Hulme, P. E., Thomas, M. B., Brown, A., Brown, M., Cannon, R. J. C., Ellis, J., Ellis, M., Ferris, R., Glaves, P., Gozlan, R. E., Holt, J., Howe, L., Knight, J. D., MacLeod, A., Moore, N. P., Mumford, J. D., Murphy, S. T., parrott, D., Sansford, C. E., Smith, G. C., St-Hilaire, S. y Ward, N. L. 2008. The UK risk assessment scheme for all non-native species En: *Neobiota Series: In Press*. Pp. 46-57.
- Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, L. D., Gutiérrez, F. P., Gil, D. L. y Lasso, C. A. (eds). 2010. *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. Pp. 200.
- Barba, M. E. 2013. Pez Diablo en el Sureste Mexicano. *Ecofronteras*. Pp. 10-11.
- Barba, M. E. y Cano-Salgado, M. P. 2014. "Abundancia del plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) en sistemas lagunares y ribereños de la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México". En: Low-Pfeng A.M., Quijón, P.A., y Peters-Recagno, E. M. (eds.). *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, University of Prince Edward Island. México. Pp. 293-311.



- Barba, M. E., Juárez-Flores, J. J. y Magaña-Vázquez, M. 2014. Nuevos registros de plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) (Siluriformes: Loricariidae) en las cuencas del río Grijalva y Tonalá, Pajonal-Machona, Tabasco. En: Low-Pfeng A.M., Quijón, P.A., y Peters-Recagno, E. M. (eds.). Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, University of Prince Edward Island. México. Pp. 233-251.
- Beddows, P., Blanchon, P., Escobar, E., y Torres-Talamante, O. 2007. Los cenotes de la península de Yucatán. *Arqueología mexicana*. 83: 32-35.
- Blanco, M. 2017. Estrategias contra la invasión del pez diablo. Agencia informativa Conacyt. [En línea]. Disponible en: <http://conacytprensa.mx/index.php/ciencia/ambiente/13252-estrategias-contrala-invasion-del-pez-diablo>
- Bobadilla, R. F. J. 2013. Resistencia de peces dulceacuícolas de ornato al shock halino y térmico, como una forma de evaluar su supervivencia en esteros de la Bahía de la Paz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Pp. 60.
- Bunkley-Williams, L., Williams, E. H. J., 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*. 3 (1-2): 90-94.
- Burgess, W. E. 1989. An atlas of freshwater and marine catfishes: a preliminary survey of the Siluriformes. Neptune City: TFH. Pp.784.
- Cano-Salgado, M. P., Bello-Baltazar, E., y Barba, E. 2012. Innovación social y capacidad de organización de las cooperativas pesqueras en el municipio de Balancán, Tabasco, México. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*. 20 (39): 65-98.
- 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 México: implications for invasion and dispersal. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst*. 21: 528–540.
- Castillo-Capitán, G., Cruz-León, Z., Meiners-Mandujano, C. G., Hernández-Romero, H. y Rodríguez-Orozco, N. 2014. Dinámica Poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca de Chacalapa (cuenca de Coatzacoalcos) Veracruz, México. *Rev. Biológico Agropecuaria Tuxpan*. 2 (3): 503-507.

- Cepeda-González, M. F., G. Gold-Bouchot, J. L. Montero-Muñoz y O. Zapata-Pérez. 2011. Integración de un libro sobre los estudios realizados sobre contaminantes orgánicos persistentes. Instituto Nacional de Ecología. México. Pp. 152.
- Chaichana, R. y Jongphadungkiet, S. 2012. Assessment of the invasive catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) in Thailand: ecological impacts and biological control alternatives. *Revista Tropical Zoology*. 25 (4): 173-182.
- Chávez, J. M., De la Paz, R. M., Manohar, S.K., Pagulayan, R. C. y Carandang, V. J. R. 2006. New Philippine record of South American sailfin catfishes (Pisces: Loricariidae). *Rev. Zootaxa*. 1109 (1): 57-68.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. Análisis de riesgo a la biodiversidad por organismos vivos modificados (OVM). CONABIO. [En línea] Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/analisis.html>. (15/09/17).
- Copp, G.H., Garthwaite, R. y Gozlan, R.E. 2005. Risk identification and assessment of non-native freshwater fishes: concepts and perspectives on protocols for the UK. *Sci. Ser. Tech Rep.*, Cefas Lowestoft. Pp.36.
- 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. *Revista Encuentro*. (98): 44-59.
- Covain, R. y S. Fisch-Muller. 2007. The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*. 1462: 1-40
- Cruz, F. Z. 2013. Dinámica poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca de Chacalapa y primeros registros de su distribución en la cuenca baja de Coatzacoalcos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en sistemas de producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. Pp. 45.
- Custodio, B. G., Fugi, R., Segatti, H. N. y Beal, G. A. 2004. Dieta de especies de Anostomidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Manso, Mato Grosso, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 94 (1), 77-82.
- Diario LectorMx. 2016. El pez plecostomus, “enemigo” de cenotes. [En línea]. Disponible en: <http://lectormx.com/2016/11/17/el-pez-plecostomus-enemigo-de-cenotes/>. (20/03/2017).

- Diario Yucatán en Corto. 2013. Inquilino Amenaza el cenote de Noc Ac. [En línea]. Disponible en: < <http://florcastillo.mx/noticias/inquilino-amenaza-el-cenote-de-noc-ac.html> >. (18/11/2016).
- Dias, T. S. y Fialho, C. B. 2011. Comparative dietary analysis of *Eurycheilichthys pantherinus* and *Pareiorhaphis hystrix*: two Loricariidae species (Ostariophysi, Siluriformes) from Campos Sulinos biome, southern Brazil. *Iheringia, Serie de Zoología*, Porto Alegre. 101(1-2): 49-55.
- Estrada-Medina, H., Cobos-Gasca, V., Acosta-Rodríguez, J. L., Peña Fierro, S., Castilla-Martínez, M., Castillo-Carrillo, C., Franco-Brito, S., López-Castillo, D., López-Díaz, M., Luna-Flores, W., Maldonado-Repetto, A., Álvarez-Rivera, O., Cámara-Romero, J. L., Morales-Guadarrama, A., Moreno-Arjona, A. M., Pérez-Niño, B., Rodríguez-Lara, P. y Zapata-Luna, R. L. 2016. La sequía de la península de Yucatán. *Tecnología y ciencias del agua*. 7(5): 151-165.
- Froese, R. y D. Pauly. 2010. FishBase. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).
- Gestring, K. 2006. Shoreline erosion assessment of Loricariid catfishes in Florida. Florida fish and wildlife conservation commission, Boca Raton, Florida. Pp.8.
- García- González, A., Riverón-Giró, F. B. y Barba, E. 2016. Primer registro para Cuba del pez invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Siluriformes: Loricariidae). *Cuban Journal of Biological Sciences*. Revista Cubana de Ciencias Biológicas. 5 (2): 1-6.
- García-Berthou, E., Almeida, D., Benejam, L., Magellan, K., Bae, M., Casals, F. y Merciai, R. 2015. Impacto ecológico de los peces continentales introducidos en la península ibérica. *Ecosistemas*. 24 (1): 36-42.
- García, D. A. Z., Casimiro, A. C. R. y Orsi, M. L. 2012. Introduction of the armored catfish, *Pterygoplichthys ambrosettii* (Holmberg, 1893), in a large effluent of the Upper Parana River basin. *Journal of Applied Ichthyology*. 28 (1):138-139.
- García, D. A. Z., Almeida, F. S., Silva e Souza, Â. T., Britton, J. R., y Orsi, M. L. 2014. Invasion characteristics of *Pterygoplichthys ambrosettii* (Holmberg, 1893) in the lower Paranapanema River, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*. 30(5): 1041-1044.
- Gibbs, M. A. Kurth, B. N. y Bridges, C. D. 2013. Age and growth of the loricariid catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida. *Aquatic Invasions. Journal compilation*. 8 (2): 207-218.

- Gobierno del Estado de Yucatán. 2012-2018. Recursos Naturales. Cenotes y aguadas. (Consulta: 25 de noviembre de 2016). [En línea]. Disponible en: <<http://www.yucatan.gob.mx/?p=cenotes>>. (25/11/2016).
- González, A., Márquez, A., Senior, W. y Martínez, G. 2009. Contenido de grasa y proteína en *Prochilodus mariae*, *Plagioscion squamosissimus*, *Piaractus brachipomus* e *Hypostomus plecostomus*, en una laguna de inundación del Orinco Medio. Revista Científica, FCV-LUZ. 19 (1): 15-21.
- Govinda-Das, H, L. 2010. Biología reproductiva de la especie exótica invasora *Pterygoplichthys pardalis* (Siluriformes: Loricariidae) en los humedales de La Libertad (sitio RAMSAR No. 79), Río Usumacinta, Chiapas, México. Tesis de Maestría. México, El colegio de la Frontera Sur-Chiapas. Pp. 103.
- Grael, E. 2010. Hidrología. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY/PPD-FMAM/CONABIO/SEDUMA, Mérida. Pp. 12-13.
- Hernández, S. E. M. 2008. Aspectos Reproductivos del Loricarido *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) en la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. División Académica Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma De Tabasco. Pp. 65.
- Hernández, A. 2016. Limpian de “bagres” los cenotes de Yucatán. Diario Milenio Novedades. [En línea]. Disponible en: <<http://sipse.com/milenio/dependencias-limpieza-bagres-especies-invasoras-cenotes-yucatan-230962.html>>. (20/03/17).
- Herrera D. y Molina A. 2011. Peces diablo (Teleosteo: Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca del Río Reventazón, Costa Rica. Rev. Biocenosis. 25(12): 79-86.
- Herrera, S. J. A. 1999. Patrones de variación espacial y temporal de la biodiversidad fitoplanctónica de los cenotes abiertos de Yucatán. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. M011. México, D.F. Pp. 58.
- Hoover J. K., Killgore J. y A. F. Cofrancesco. 2004. Sucker mouth catfishes: threats to aquatic ecosystems of the United States? Aquatics nuisance species research Program. 4 (1): 1-9.
- Hossain, M. Y., Rahman, M. M., Ahmen, Z. F., Ohtomi, J. y A. B. M. S. Islam. 2008. First record of the South American sailfin catfish *Pterygoplichthys multiradiatus* in Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology*. 24 (6): 718-720.

- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. 2002. Estudio Hidrológico Del Estado de Yucatán. INEGI, Geografía e Informática, impreso en México. Pp. 80.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. 2010. Red Hidrográfica escala 1:50 000 edición 2.0 – descarga. [En línea]. Disponible: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/hidrologia/descarga.aspx>. (22/06/2017).
- (a) Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. 2017. Cuéntame Información por entidad. [En línea] Disponible: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/yuc/default.aspx?tema=me&e=31>. (15/03/2017).
- (b) Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. 2017. Recursos Naturales: Hidrología. [En línea] Disponible: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/hidrologia/cartahidrologica.aspx>. (24/08/2017).
- Kailola, P. J. 2007. Risk assessment of ten species of ornamental fish under the Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999. Sydney: Australian Government. Pp. 2-31.
- Leprieur, F., J. D. Olden., S. Lek., S. Brosse. 2009. Contrasting patterns and mechanisms of spatial turnover for native and exotic freshwater fish in Europe. *Journal of Biogeography*. 36: 1899-1912.
- Levin, B. A., Phuong, P. H. y Pavlov, D. S. 2008. Discovery of the Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Teleostei: Loricariidae) in Vietnam. *Journal of Applied Ichthyology*. 24: 715-717.
- López, H. L. y Miquelarena, A. M. 1991. Los Hypostominae (Pisces: Loricariidae) de Argentina. Programa de Fauna de Agua Dulce Museo de la Plata con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Republica Argentina. 40 (2): 66.
- Lorenzo-Márquez, H., Torres-Dosal, A., Barba-Macías, E., Ilizaliturri-Hernández, C.A., Martínez-Salas, R. I. Morales-López, J. J. y Sánchez-Moreno, I. 2016. Estimación de riesgo de exposición a metales pesados por consumo de Plecos (*Pterygoplichthys spp.*) en infantes de comunidades ribereñas de los Ríos Grijalva y Usumacinta, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 32 (2): 153-164.
- Marenco, C. Y. 2010. El Pez Diablo: una especie exótica invasora. *Biocenosis*. 23 (2): 16-19.
- Martínez-González, J. V y V.A. Martínez- García. 2016. Identificación entre la flora y existencia de los Tardígrados en los cenotes de Yucatán. *Journal of Basic Sciences*. 2 (5): 24-33.

- Medina-González, R. 2017. Aspectos Biológicos de los cenotes de Yucatán. Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, SEDUMA, Yucatán. Pp. 1-6.
- Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P., y Aguilar, V. 2007. Los peces diablo: Especies Invasoras de alto impacto. CONABIO. Biodiversitas. 70: 1-5.
- Mendoza-Alfaro, R., Luna, S., y Aguilera, C. 2015. Risk assessment of the ornamental fish trade in Mexico: analysis of freshwater species and effectiveness of the FISK (Fish Invasiveness Screening Kit). Biological invasions. 17(12): 3491-3502.
- Mendoza, A. R. E., Cudmore, B., Orr, R., Fisher, J. P., Contreras, B. S., Courtenay, W. R., Koleff, O. P., Mandrak, N., Álvarez, T. P., Arroyo, D. M., Escalera, G. C., Guevara, S. A., Greene, G., Lee, D., Orbe, M. A., Ramírez, M. C. y Stabridis, A. O. 2009. Directrices Trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras: Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (*Channidae*) y el plecos (*Loricariidae*) en aguas continentales de América del Norte. Informe de proyecto de la CCA. Comisión para la Cooperación Ambiental. Pp. 100.
- Mendoza-Franco, E. F., Caspeta-Mandujano, J. M., & Salgado-Maldonado, G. 2012. Primer reporte de *Heteropriapulus* sp. (Platelmintos, Monogenoidea) infectando al pez diablo *Pterygoplichthys pardalis* (Siluriformes, Loricariidae) introducido en la cuenca del Rio Lacantún de la Reserva de la Biosfera Monte Azules. Chiapas, México. Jaina. 23:1-6.
- Morales, J. J. 2012. Un demonio en aguas de la palizada. Diario Por Esto de Yucatán y Quintana Roo. [En línea]. Disponible en: <<http://marcianitosverdes.haaan.com/2012/04/un-demonio-en-aguas-del-palizada/>> (18/03/2016).
- Nico, L. G., 2010. Nocturnal and diurnal activity of armored suckermouth catfish (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) associated with wintering Florida manatees (*Trichechus manatus latirostris*). Revisit Neotropical Ichthyology. 8 (4): 893-898.
- Nonogaki, H., Nelson, J. A., & Patterson, W. P. (2007). Dietary histories of herbivorous loricariid catfishes: evidence from  $\delta^{13}C$  values of otoliths. Environmental Biology of Fishes. 78(1): 13-21.
- Okolodkov, Y. B., Bastida-Zavala, R., Ibáñez, A. L., Chapman, J. W., Suárez-Morales, E., Pedroche, F. y Gutiérrez-Medina, F. J. 2007. Especies Acuáticas no indígenas en México. Rev. Ciencia y Mar. 11 (32): 29-67.
- Olvera-Novoa, M. A. 2010. Contexto social y económico, actividades productivas: la acuacultura y su posible impacto en la biodiversidad. En: Dúran R. y M. Méndez (Eds). Biodiversidad y

- Desarrollo Humano en Yucatán. Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. Pp. 116-118.
- Ongley, E. D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos (No. 55). Food & Agriculture Org. Capítulo 1: contaminación agrícola de los recursos hídricos. Pp. 1-20.
- Orellana, R., C. Espadas y González-Iturbide, J. A. 2001. Aplicaciones de los diagramas ombrotérmicos de Gaussen modificados en la península de Yucatán. En: México en su unidad territorial. Perdomo, M. 1996. Regional synthesis chapter for latin America. Pp.37-52.
- Orellana, L. R., y Espadas, C. M. 2010. El papel de la cubierta vegetal en la conservación del agua en la península de Yucatán. Capítulo 6. En: Dúran R. y M. Méndez (Eds). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. Pp. 161-198.
- Özdilek, S. Y. 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 and Aquatic Sciences*. 24 (3-4): 303-206.
- Page, L. M., y Burr, B. M. 1991. A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. Peterson Field Guide Series, Houghton Mifflin Co., Boston. Pp. 432.
- Page, L. M. Y Robins, R. H. 2006. Identification of Sailfin Catfishes (Teleostei: Loricariidae) in Southeastern Asia. *The Raffles Bulletin of Zoology*. 54 (2): 455-457.
- Pérez-Flores, A. 2012. Percepción, uso y manejo de los cenotes en El Puerto, Yucatán. Tesis Doctoral. Tesis de la Maestría en Ciencias en la especialidad de Ecología Humana. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Pp. 1-157.
- Pineda, P. A. D. 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 en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Ciudad de México. Pp. 1-119.
- Pheloung, P. C., Williams, P. A. y Halloy, S. R. 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management*. 57: 239-251.
- 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.

- Ramírez J.C., C.A. Martínez-Palacios, R. Pacheco, L. Ross, F. Arreguin, A. Campos-Mendoza, E. Díaz, J. Fonseca-Madrigal, A. Gutiérrez Hernández, M.G. Rios-Duran, R. Rueda, M. Toledo, G. Salas y A. Shimada. 2012. Bagres invasores ¿Amenaza u oportunidad? INFOPESCA Internacional. 50: 25-28.
- Ríos-Muños, C.A. 2015. Depredación del pez diablo (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) por el cormorán oliváceo (*Phalacrocorax brasilianus*) en Villahermosa, Tabasco, México. Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología. 16 (2): 62-65.
- Rodríguez-Santiago, M. A., Grano-Maldonado, M. I., Ávila, E. y Gómez, S. 2015. Occurrence of *heteropriapulus heterotylus* (monogenoidea: Dactylogyridae), ectoparasite of two invasive sailfin catfishes (siluriformes: loricariidae) from the Southeastern México. Neotropical Helminthology. 9: 55-64.
- Román-Valencia, C. y H. Samudio. 2007. Dieta y reproducción de *Lasiancistrus caucanus* (Pisces: Loricariidae) en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales. 9: 95-101.
- Samat, A., Yusoff, A. F. M., Arshad, A., Ghaffar, M. A., Nor, S. M., Magalhaes, A. L. B. y Das, S. K. 2016. Reproductive biology of the introduced sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Pisces: Loricariidae) in peninsular Malaysia. Indian Journal of Fisheries. 63: 35–41.
- Sánchez, A. J., Florido, R., Álvarez-Pliego, N. y Salcedo, M. A. 2015. Distribución de *Pterygoplichthys spp.* (Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca baja de los ríos Grijalva-Usumacinta. Revista Mexicana de Biodiversidad. 86 (4): 1099-1102.
- Sánchez-Cárdenas, N. G. 2015. El Pez Diablo en la región occidental del ANP Laguna de Términos, Campeche: Consideraciones ecológicas y económicas. Tesis de Licenciatura. México. Departamento del hombre y su ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Pp. 50.
- Sandoval-Huerta, E. R., X. Madrigal-Guridi., A. García-Meraz., N. I. Dimas-Mora y O. Domínguez-Domínguez. 2012. Nuevo registro de *Pterygoplichthys disjunctivus* (Actinopterygii: Loricariidae) en la desembocadura del río Coahuayana, Coahuayana, Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 83: 294-297.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA Yucatán). 2012-2018 v. Cenotes Turísticos de Yucatán. [En línea]. Disponible: <<http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/cenotes-turisticos-de-yucatan.php>>. (25/11/2016).



- Shafland P. L. y J. M. Pestrak. 1982. Lower lethal temperatures for fourteen non-native fishes in Florida. *Environmental Biology of Fishes*. 7(2): 149-156.
- Shih-Hsiung, L., Hsiao-Ping, W. y Bao-Sen, S. 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), 255-259.
- Schmitter-Soto, J. J. 2001. Los cenotes de la península de Yucatan. La Jornada. Ecología. Publicado: 30 de Julio. [En línea]. Disponible: <http://www.jornada.unam.mx/2001/07/30/eco-b.html>
- Sinha, R. K., U. K. Sarkar y W. S. Lakra. 2010. First record of the Southern Sailfin Catfish, *Pterigoplichthys anisitsi* Eigenmann y Kennedy, 1903 (Teleostei: Loricariidae), in India. *Journal of Applied Ichthyology*. 26: 606–608.
- Suárez-Morales, E y Rivera-Arriaga, E. 1998. Hidrología y Fauna acuática de los Cenotes de la Península de Yucatán. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 48: 37-47.
- Tófoli, R. M., Hahn, N. S., Alves, G. H. Z. y Novakowski, G. C. 2010. Food used by two sympatric species of Moenkhausia (*Characiformes*, Characidae), in a stream of center-western Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre. 100 (3): 201-206.
- Vargas, C. C. A., Díaz, M. J. A., Chaves-Moreno, L. C. y Murcia-Ordoñez, B. 2013. Diversidad de la Familia Loricariidae en la quebrada el Mochilero, municipio de Florencia departamento de Caquetá-Colombia. *Revista AquaTIC*. (38): 21-27.
- Vega B. I., Ayala, L. A., G. J. Téran, G. E. Martínez y J. A. Chávez. 2016. El pez diablo en México: Protocolo de prevención, respuesta rápida y control. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Tinta Negra (eds). México. Pp. 158.
- Vega-Cendejas, M. E. y Hernández de Santillana, M. 2010. Peces de Sistemas Lagunares y Ciénegas. En: Dúran R. y M. Méndez (Eds). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pp. 157-158.
- Velázquez-Velázquez, E., López-Villa, J. M. y Romero-Berny, E. I. 2013. El pez diablo: especie invasora en Chiapas. *Revista Lacandonia*. 7 (1): 99-104.
- Vidal, Z. R. 2005. Las regiones climáticas de Mexico. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. Pp.189-204.

- Villares-Junior, G. A., Cardone, I. B. y Goitein, R. 2016. Comparative feeding ecology of four syntopic *Hypostomus* species in a Brazilian southeastern river. *Brazilian Journal of Biology*. 76 (3): 692-699.
- Wakida-Kusunoki, A.T. y Amador del Ángel, 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.
- Wakida-Kusunoki, A. T y 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: 870-878.
- Zawadzki, C. H., Tencatt, L. F. C. y Froehlich, O. 2014. A new unicuspid-toothed species of *Hypostomus Lacépède*, 1803 (Siluriformes: Loricariidae) from the rio Paraguai basin. *Rev. Neotropical Ichthyology*. 12 (1): 97-104.
- Zeferino, C. L. 2013. Dinámica poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca de Chacalapa y primeros registros de su distribución en la cuenca baja de Coatzacoalcos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. Pp. 55