



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

Ocurrencia y aspectos biológicos del pez invasor del género
Pterygoplichthys en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la
Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla

Presenta

ISPA Zeferino Cruz León

Comité tutorial:

Dr. César Gabriel Meiners Mandujano (Director)

Asesores

Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo

M.C. Ángel Héctor Hernández Romero

Boca del Río, Veracruz

Junio 2016

Dedicatoria

**A mis hermanas (Andrea, Yenny y Mariana) por
todo su amor, comprensión y apoyo en mi andar profesional y de vida,
así mismo a mi segunda familia (Saldaña Fermín).**

Y a < °))))<<

Agradecimientos

Al Programa de Posgrado en Ecología y Pesquerías del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para estudios en Maestría en Ecología y Pesquerías con matrícula S13024126 y No. de CVU 590570.

A la Dra. **Rosario** Sanay por el hecho de haber creído en mí, desde la etapa de selección al ingreso al honorable posgrado y por sus valiosos comentarios hacia mi proyecto de investigación y así como el aporte bibliográfico compartido en conjunto del Dr. **Héctor** Perales.

Las palabras de agradecimientos para la M.C. **Gisela** son incontables, ya que no solo he ganado a una colega, principalmente me gane a una gran amiga. Por todo ello, muchas gracias, siempre tendré en mente todos esos detalles de apoyo, principalmente esas palabras escritas, recibidas el día de mi examen oral.

Ángel Héctor, estupendo maestro y gran amigo, le agradezco por atreverse a vivir la aventura en este proyecto de investigación, tanto en el trabajo de escritorio y en el trabajo de campo que lo pusieron a prueba, sobre su resistencia a las temperaturas bajas que se viven en el puerto y la facilidad para cuestionarme por todos los hechos habidos y por haber.

A la Dra. Ma. De **Lourdes** Jiménez agradezco sus aportaciones puntuales y comentarios acertados.

Al Dr. **Yury** Okolodkov que compartió sus conocimientos en la materia de ciencias y su contribución con información bibliográfica para este proyecto de investigación.

Agradezco a **Andrea** Negrón por todo su apoyo en los trámites correspondientes al posgrado, por esas atenciones y dedicación laboral que sabemos que lo hace de una manera intachable y eficiente.

Al Dr. **César** G. Meiners por aceptar ser director y tutor académico de este proyecto de investigación, el apoyo en las asesorías y por orientar en la mejor elección de las materias de la maestría.

A la Dra. **Clorinda** Sarabia por haber aportado grandes conocimientos en el tema de los humedales del Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz.

Al arduo apoyo en el último semestre de la Dra. **Ana** Gutiérrez en la revisión del escrito de la tesis y aportes al mismo.

No solo agradezco, también felicito a mis amigos y compañeros de generación, a la Biol. **Alma** García por ser la apaciguadora en los trabajos de las materias, al MVZ. **Gabriel** Fajardo por ese apoyo en los momentos de enfermedad y ser el vaciado y a la Biol. **Beatriz** Suet por su convivencia en este andar.

A la M.C. **Gema Hidalgo** y al M.C. **Ondrej** Bazant por la amistad y los momentos de dispersión vividos, para olvidar el estrés causado por la escritura de la tesis

La ISPA. **Alicia** Avila mi entrañable amiga y ejemplo de vida a seguir, por esas porras y mensajes de aliento para llegar a la meta, principalmente por haber vivido en compañía la presión de la defensa de tesis.

A mis superiores **German** Aron, **Roberto**, **Alex** y **Oswaldo** por haberme apoyado a disipar dudas en temas de pesquerías.

A mi compañera de baile la Biol. **Angélica** Vázquez, así como sus pláticas tan amenas mientras me acompañaba a trabajar en las vacaciones. Y a la M.C. **Brenda** E. Sánchez, por creer en mi proyecto de investigación y las porras dadas.

No puedo pasar por alto agradecer a Daniel, la cooperativa de pescadores de la laguna Olmeca y la familia del arroyo Ixcoalco, por el apoyo brindado en las capturas de mis organismos.



Universidad Veracruzana
Dirección General de Investigaciones
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías

C. ZEFERINO CRUZ LEON
ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS
UNIVERSIDAD VERACRUZANA
P R E S E N T E

**CAMPUS
VERACRUZ**

Calle Hidalgo No. 517
Colonia Río Jamapa,
C.P. 94290,
Boca del Río,
Veracruz,
México

Teléfonos
(229) 956 70 70
956 72 27

Calle Independencia
No. 30 (antes 38)
Piso 1 y 2
Colonia Centro,
C.P. 94290,
Boca del Río,
Veracruz,
México

Teléfono
(229) 202 28 28

Habiendo sido debidamente revisado y aceptado el trabajo escrito de su tesis denominada "Ocurrencia y aspectos biológicos del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla", por los integrantes de su comité tutorial y estando todos ellos de acuerdo que tanto el contenido como el formato de este trabajo es satisfactorio como prueba escrita para sustentar su examen final de posgrado de la MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS se le autoriza a usted proceda a su impresión.

Sin otro particular, me es grato reiterarle la seguridad de mi más distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"
Boca del Río, Ver. Junio 9 del 2016


Dra. Ma. de Lourdes Jiménez Badillo
Directora

Resumen

Los humedales están sujetos a alteraciones por acciones antropogénicas, un claro ejemplo de esto es la presencia de especies invasoras, lo cual constituye la segunda causante de pérdida de biodiversidad. Bajo este contexto, el propósito de esta investigación fue determinar la identidad taxonómica, la ocurrencia y los aspectos biológicos clave del pez invasor del género *Pterygoplichthys* del Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV) y la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla. En base a la metodología de las directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies invasoras, siguiendo el modelo de evaluación de riesgos de organismos, se realizaron capturas en ambos sistemas, entre julio de 2014 y julio de 2015, con una atarraya de monofilamento de nylon de abertura de malla de dos pulgadas. Se colectó un total de 1 146 *Pterygoplichthys* (44.73 % de la captura total). Se determinó que existen al menos dos poblaciones abundantes y frecuentes en el tiempo: *P. pardalis* (84.3 %) y *P. disjunctivus* (8.7 %) con intervalo de tallas amplios (124 y 538 mm LT), proporción sexual de 1:1, coeficiente de alometría de 3.1 y 2.9 ($p > 0.5$) con diferencias significativa entre sexos, una L_{50} de 284 y 281 mm LT respectivamente. Se constató la existencia de una tercera especie, *P. multiradiatus* (6.9 %) con un rango de tallas de 106-380 mm LT, que contribuye en menor proporción a la invasión, con proporción sexual de 1:1, coeficiente de alometría de 2.6. Finalmente se capturó un ejemplar silvestre de *P. gibbiceps* (0.1 %) con talla y peso de 530 mm LT y 1 320 g PT. Se concluye que el género invasor *Pterygoplichthys* está completamente asentado en los humedales del SLICV, *P. pardalis* domina el asentamiento, complementado por *P. disjunctivus* y marginalmente por *P. multiradiatus*, todas ellas con condiciones corporales individuales favorables, reproductivamente activas, con potencial reproductor poblacional y con evidencias de reclutamiento. No obstante a lo anterior, el nivel de riesgo derivado de esta invasión en el SLICV, es aun preocupación moderada. En contraste, en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, aun no existen poblaciones asentadas de *Pterygoplichthys*.

Palabras clave

Loricariidae, pez diablo, especie invasora, índice gonadosomático, humedales.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	4
3. HIPÓTESIS	9
4. OBJETIVOS	10
4.1. OBJETIVO GENERAL	10
4.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
5.1. RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE RESERVORIO.....	11
5.1.1. ÁREA DE ESTUDIO	11
5.1.2. ESTRATEGIA DE MUESTREO.....	16
5.1.3. OBTENCIÓN DE ORGANISMOS	16
5.1.4. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	17
5.1.5. ASPECTOS BIOLÓGICOS	17
5.1.5.1. ESTRUCTURA DE TALLAS.....	17
5.1.5.2. RELACIÓN TALLA-PESO.....	17
5.1.5.3. TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL	18
5.1.6. ÍNDICES FISIOLÓGICOS.....	19
6. RESULTADOS.....	20
6.1. EVALUACIÓN INTEGRADA DE LA RUTA DE DISTRIBUCIÓN	20
6.2. ESTABLECIMIENTO DE UNA LISTA DE ORGANISMOS EXÓTICOS (NO AUTÓCTONOS) DE PREOCUPACIÓN	23
6.2.1. IDENTIDAD TAXONÓMICA.....	23
6.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS DE ORGANISMOS.....	29
6.3.1. DISTRIBUCIÓN Y OCURRENCIA	29
6.3.2. PROPORCIÓN RELATIVA.....	30
6.3.3. ESTRUCTURAS DE TALLAS.....	32

6.3.4. PROPORCIÓN DE SEXOS	34
6.3.5. RELACIÓN TALLA-PESO	36
6.3.6. TALLA DE PRIMERA MADUREZ.....	38
6.3.7. ÍNDICES CORPORALES.....	39
7. DISCUSIÓN.....	42
8. CONCLUSIONES.....	48
9. BIBLIOGRAFÍA.....	49
10. ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA.....	13
FIGURA 2. INTERCONEXIÓN DE LAS LAGUNAS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ.....	15
FIGURA 3. PROPORCIÓN DE LAGUNAS MUESTREADAS Y CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CAPTURA TOTAL EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ.	22
FIGURA 4. FOTOGRAFÍAS DE LOS ORGANISMOS CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ, DURANTE JULIO 2014 A JULIO 2015. VISTA VENTRAL DE <i>P. PARDALIS</i> : A, <i>P. DISJUNCTIVUS</i> : B Y <i>P. MULTIRADIATUS</i> : C; VISTA LATERAL DE <i>P. GIBBICEPS</i> : D; DIVERSOS DISEÑOS DE LA ALETA DORSAL EN <i>P. PARDALIS</i> , <i>DISJUNCTIVUS</i> Y <i>P. GIBBICEPS</i> : 1 Y <i>P. MULTIRADIATUS</i> : 2.....	28
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN Y CONTRIBUCIÓN RELATIVA DEL <i>PTERYGOPLICHTHYS</i> EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ.	29
FIGURA 6. PUNTOS DE MUESTREO Y DE OCURRENCIA DEL <i>PTERYGOPLICHTHYS</i> EN LA CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA.....	30
FIGURA 7. VARIABILIDAD TEMPORAL DE CAPTURA DEL <i>PTERYGOPLICHTHYS</i> EN LOS DISTINTOS PUNTOS DE MUESTREO UBICADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.....	31
FIGURA 8. CONTRIBUCIÓN RELATIVA PORCENTUAL DEL <i>PTERYGOPLICHTHYS</i> EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	32
FIGURA 9. ESTRUCTURA DE TALLAS DE: A) <i>P. PARDALIS</i> Y B) <i>P. DISJUNCTIVUS</i> CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	33

FIGURA 10. ESTRUCTURA DE TALLAS DE: <i>P. MULTIRADIATUS</i> , CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	34
FIGURA 11. PROPORCIÓN DE SEXOS POR CLASE DE TALLA DE: A) <i>P. PARDALIS</i> , B) <i>P. DISJUNCTIVUS</i> Y C) <i>P. MULTIRADIATUS</i> , CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	35
FIGURA 12. RELACIÓN TALLA-PESO DE LA ESPECIE <i>P. PARDALIS</i> , CAPTURADA EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	36
FIGURA 13. RELACIÓN TALLA-PESO POR SEXO DE <i>P. DISJUNCTIVUS</i> (A Y B) Y <i>P. MULTIRADIATUS</i> (C Y D) CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	37
FIGURA 14. OJIVA DE MADUREZ PARA HEMBRAS Y MACHOS DE <i>P. PARDALIS</i> (A Y B) Y <i>P. DISJUNCTIVUS</i> (C Y D) CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	38
FIGURA 15. EVOLUCIÓN MENSUAL DE LOS ÍNDICES GONADOSOMÁTICO Y HEPATOSOMÁTICO (PROMEDIO + ERROR STD) DE <i>P. PARDALIS</i> , CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	39
FIGURA 16. VARIACIÓN TEMPORAL DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO-HEPATOSOMÁTICO (PROMEDIO + ERROR STD) DE <i>P. DISJUNCTIVUS</i> , CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	40
FIGURA 17. EVOLUCIÓN MENSUAL DEL FACTOR DE CONDICIÓN (K, PROMEDIO + ERROR STD) DE: A) <i>P. PARDALIS</i> Y B) <i>P. DISJUNCTIVUS</i> , CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	41

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PUNTOS DE MUESTREO Y NOMENCLATURA UTILIZADA EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ (SLICV), SEGÚN DEPENDENCIAS O FICHA INFORMATIVA.....	14
TABLA 2. UBICACIÓN Y NOMENCLATURA UTILIZADA PARA LOS PUNTOS DE MUESTREOS UBICADOS SOBRE LA CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA.	16
TABLA 3. DIFERENTES ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL (♀ Y ♂) OBSERVADOS MACROSCÓPICAMENTE A LAS GÓNADAS DE LOS ORGANISMOS CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015, DE ACUERDO A LAS CLAVES DE MADUREZ GONADAL (NIKOLSKI, 1963).	18
TABLA 4. FLORA, FAUNA Y SIGNOS DE CONTAMINACIÓN EXISTENTE EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ.....	20
TABLA 5. FLORA, FAUNA Y SIGNOS DE CONTAMINACIÓN EXISTENTE EN LA CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA.	21
TABLA 6. PORCENTAJE Y TOTAL DE INDIVIDUOS CAPTURADOS MENSUALMENTE EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE LOS MESES DE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.....	23
TABLA 7. TALLAS Y PESOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS POR SEXOS DE LAS ESPECIES DE <i>PTERYGOPLICHTHYS</i> CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.	24
TABLA 8. CARACTERES MERÍSTICOS DE LAS ESPECIES DE <i>PTERYGOPLICHTHYS</i> CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015. CON BASE EN: WEBER, 1992 Y ARMBRUSTER Y PAGE, 2006.	25
TABLA 9. CARACTERES MORFOMÉTRICO MÍNIMOS Y MÁXIMOS POR ESPECIE, DE LOS ORGANISMOS CAPTURADOS EN EL SISTEMA DE LAGUNAS INTERDUNARIAS DE LA CIUDAD DE VERACRUZ Y CUENCA BAJA DEL JAMAPA-COTAXTLA, DURANTE JULIO DE 2014 A JULIO 2015.....	27

1. INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas estratégicos para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, por involucrar macrosistemas acuáticos y terrestres. La zona metropolitana Veracruz-Boca del Río-Medellín cuenta con una amplia diversidad de ecosistemas, que van desde sistemas lagunares hasta los ríos Jamapa y Cotaxtla. Los humedales que conforman el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz pertenecen al sitio Ramsar 1450, el cual forma parte del sistema de dunas costeras de la región central del estado de Veracruz, México; se caracterizan por ser de tipos marginales y lacustres, se localizan al interior de un territorio urbano, asociados con lagos, son de aguas someras donde predomina el agua dulce proveniente del manto freático. La cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla pertenecen a la región hidrológica número 28 Papaloapan, es una cuenca grande y de tipo exorreica (Neiff, 1999; Sarabia, 2004; Reyes & Ubaldo, 2009; Cirujano & Medina, 2014).

El Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV), está sujeto a fuertes presiones antropogénicas que transforman su estructura y en consecuencia su biodiversidad. Un ejemplo negativo de estos cambios es la introducción y proliferación de especies invasoras, reportadas como la segunda causante de pérdida de biodiversidad global, por sus afectaciones hacia las poblaciones nativas (CONABIO, 2014). En los ambientes acuáticos, particularmente en los dulceacuícolas, la tasa de extinción en organismos acuáticos, es cinco veces mayor que en los ambientes terrestres (Ricciardi & Rasmussen, 1999; Okolodkov *et al.*, 2007). Uno de los casos de asentamiento de especies invasoras en el SLICV es la del pez del género *Pterygoplichthys*, comúnmente conocido como el pez diablo, limpia pecera, plecos, entre otros denominativos.

El género *Pterygoplichthys* pertenece a la familia Loricariidae, ésta es una de las familias más grandes de los bagres blindados del orden Siluriformes, con cerca de 80 géneros y más de 700 especies originarias de Sudamérica (cuenca del Amazonas), Panamá y Costa Rica (Armbruster & Page, 2006). El *Pterygoplichthys* tiene una alta fecundidad, resistencia a enfermedades y soporta ambientes eutrofizados; así mismo se sabe que cuenta con la habilidad de respirar el oxígeno atmosférico, e incluso puede sobrevivir fuera del agua hasta por 30 horas (Aparecida & Narciso,

1996; Mendoza *et al.*, 2007; Nico *et al.*, 2012). Estos peces tienen crecimiento poblacional explosivo, en ambientes con disponibilidad de algas y detritus que les asegura el éxito en la reproducción, crecimiento y desarrollo (Escalera-Gallardo *et al.*, 2012; Ayala-Pérez *et al.*, 2014). De las especies existentes del género *Pterygoplichthys*, en México, se ha registrado el asentamiento de tres especies, principalmente: *P. pardalis*, *P. disjunctivus* y *P. multiradiatus*, así como de otros géneros aún no confirmados.

La distribución inicial del *Pterygoplichthys* en las distintas regiones del mundo fue por el mercado de especies ornamentales, seguido por liberación directa al medio natural (lagunas, lagos, ríos y esteros), sin saber los daños que estos implican. El *Pterygoplichthys* es un invasor muy eficiente y de amplia implantación geográfica. Los primeros reportes de invasión iniciaron a mediados del siglo XX en aguas naturales de América del Norte y Central, y este del Caribe: California, Costa Rica, Florida, Guatemala, Hawái, México, Norte-Sur de Carolina, Puerto Rico, Texas y Washington (Guzmán & Barragán, 1997; Hoover *et al.*, 2004; Chávez *et al.*, 2006; Hubilla *et al.*, 2007; Wakida-Kusunoki *et al.*, 2007; Hossain *et al.*, 2008; Lavín *et al.*, 2008; Capps *et al.*, 2009; Krishnakumar *et al.*, 2009; Mendoza *et al.*, 2009; Nico *et al.*, 2009b; Trujillo-Jiménez *et al.*, 2009 y Wathsala & Upali, 2013), posteriormente fueron reportados desde el sureste de Asia: Bangladés, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Singapur, Sri Lanka, Taiwán y Vietnam (Bunkley-Williams, 1994; Nico & Martin, 2001; Nico, 2003; López-Fernández & Winemiller, 2005; Nico, 2006; Nico & Fuller, 2006; Gibbs *et al.*, 2008; Hubbs *et al.*, 2008; Nico & Fuller, 2008; Neal *et al.*, 2009; Nico *et al.*, 2009a) hasta el este de Europa (Polonia, Serbia y Turquía) (Tan & Tan, 2003; Chávez *et al.*, 2006).

En México el primer registro de asentamiento fue en 1995 en los ríos Mezcala y Balsas, Michoacán (Guzmán & Barragán, 1997), posteriormente se han registrado en Tecpatán, Chiapas, en varias localidades cercanas a Villahermosa, Tabasco (principalmente en el río Usumacinta y sus vertientes), de los ríos San Pedro y Palizada que desembocan en la laguna de Términos en Campeche; en la planicie costera del sur de Veracruz se han registrado asentamientos en el río Coatzacoalcos y sus tributarios, en los municipios de Coatlán del Río y Tetecala de Reforma en el estado de Morelos y laguna de Chiricahueto, Sinaloa (Ramírez-Soberón *et al.*, 2004; Mendoza *et*

al., 2007; Wakida *et al.*, 2007; Wakida- Kusunoki *et al.*, 2009; Hernández, 2010; Aldama-Rojas *et al.*, 2011; Castillo, 2011; Sandoval-Huerta & colaboradores, 2012; Cruz-León, 2013; Amezcua, 2014; Ayala-Pérez *et al.*, 2014 y Barba & Cano-Salgado, 2014;). Estos asentamientos han provocado que diversas especies de peces nativas, comiencen a sufrir desplazamiento o incluso la desaparición total; causando daños económicos a los pescadores debido a la disminución de peces de uso comercial, con un incremento poblacional del *Pterygoplichthys* con capturas totales entre los 70 al 80 %, a pesar del incremento en el esfuerzo de captura (Mendoza *et al.*, 2007).

Con la llegada del *Pterygoplichthys* como especie invasora en diversos humedales de América del Norte, se elaboraron las directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies invasoras (Mendoza *et al.*, 2009), con el objetivo de realizar la evaluación ecológica aplicada a los Loricariidae, bajo un marco de procesos normalizados, a fin de evaluar los riesgos derivados de las especies invasoras (Richard & Fisher, 2009). Cabe mencionar que esta especie invasora presenta una tasa del 80 % de establecimiento en caso de introducción en humedales similares a los de su lugar de origen, recibiendo la calificación más alta en las evaluaciones de riesgos (Bomford & Glover, 2004)

En este contexto, el propósito de esta investigación, fue constatar los aspectos biológicos dentro del marco para la evaluación de riesgos de especies invasoras (Mendoza *et al.*, 2009), por ello se determinó la posible ocurrencia y aspectos biológicos clave del pez invasor del género *Pterygoplichthys* presumiblemente asentado en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla. Lo anterior, con la finalidad de proporcionar información precisa acerca de la identidad taxonómica y biológica de especies invasoras presentes y abundancia de las mismas en los humedales: su época reproductiva, talla de primera reproducción, relación talla-peso y la condición de salud, así como su impacto sobre otras especies. Los resultados aportados en esta investigación, constituyen insumos indispensables para pescadores y autoridades competentes de la región, encaminados a la mitigación para reducir el riesgo de la especie invasora.

2. ANTECEDENTES

Mendoza *et al.* (2009), mencionan que las directrices de evaluación de riesgos adaptada para especies invasoras de la familia Loricáridos, tienen el objetivo de determinar si se establecerá o ya se encuentra establecido un organismo introducido, es por ello que los aspectos biológicas ofrecen la materia prima para poner a prueba diferentes enfoques de control, permitiendo organizar la información científica y técnica, de una manera flexible que permita dar cabida a metodologías y procesos nuevos. A continuación se referencia información científica de la especie invasora del género *Pterygoplichthys* de acuerdo al marco para la evaluación de riesgos propuesta por Mendoza *et al.* (2009) (Anexo I).

A nivel internacional los reportes que se han realizado sobre la especie invasora del género *Pterygoplichthys*, en su mayoría se refieren exclusivamente a la ocurrencia y el asentamiento, sin profundizar en aspectos acerca de su condición biológica (relación talla-peso, aspectos reproductivos, condición de salud y proporción sexual), relevantes para el control de esta especie invasiva. Dado que en la República Mexicana se ha concentrado la mayor parte de los reportes sobre aspectos biológicos del *Pterygoplichthys* y la interacción con la fauna nativa, a continuación se despliegan los reportes científicos más relevantes.

El primer reporte del pez invasor del género *Pterygoplichthys* a nivel nacional, se registró en 1997 en el río Mezcalapa, perteneciente a la cuenca del Balsas en el estado de Guerrero, y posteriormente en la presa El Infiernillo en el estado de Michoacán. La identidad taxonómica de los hallazgos correspondió a especies: *P. pardalis*, *P. disjunctivus* y *P. multiradiatus* (Guzmán & Barragán, 1997). En un reporte adicional, Sandoval-Huerta *et al.* (2012) indicaron que la presencia de *P. disjunctivus* se ha extendido hasta la desembocadura del río Coahuayana, Colima-Michoacán.

Posteriormente en el sureste del país, en la cuenca del Usumacinta, en la parte baja del río San Pedro, Tabasco, se registró la presencia del *P. pardalis*, estos organismos se capturaron en el 2007-2008, donde las frecuencias de capturas están estrechamente relacionadas con las variaciones hidrológicas; más frecuente en temporada de inundación mínima, posteriormente en temporada máxima de inundaciones y por último en nortes (Castillo, 2011). Así mismo, Barba y

Cano-Salgado (2014), reportaron la presencia del *P. pardalis* en los sistemas lagunares y ribereños: El Chinal, El Susil y el río San Pedro, capturados en el 2008.

En lo que respecta a las especies *P. pardalis* y *P. disjunctivus*, Ayala-Pérez y colaboradores (2014), reportan la presencia del pez invasor en las cabeceras estuarinas: Pom-Astata y Palizada del Este, en la Laguna de Términos, Campeche, en capturas realizadas en el 2008-2009. En las lagunas de Catazaján y Medellín, en el estado de Chiapas, a partir de registros de captura de individuos confirman la distribución y asentamiento de las mismas especies (Ramírez-Soberón *et al.*, 2004). Posteriormente se confirmó la presencia de las especies *P. pardalis* y *P. multiradiatus*, en una poza de agua dulce y en la cuenca superior del Grijalva-Usumacinta, en el estado de Chiapas (Wakida- Kusunoki *et al.*, 2009).

En años más recientes a partir de capturas realizadas durante los años 2012 y 2013, Cruz-León (2013), reportó la presencia y distribución del *P. pardalis* y *P. disjunctivus*, en la microcuenca del Chacalapa, que pertenece a la cuenca del río Coatzacoalcos, al sur de Veracruz.

Uno de los principales problemas para el estudio de este género (perteneciente a la familia de los Loricariidae), es la identificación taxonómica fehaciente de sus especies, por lo que a partir de características fenotípicas Weber (1992), sugirió realizar el primer análisis de comprobación de género; basado en conteo de radios de la aleta dorsal, todas las especies de *Pterygoplichthys* cuentan con 9 a 14 radios (usualmente más de 10), e *Hypostomus* tiene 7 u 8 radios.

Otra de las características puntuales de identificación propuesta por Armbruster y Page (2006), es el tipo de manchas corporales, en *P. multiradiatus* las manchas oscuras son discretas o forman espigas oscuras en la mitad posterior del cuerpo y aletas (dorsal, pectoral y pélvica) y nunca se coalescen, solo en el pedúnculo caudal; en *P. pardalis* se presentan manchas o puntos negros, sobre todo en el abdomen, donde en algunos especímenes se llega a observar no más de cinco puntos de coalescencia para formar vermiculaciones cortas; en *P. disjunctivus* casi todas las manchas ubicadas en el abdomen se coalescen para formar vermiculaciones. Por último, en *Pterygoplichthys gibbiceps* se diferencia por tener una elevada cresta supraoccipital. Todas estas especies presentan solo una línea de odontoides en las placas de todo el cuerpo (Armbruster, 2004).

Froese y Pauly (2015), reportan las tallas máximas, para las distintas especies del género *Pterygoplichthys*, para *P. pardalis* es de 420.3 mm LT, para *P. disjunctivus* 700 mm LT, para *P. multiradiatus* 500 mm LT y *Pterygoplichthys gibbiceps* se reporta un tamaño máximo de 500 mm LT. Las tallas comunes van desde los 300 a 500 mm LT (Nico *et al.*, 2009).

Años después de los reportes de ocurrencia o nuevos registros, se inició la estimación de parámetros encaminados a estudios biológicos clave del *Pterygoplichthys*. En la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, Hernández (2008), determinó para *P. pardalis* un tipo de crecimiento somático alométrico negativo, $b = 2.8$ para sexos combinados; 2.9 para hembras y 2.8 para machos. En el mismo sentido, en el sistema fluvio-lagunar deltaico: El Carrizal y Puerto Arturo, Campeche, también se determinó un tipo de crecimiento somático negativo ($b = 2.2$; $r^2 = 0.80$) para ambos sexos, con organismos de talla entre 182 a 440 mm de LT y peso entre 47.8 a 488 gramos (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2009). Wakida-Kusunoki y Amador-del Ángel (2011) reportaron igualmente que los organismos capturados en el río Palizada, Campeche, poseen un tipo de crecimiento somático alométrico negativo, $b=2.78$ y $a=0.0003$ para sexos combinados, $b = 2.8392$ para hembras y 2.7209 en machos, el intervalo de tallas entre 222 y 422.5 mm de LT y de peso entre 72.8 a 385.4 gramos.

En los humedales de las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche, *P. pardalis* mostró un tipo de crecimiento somático alométrico positivo de 3.1, de tallas entre 140 a 355 mm de LT (Ayala-Pérez *et al.*, 2014). Igualmente Cruz-León *et al.* (2014), reportan que el género *Pterygoplichthys* en la cuenca del Chacalapa, en el sur de Veracruz, presentan un tipo de crecimiento somático alométrico positivo para las hembras ($d = 3.4$) y alométrico negativo para machos ($b = 2.7$), con intervalo de tallas de 205 a 420 mm de LT. Wathsala y Upali (2013) determinaron un tipo de crecimiento somático de 3.0 para el *P. pardalis*, situados en la reserva de Polgolla, Sri Lanka, y una L_{50} entre las tallas de 170.8 a 230 mm de longitud total.

La época de reproducción de *P. pardalis* ha sido estudiada en dos áreas de Campeche, el río Palizada, donde se determinó el máximo valor de índice gonadosomático (IGS) en julio y mínimos de octubre a febrero, así mismo la talla de primera madurez alrededor de los 306.8 mm LT (Wakida-Kusunoki & Amador-del Ángel, 2011). Por su parte en el sistema fluvio-lagunar

deltaico El Carrizal y Puerto Arturo, el pico reproductivo fue en julio, la talla de primera madurez fue de 300 mm LT (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2009).

En la Laguna la Ilusión, Tabasco, Hernández (2008), la época reproductiva para el *P. pardalis*, inicia en mayo, con un pico máximo en septiembre. La talla de primera madurez para las hembras fue de 172 mm de longitud patrón (LP). En el río Chacalapa, Veracruz, la época reproductiva del género *Pterygoplichthys* ocurre de marzo a julio, mayo como el mes de reproducción principal, ya que la totalidad de las hembras presentaron madurez avanzada. La talla de primera madurez sexual fue de 271.54 mm de LT (Cruz-León *et al.*, 2014). Finalmente, se estimó en 230 mm LT la talla de primera madurez de hembras de *Pterygoplichthys* capturadas en la laguna de Chiricahueto, Sinaloa (Amezcuca, 2014).

El asentamiento invasivo del *Pterygoplichthys*, trae consigo oportunidades de investigación para enriquecimiento del conocimiento acerca de su biología, de sus interacciones, para planear su manejo y diversificar sus usos. Según Nico *et al.* (2009b), la interacción directa entre el *Pterygoplichthys* con los manatíes en el río St. Johns, Florida, podría considerarse como favorable como control biológico para la remoción de algas y parásitos que habitan sobre la piel de los manatíes o por el contrario de forma negativa, si estos representan un peligro para los manatíes al quedar con la piel expuesta directamente a los rayos solares. En reportes más recientes, Rodríguez-Santiago *et al.* (2015), reportan que el 66.3 % de los *P. pardalis* y 94 % de los *P. disjunctivus* capturados en el río Palizada, Campeche, son hospederos del parásito *Heteropriapulus heterotylus* en los arcos branquiales, y concluyen que antes de fomentar el consumo de estos peces, deben de considerarse estudios parasitológicos.

Otros de los reportes de interacción de la especie invasora con fauna nativa, son por un lado, el registro de depredación contra el *Pterygoplichthys* en la ribera del río Grijalva, Villahermosa, Tabasco por parte del “cormorán olivácea” (Ríos-Muñoz, 2015); y por otro lado, la depredación documentada en el río Espejo, Quindío, Colombia, por parte de la nutria neotropical, cuya dieta está constituida en un 73.15 % del género *Hypostomus* (Pinillos, 2009).

A pesar que en diversos estados del sureste de México, se ha generado gran cantidad de información detallada, con datos esenciales acerca de algunos aspectos biológicos clave de la

especie invasora del género *Pterygoplichthys*, a la fecha, no se cuenta con investigaciones en los humedales del centro del estado de Veracruz. Por lo tanto, este estudio contribuye con aspectos biológicas dentro del marco de la evaluación de riesgos de especies invasoras, para el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla.

3. HIPÓTESIS

Si el pez invasor del género *Pterygoplichthys* se ha asentado en los humedales de la zona metropolitana Veracruz-Boca del Río-Medellín, entonces se esperan capturas frecuentes y la ocurrencia de más de una especie del género *Pterygoplichthys* en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, cuyas poblaciones serán activa- y exitosamente reproductivas y con estructura poblacional completa.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar la identidad taxonómica, la ocurrencia y los aspectos biológicos clave del pez invasor del género *Pterygoplichthys* asentados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, a fin de contribuir con afirmaciones biológicas encaminadas a mitigar el nivel de riesgo de invasión del *Pterygoplichthys*.

4.2. Objetivos particulares

1. Determinar la identidad taxonómica de las especies del género *Pterygoplichthys* que ocurren en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y de la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla.
2. Determinar la distribución y proporción relativa del pez invasor del género *Pterygoplichthys* vs especies presentes en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y de la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla.
3. Determinar la estructura poblacional de las especies del género *Pterygoplichthys*.
4. Determinar la dinámica reproductiva y la talla de primera madurez sexual del *Pterygoplichthys* que ocurre en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y de la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Recolección de datos sobre reservorio

5.1.1. Área de estudio

El presente trabajo se efectuó en la Zona Metropolitana Veracruz-Boca del Río-Medellín, que es el área urbana más grande e importante del estado de Veracruz, la cual incluye cuatro municipios: Veracruz, Boca del Río, Medellín de Bravo y la zona conocida como la Riviera Veracruzana que pertenece al municipio de Alvarado. Su población, en conjunto, rebasa los 801,000 habitantes (INEGI, 2011).

De esta zona se destacan dos áreas de importancia para este proyecto de investigación: el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV) y la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla (Fig. 1). El SLICV se localiza en el municipio de Veracruz, entre las coordenadas geográficas extremas: 19° 06' y 19° 16' latitud norte y entre 96° 06' y 96° 20' longitud oeste. Las lagunas se encuentran en la periferia de la ciudad de Veracruz, hacia el poniente de ésta (Sarabia, 2004).

De acuerdo al valor único de la vegetación, las lagunas del SLICV se agrupan de la siguiente manera: a) El primer grupo está formado por las lagunas de Tarimoya, Las Conchas, Los Laureles y Malibrán. Corresponde a un humedal con vegetación enraizada emergente y vegetación acuática sumergida; se caracteriza por presentar un conjunto de especies particulares a estas lagunas como son *Nymphoides indica*, *Nymphaea ampla*, *Salvinia spp.*, *Ceratophyllum sp.*, entre otras especies sumergidas, todas ellas especies acuáticas, típicas de cuerpos de agua someras, quietas, transparentes, en buen estado (Sarabia, 2004).

b) El segundo grupo está formado por las lagunas Dos Caminos, El Encanto, Olmeca, Coyol y Laguna "D", caracterizados por vegetación emergente. Este grupo se caracteriza por presentar especies como *Typha latifolia*, *Phragmites communis*, *Paspalum spp.*, *Thalia geniculata*, *Pluchea odorata*, las dos primeras especies toleran mayores profundidades, mientras que las últimas se encuentran a orillas del cuerpo de agua (Sarabia, 2004).

c) Finalmente el tercer grupo está formado por las lagunas La Colorada, Caracol, Ensueño e Ilusión, en estas lagunas los valores de importancia relativa más altos fueron las especies flotantes *Pistia stratiotes* (lechuga de agua) y *Eichhornia crassipes* (lirio acuático), las cuales toleran altas concentraciones de nutrientes, donde la profundidad no representa una limitante y pueden llegar a constituirse como una plaga (Sarabia, 2004).

La cuenca del Jamapa-Cotaxtla se ubica entre las coordenadas 18° 45' y 19° 14' latitud norte y entre 95° 56' y 97° 17' longitud oeste, en la parte central del estado; tiene una superficie de 3 912 km², pertenece a la categoría de cuenca grande de tipo exorreica. Esta cuenca está conformada por dos ríos principales: el Cotaxtla que nace en la zona limítrofe de los estados de Puebla y Veracruz a 5 700 msnm con el nombre de Río Barranca de Chocamán, y el Jamapa que nace en los límites del estado de Puebla y Veracruz a 4 700 msnm con el nombre de Río Barranca de Coscomatepec, a estos ríos principales se le incluyen tributarios (ríos y arroyos) a lo largo de su recorrido hasta la unión y desembocadura en el Golfo de México (Reyes & Ubaldo 2009).

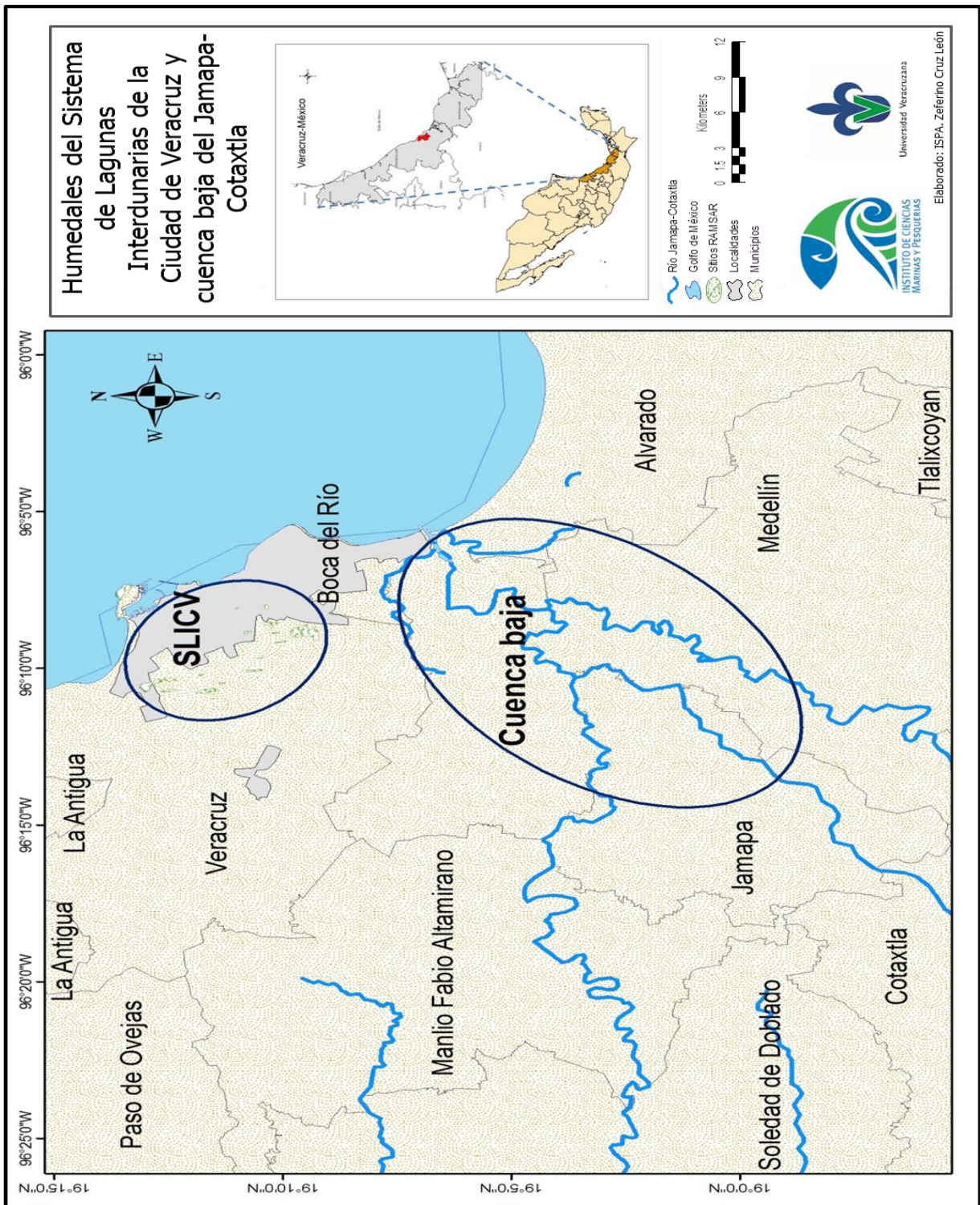


Figura 1. Localización del Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla.

Los nombres de los sitios de muestreo del SLICV se determinaron por medio de la búsqueda de la nomenclatura utilizada por diversas dependencias y ficha informativa de las lagunas. Los nombres de los sitios de muestreo en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, fueron definidos por la ubicación de localidades aledañas al río (Tabla 1-2).

Tabla 1. Puntos de muestreo y nomenclatura utilizada en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV), según dependencias o ficha informativa.

Puntos de muestreo	Diferentes nomenclaturas para SLICV			
	Sitio Ramsar 1450	SAS/Mpio. de Veracruz	Obras Públicas	INEGI
Lagartos	Lagartos	Lagartos	De Lagartos	De Lagartos
Del Carmen	Del Carmen	Carmen		
Tarimoya	Tarimoya	Tarimoya	Tarimoya	
Las Conchas	Las Conchas	Las Conchas		
Laureles	Laureles	Los Laureles		
La Colorada	La Colorada	La Colorada		
Dos Caminos	Dos Caminos	Dos Caminos/Rosario	Dos caminos	
Unidad Habitacional de Marina	Unidad Habitacional de Marina	De la Marina		
El Encanto	El Encanto	Encanto	El Encanto	El Coyol
Ilusión	Ensueño Ilusión	Ilusión Norte Ilusión Sur	Ilusión Norte Ilusión Sur	Del Ensueño
Viveros	Viveros o Parque de Quevedo			
D	D	Laguna D	Encierro II	
Encierro	Del Encierro	Coyol Encierro	Encierro I	Lago Francisco Villa
Caracol	Caracol	Caracol	Caracol	Lago Díaz Ordaz
Coyol	Coyol	Del Coyol Grande	Coyol	Lago López Portillo
Malibrán	Malibrán	De Malibrán		Malibrán
Olmeca	Olmeca	Olmeca	Olmeca	Real
Oxidación		Oxidación		
Las Bajadas			Las Bajadas	

La mayor parte de las lagunas del SLICV se encuentran unidas por canales de demasía, estas interconexiones conforman dos grupos de lagunas: a) zona norte: las lagunas Tarimoya y Del

Carmen se unen a la laguna Lagartos, esta última es controlada por medio de válvulas que permiten la salida del agua hacia un canal con desembocadura en el mar, b) zona sur: la laguna Ilusión (se divide en dos por una calle que se construyó con material de relleno, no obstante es una sola, ya que continúan unidas por dos tubos por debajo de la calle) se une a la laguna El Encierro, y recibe las descargas de agua de las lagunas El Coyol y Caracol, posteriormente realiza las descargas hacia la laguna Olmecca; a los costados de esta existen dos canales de agua a cielo abierto (La Zamorana y Las Bajadas), los cuales desembocan en Arroyo Moreno (Fig. 2).

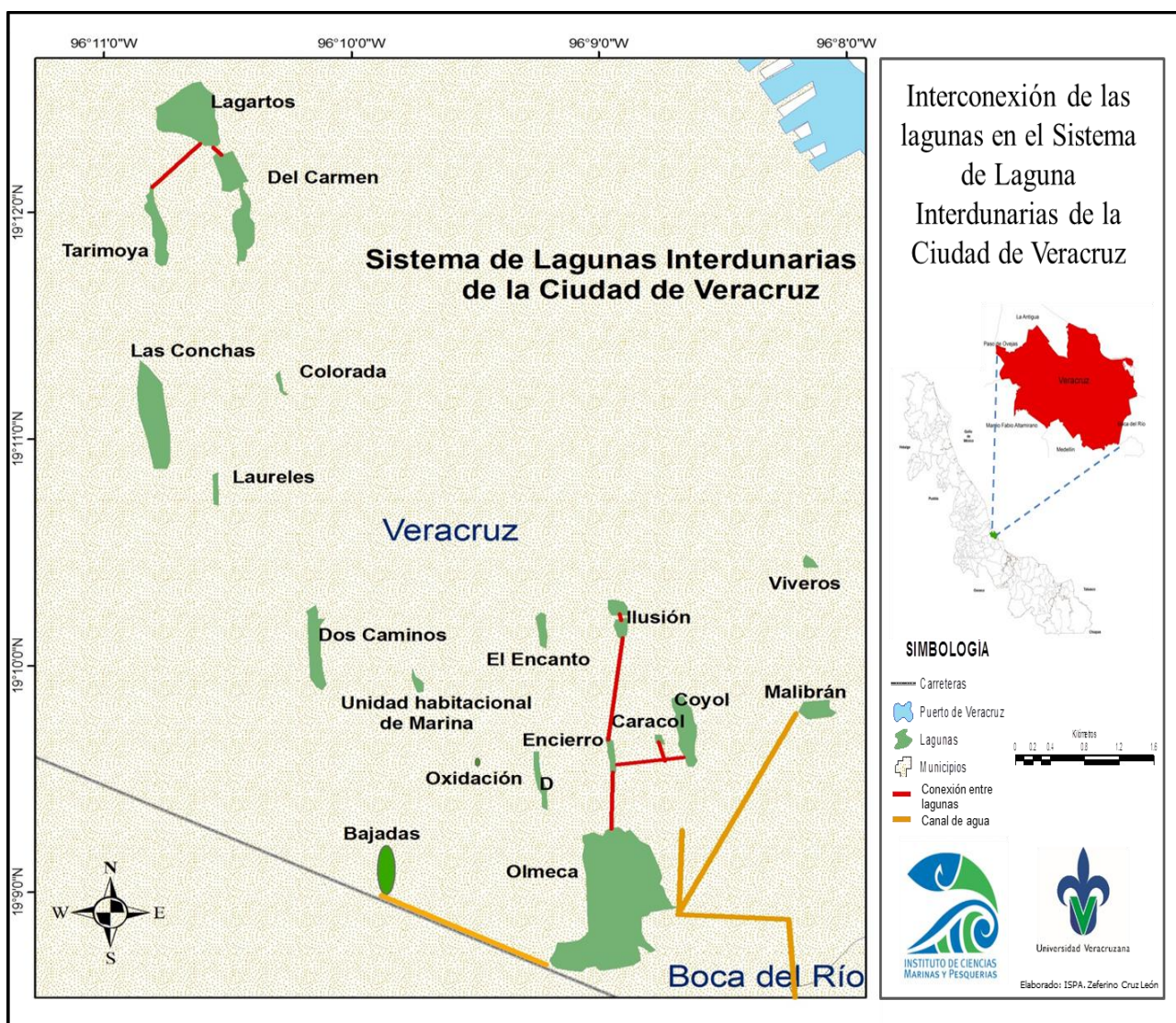


Figura 2. Interconexión de las lagunas en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz.

Tabla 2. Ubicación y nomenclatura utilizada para los puntos de muestreos ubicados sobre la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla.

Nombres de puntos de muestreos	Cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla	
	Río Jamapa	Río Cotaxtla
Boca del Río	*	*
Playa de Vaca	*	*
Tejar	*	
Medellín	*	
Ixcoalco	*	
Jamapa	*	
Soledad de Doblado	*	
Catalán		*
Capilla		*

5.1.2. Estrategia de muestreo

Para definir los puntos de muestreos se realizó un recorrido prospectivo sobre la parte baja de la cuenca del río Jamapa-Cotaxtla y los humedales del SLICV. Se localizaron las comunidades de pescadores adjuntas a humedales referidos, con el objetivo de entrevistar a los pescadores, utilizando preguntas clave (si habían observado o capturado al pez invasor) y la ayuda de material visual (fotos del *Pterygoplichthys*) para garantizar la identificación plena del género y con ello evitar confusión con otro organismo. Se establecieron acuerdos informales de cooperación para los muestreos futuros. En los sitios visitados se realizó una descripción de los humedales, mediante la aplicación de un instrumento metodológico estándar cualitativo (Anexo II).

5.1.3. Obtención de organismos

Se capturaron organismos del género *Pterygoplichthys* en los humedales del área de estudio bajo un modelo aleatorizado, en muestreos mensuales de julio de 2014 a julio de 2015 en las lagunas Lagartos, El Encanto, Ilusión y Olmeca. Para las colectas se utilizó una red atarraya de cuatro metros de diámetro de monofilamento de nylon de apertura de dos pulgadas y contorno de plomo.

Los lances fueron realizados sobre los taludes laterales de los cuerpos de agua, los organismos colectados se depositaron en bolsas de polietileno, etiquetadas por localidad y por punto de muestreo, fueron transportados en contenedores de plástico y almacenados en un congelador para su posterior análisis.

5.1.4. Identificación taxonómica

La totalidad de los organismos fueron identificados a nivel de especie mediante características morfométricas y merísticas de acuerdo con Weber (1992) y Armbruster y Page (2006). Los datos se registraron en un formato preparado para tal efecto.

5.1.5. Aspectos biológicos

Para determinar la estructura de tallas, relación talla-peso, talla de primera madurez, índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS) y el factor de condición de Fulton (K) del *Pterygoplichthys* se tomaron los siguientes datos individualmente:

- Número de especímenes por localidad.
- Longitud total (Lt), longitud furcal (Lf) y longitud patrón (Lp).
- Peso total (Pt) y peso eviscerado (Pe) en gramos.
- Sexo y estadio de madurez gonadal.
- Peso gónada (Pg) y peso hígado (Ph) en gramos.

5.1.5.1. Estructura de tallas

Los datos de talla se agruparon en clases de 30 mm LT de ancho, por especies y sexo.

5.1.5.2. Relación talla-peso

Se estimaron los parámetros de la relación talla-peso por sexo, mediante el ajuste de los datos observados al modelo potencial propuesto por Ricker (1975):

$$P=aL^b$$

Donde P es el peso total en gramos, Lt es la longitud total en centímetros, “a” el factor de condición y “b” el coeficiente de alometría (linearizando la ecuación y resolviendo por mínimos cuadrados).

5.1.5.3. Talla de primera madurez sexual

Para establecer los estadios de madurez sexual, se observaron macroscópicamente las gónadas de los organismos capturados, de acuerdo a la clave de madurez gonadal (Tabla 3) modificada de Nikolski (1963).

Tabla 3. Diferentes estadios de madurez sexual (♀ y ♂) observados macroscópicamente a las gónadas de los organismos capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante julio de 2014 a julio 2015, de acuerdo a las claves de madurez gonadal (Nikolski, 1963).

Estadio	♀	♂
1 – Juvenil	Ovario de reducido tamaño y translúcido	Testículos filiformes
2 – Maduración*	Ovarios amarillos con ovocitos vitelados	Testículos blanquecinos sin esperma
3 - Maduración total*	Ovarios con ovocitos vitelados hidratados (translúcidos)	Testículos blancos con abundante esperma
4 - Post evacuado*	Ovarios amarillentos o rojizos con ovocitos residuales	Testículos amarillentos con esperma residual
5 - Reposo*	Ovarios grisáceos con la túnica albugínea engrosada	Testículo de poco volumen, amarillento sin esperma

* Individuos maduros sexualmente activos (considerados para determinar L₅₀).

Se determinó la talla de primera madurez L₅₀, (talla a la cual el 50 % de los organismos están sexualmente maduros) mediante el ajuste a la ecuación logística propuesta por Sparre & Venema (1997):

$$P = \frac{1}{1 + e^{(a-b*L)}}$$

Donde P es la proporción de organismos sexualmente maduros por cada marca de clase, L es la marca de clase del intervalo de longitud total (LT); a y b son las constantes de la ecuación del

modelo logístico linearizado. La talla de primera madurez se obtuvo de la siguiente expresión:
 $L_{50} = a/b$.

5.1.6. Índices fisiológicos

Se determinó el índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS) y factor de condición mediante el índice de Fulton (K), a partir de la relación del peso de la gónada, del hígado, longitud total y peso total individuales, siguiendo los procedimientos propuesto por Ricker (1975); Introzzi y De Introzzi (1986):

$$\text{IGS} = \frac{\text{Peso de la gónada}}{\text{Peso total} - \text{Peso de la gónada}} * 100$$

$$\text{IHS} = \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{Peso total} - \text{Peso del hígado}} * 100$$

$$\text{K} = \frac{\text{Peso total}}{\text{Longitud total}} * 100$$

Donde el peso de la gónada, el peso del hígado y el peso total es en gramos y la longitud total en centímetros.

En resumen, la secuencia metodológica se puede simplificar en el Anexo III, bajo la estructura de un nuevo modelo de evaluación de riesgos de organismos.

6. RESULTADOS

6.1. Evaluación integrada de la ruta de distribución

En los puntos de muestreo del SLICV y de la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, en su mayoría los humedales presentaron diversos tipos de flora y fauna que puede ser depredadora del plecos, así como peces e insectos; también fue evidente la presencia de signos de contaminación por acciones antropogénicas (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Flora, fauna y signos de contaminación existente en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz.

Puntos de muestreo	Flora				Fauna					Signos de contaminación					
	Emergentes	Sumergidas	Marginales	Suspendida	Algas filamentosas	Peces	Tortugas	Cormorán	Lagartos	Nutrias	Insectos	Aguas residuales	Desechos sólidos	Aceite	Basura
Lagartos	*		*	*		*	*	*	*		*	*			*
Del Carmen	*									*	*				*
Tarimoya			*	*		*	*			*	*	*			
Las Conchas			*			*	*				*	*			*
Laureles	*		*			*	*								*
Dos Caminos	*		*		*	*	*			*	*	*	*	*	*
El Encanto			*			*	*			*		*			*
Ilusión		*		*	*	*	*			*	*	*	*		*
Encierro	*			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*
Caracol	*	*	*		*	*	*				*				
Coyol	*		*			*	*			*	*	*	*		*
Malibrán		*	*		*	*	*			*	*	*	*		*
Olmeca	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
Oxidación	*		*			*				*	*				
Las Bajadas	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*	*

Tabla 5. Flora, fauna y signos de contaminación existente en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla.

Puntos de muestreo	Flora					Fauna					Signos de contaminación				
	Emergentes	Sumergidas	Marginales	Suspendida	Algas filamentosas	Peces	Tortugas	Cormorán	Lagartos	Nutrias	Insectos	Aguas residuales	Desechos sólidos	Aceite	Basura
Capilla			*			*						*			*
Catalán			*			*						*			*
Soledad de Doblado			*			*						*			*
Jamapa	*					*				*	*	*			*
Ixcoalco	*		*	*		*			*	*	*				*
Medellín			*			*				*					*
Tejar			*			*				*	*				
Playa de Vaca			*	*		*				*	*		*		*
Boca del Río			*	*		*	*			*	*	*	*	*	*

Las lagunas del SLICV que se muestrearon para el plecos (*Pterygoplichthys*) invasor, correspondieron al 25% de las lagunas del sistema, sin embargo estas lagunas representaron más del 50 % de espejo de agua (ha) del SLICV (Fig. 3). Se capturaron 2 561 individuos en el SLICV y 1 individuo en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla. En la tabla 6, se muestra la contribución relativa al total de la captura, por género: *Pterygoplichthys* (44.73 %), *Oreochromis* (55.11 %), *Trachemys* (0.12 %) y *Crocodylus* (0.04 %).

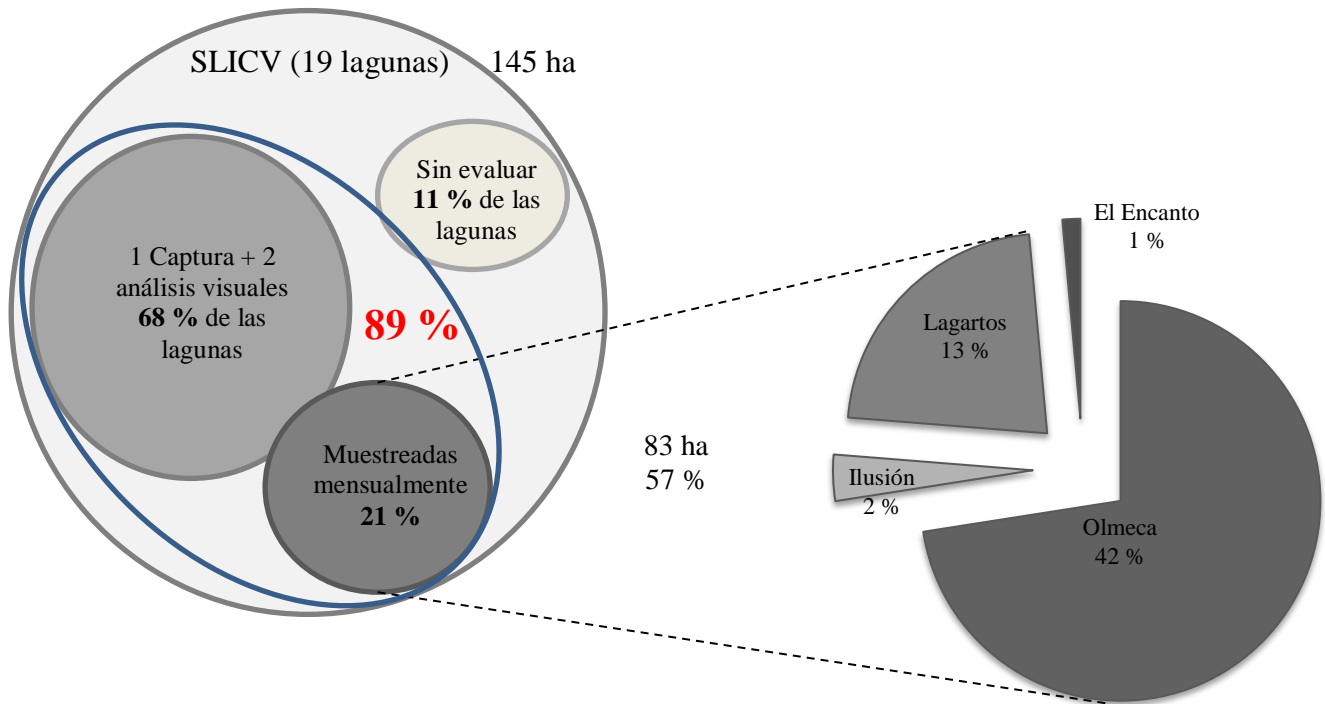


Figura 3. Proporción de lagunas muestreadas y contribución porcentual de la captura total en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz.

Tabla 6. Porcentaje y total de individuos capturados mensualmente en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante los meses de julio de 2014 a julio 2015.

Meses de captura	<i>Pterygoplichthys</i>	<i>Oreochromis</i>	<i>Trachemys</i>	<i>Crocodylus</i>	Total de organismos capturados
Julio-14	8	31	-	-	39
Agosto	60	155	-	1	216
Septiembre	116	106	1	-	223
Octubre	174	68	-	-	242
Noviembre	71	20	-	-	91
Diciembre	57	108	1	-	166
Enero	45	68	-	-	113
Febrero	76	265	-	-	341
Marzo	60	111	-	-	171
Abril	121	112	-	-	233
Mayo	128	196	-	-	324
Junio	163	156	1	-	320
Julio-15	67	16	-	-	83
Totales	1146	1412	3	1	2562
%	44.73	55.11	0.12	0.04	

6.2. Establecimiento de una lista de organismos exóticos (no autóctonos) de preocupación

6.2.1. Identidad taxonómica

De los 1 146 pecos colectados, se identificaron cuatro especies del género *Pterygoplichthys*: *P. pardalis*, *P. disjunctivus*, *P. multiradiatus* y *P. gibbiceps*. Diez organismos fueron desechados por presentar un avanzado estado de descomposición; 958 individuos fueron *P. pardalis* (124-538 mm LT y 16-1 660 g PT); 99 *P. disjunctivus* (152-503 mm LT y 20-1 080 g PT); 78 fueron *P. multiradiatus* (106-380 mm LT y 10-400 g PT), finalmente un único espécimen de *P. gibbiceps* de 530 mm LT y un peso total de 1 320 g (Tabla 7).

Tabla 7. Tallas y pesos mínimos y máximos por sexos de las especies de *Pterygoplichthys* capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, de julio de 2014 a julio 2015.

ESPECIES	Tallas (mm)/Pesos (g) mínimos		Tallas (mm)/Pesos (g) máximos	
	♀	♂	♀	♂
<i>P. pardalis</i>	173/60	124/16	471/920	538/1660
<i>P. disjunctivus</i>	222/80	152/20	499/820	503/1080
<i>P. multiradiatus</i> *	185/60	106/10	367/380	380/400
<i>P. gibbiceps</i>				530/1320

* Única especie captura en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla (Ixhualco).

En las tablas 8 y 9 se presentan los caracteres merísticos y morfométricos que permiten la determinación de las especies de pecos, junto con los patrones de coloración corporal; en la parte ventral de los *P. pardalis*, se observaron diversas formas de manchas o puntos negros de tamaño variable que no formaban vermiculaciones; en la parte ventral de *P. disjunctivus* fue característico encontrar vermiculaciones oscuras; en contraste *P. multiradiatus*, solo presentó puntos negros sin coalescencia, mientras tanto el *P. gibbiceps* cuenta con las características corporales anteriores, con la única diferencia de una elevada cresta supraoccipital (Fig. 4). Las placas que cubren el cuerpo de las especies del *Pterygoplichthys*, se encontraron cubiertas por una línea de odontoides.

Tabla 8. Caracteres merísticos de las especies de *Pterygoplichthys* capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante julio de 2014 a julio 2015. Con base en: Weber, 1992 y Armbruster y Page, 2006.

Caracteres merísticos	# de placas y radios	<i>P. pardalis</i> (%) n = 958	<i>P. disjunctivus</i> (%) n = 99	<i>P. multiradiatus</i> (%) n = 78	<i>P. gibbiceps</i> (%) n = 1
Radios aleta dorsal*	10	0.2	1.1	1.4	0.0
	11	26.6	33.0	25.7	0.0
	12	71.3	65.9	73.0	100.0
	13	1.9	0.0	0.0	0.0
Radios aleta anal	2	0.3	0.0	0.0	0.0
	3	7.3	9.1	2.6	0.0
	4	92.3	90.9	97.4	100.0
	5	0.1	0.0	0.0	0.0
Radios aleta caudal	10	0.1	0.0	0.0	0.0
	11	0.0	1.1	0.0	0.0
	12	0.2	0.0	0.0	0.0
	13	0.8	1.1	0.0	0.0
	14	2.4	1.1	0.0	0.0
	15	96.0	95.5	98.7	100.0
Radios aleta pectoral	4	0.1	0.0	0.0	0.0
	5	0.4	4.5	1.3	0.0
	6	96.5	95.5	98.7	100.0
Radios aleta pélvica	3	0.0	1.1	0.0	0.0
	4	0.1	0.0	0.0	0.0
	5	99.9	98.9	100.0	100.0
Placas en la región dorsal	3	100.0	100.0	100.0	100.0
Placas membrana interradial dorsal	12	7.9	0.0	5.1	0.0
	13	88.7	14.8	92.3	100.0
	14	3.2	79.5	2.6	0.0
	15	0.2	5.7	0.0	0.0
Placas membrana interradial anal	2	99.4	98.9	98.7	100.0
	3	0.6	1.1	1.3	0.0
Placas membrana interradial pectoral	1	100.0	100.0	100.0	100.0
Placas membrana interradial pélvica	1	0.1	0.0	0.0	0.0
	2	98.5	100.0	97.4	0.0
	3	1.4	0.0	2.6	100.0

Caracteres merísticos	# de placas y radios	<i>P. pardalis</i> (%) n = 958	<i>P. disjunctivus</i> (%) n = 99	<i>P. multiradiatus</i> (%) n = 78	<i>P. gibbiceps</i> (%) n = 1
Placas aleta pectoral retraída	6	0.3	1.1	0.0	0.0
	7	7.7	10.2	10.3	0.0
	8	45.4	45.5	52.6	100.0
	9	36.8	35.2	33.3	0.0
	10	8.3	8.0	2.6	0.0
	11	1.1	0.0	1.3	0.0
	12	0.3	0.0	0.0	0.0
	14	0.1	0.0	0.0	0.0
Placas aleta pélvica retraída	6	0.2	0.0	1.3	0.0
	7	3.4	8.0	3.8	0.0
	8	26.1	29.5	11.5	100.0
	9	36.9	45.5	25.6	0.0
	10	24.9	11.4	42.3	0.0
	11	7.5	4.5	14.1	0.0
	12	1.1	1.1	1.3	0.0
Placas región postanal	15	0.1	0.0	0.0	0.0
	16	0.8	0.0	0.0	0.0
	17	9.5	5.7	11.5	0.0
	18	60.0	55.7	50.0	100.0
	19	27.5	35.2	34.6	0.0
	20	2.0	3.4	3.8	0.0
	21	0.1	0.0	0.0	0.0
Placas entre la base de la aleta dorsal y la aleta adiposa	4	0.2	0.0	1.3	0.0
	5	6.8	8.0	9.0	0.0
	6	82.7	76.1	82.1	0.0
	7	9.9	15.9	7.7	100.0
	8	0.4	0.0	0.0	0.0
Placas en la línea lateral	27	1.0	3.3	0.0	0.0
	28	20.2	20.0	18.3	0.0
	29	63.0	60.0	60.0	0.0
	30	15.8	16.7	21.7	100.0

*Carácter principal para determinar que pertenece al género *Pterygoplichthys* y no al *Hypostomus*.

%; porcentaje de individuos que coincidieron con el atributo medido.

n: número de organismos.

Tabla 9. Caracteres morfométrico mínimos y máximos por especie, de los organismos capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante julio de 2014 a julio 2015.

Caracteres morfométricos	Tamaño mínimo y máximo en mm			
	<i>P. pardalis</i>	<i>P. disjunctivus</i>	<i>P. multiradiatus</i>	<i>P. gibbiceps</i>
Longitud total	124 - 538	152 - 503	106 - 380	530
Longitud estándar	91 - 430	107 - 416	73 - 280	429
Longitud predorsal	34 - 168	42 - 147	28 - 102	151
Longitud cefálica	25 - 114	24 - 104	20 - 70	104
Amplitud cleitral	9 - 87	10 - 70	16 - 55	79
Longitud abertura del hocico	7 - 52	8 - 48	8 - 37	47
Diámetro orbital	4 - 13	5 - 13	5 - 10	11
Amplitud interorbital	12 - 60	14 - 49	10 - 34	60
Longitud espina dorsal	25 - 107	28 - 94	20 - 69	88
Longitud base de la aleta dorsal	29 - 169	35 - 146	26 - 99	153
Longitud interdosal	17 - 122	28 - 111	15 - 75	109
Longitud tórax	66 - 335	83 - 340	55 - 218	330
Longitud espina pectoral	24 - 127	35 - 119	19 - 85	116
Longitud espina pélvica	19 - 90	28 - 89	16 - 63	78
Longitud postanal	33 - 195	40 - 180	29 - 117	185



Figura 4. Fotografías de los organismos capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz, durante julio 2014 a julio 2015. Vista ventral de *P. pardalis*: a, *P. disjunctivus*: b y *P. multiradiatus*: c; vista lateral de *P. gibbiceps*: d; diversos diseños de la aleta dorsal en *P. pardalis*, *disjunctivus* y *P. gibbiceps*: 1 y *P. multiradiatus*: 2.

6.3. Evaluación de riesgos de organismos

6.3.1. Distribución y ocurrencia

Se registró la ocurrencia de peces del género *Pterygoplichthys* en las lagunas Lagartos, Tarimoya, El Encanto, Ilusión, Caracol, Coyol, Olmecca, Malibrán y Oxidación. La contribución relativa mínima por muestreo del *Pterygoplichthys* respecto a *Oreochromis*, *Trachemys* y *Crocodylus* fue del 4 % y una máxima del 66 % (Fig. 5). En la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, ocurrió la captura de un único organismo de *Pterygoplichthys* en el punto de muestreo denominado como Ixcoalco, localizado sobre el río Jamapa (Fig. 6).

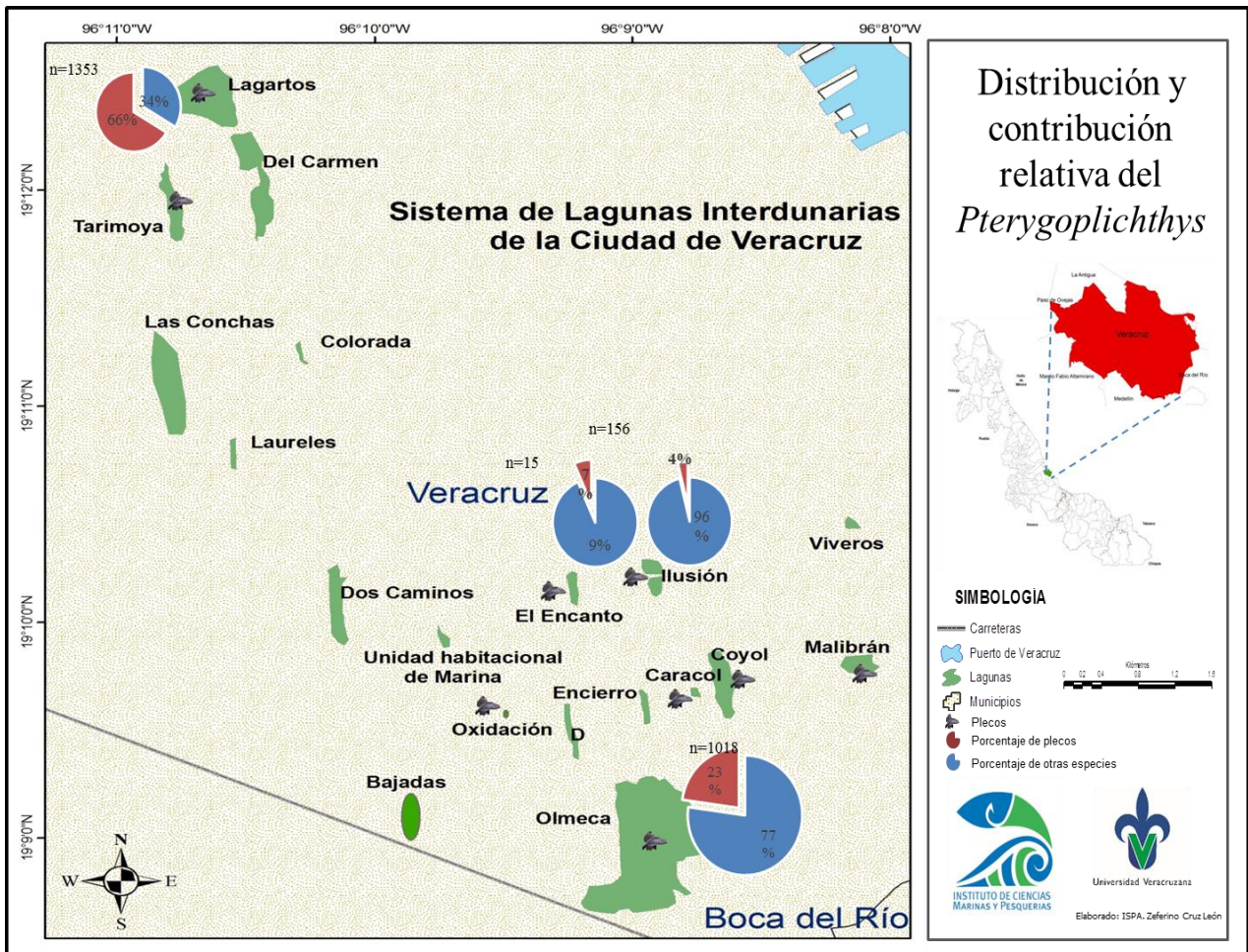


Figura 5. Distribución y contribución relativa del *Pterygoplichthys* en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz.

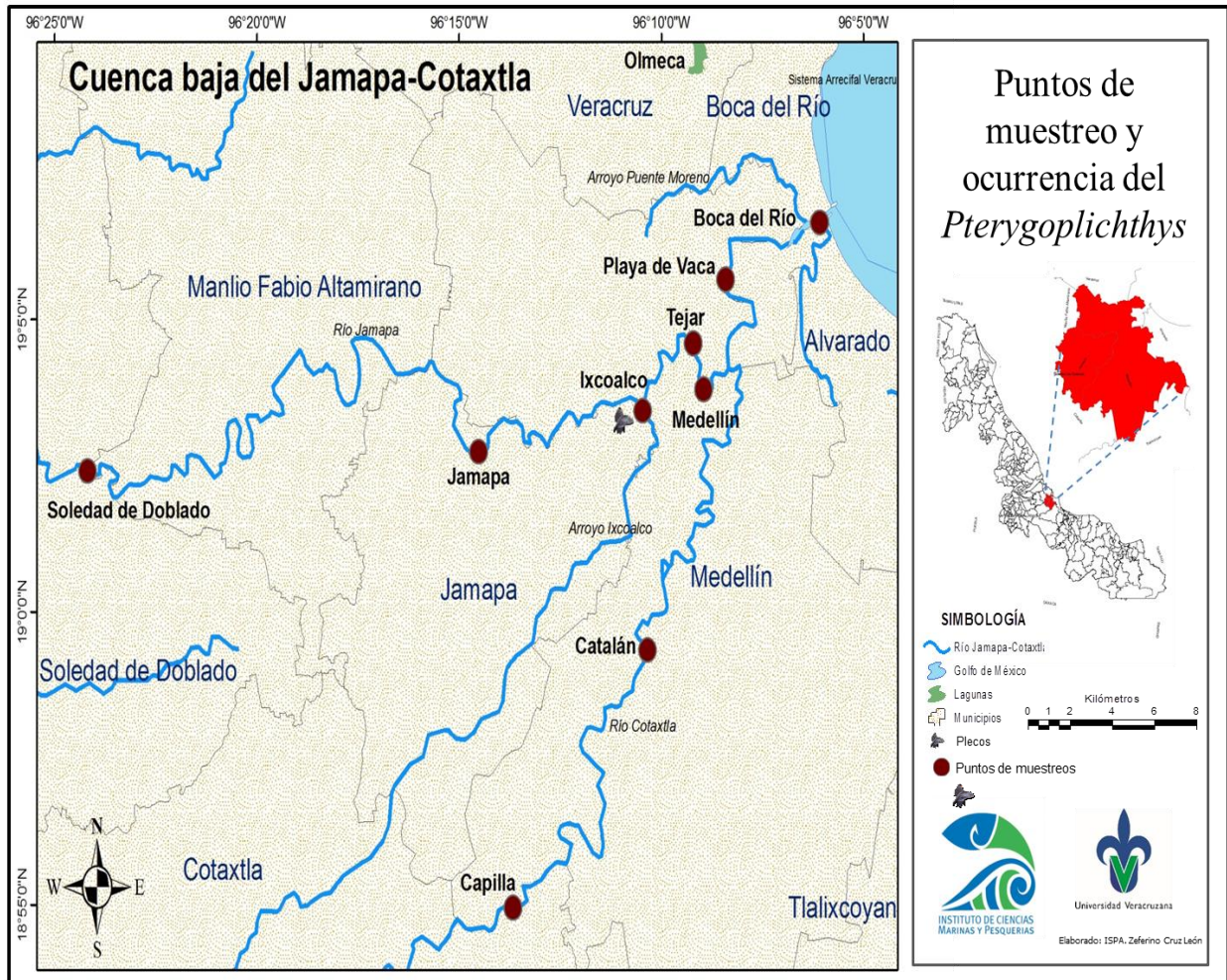


Figura 6. Puntos de muestreo y de ocurrencia del *Pterygoplichthys* en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla.

6.3.2. Proporción relativa

La captura de *Pterygoplichthys* ocurrió durante todo el periodo de muestreo en la laguna Lagartos, con un incremento a partir de marzo, llegando a un máximo en junio y decayendo en julio; en contraste en la laguna Olmeca, solo se observó un máximo de captura en el mes de septiembre, con ausencia total de captura en noviembre y enero. En la laguna Ilusión, la captura máxima se observó en el mes de diciembre y capturas menores, pero constante, en los meses de agosto, septiembre, febrero y junio. En tanto, en la laguna El Encanto la única captura fue en el mes de junio y en el punto de muestreo Ixcohalco de la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla en el mes de febrero (Fig. 7).

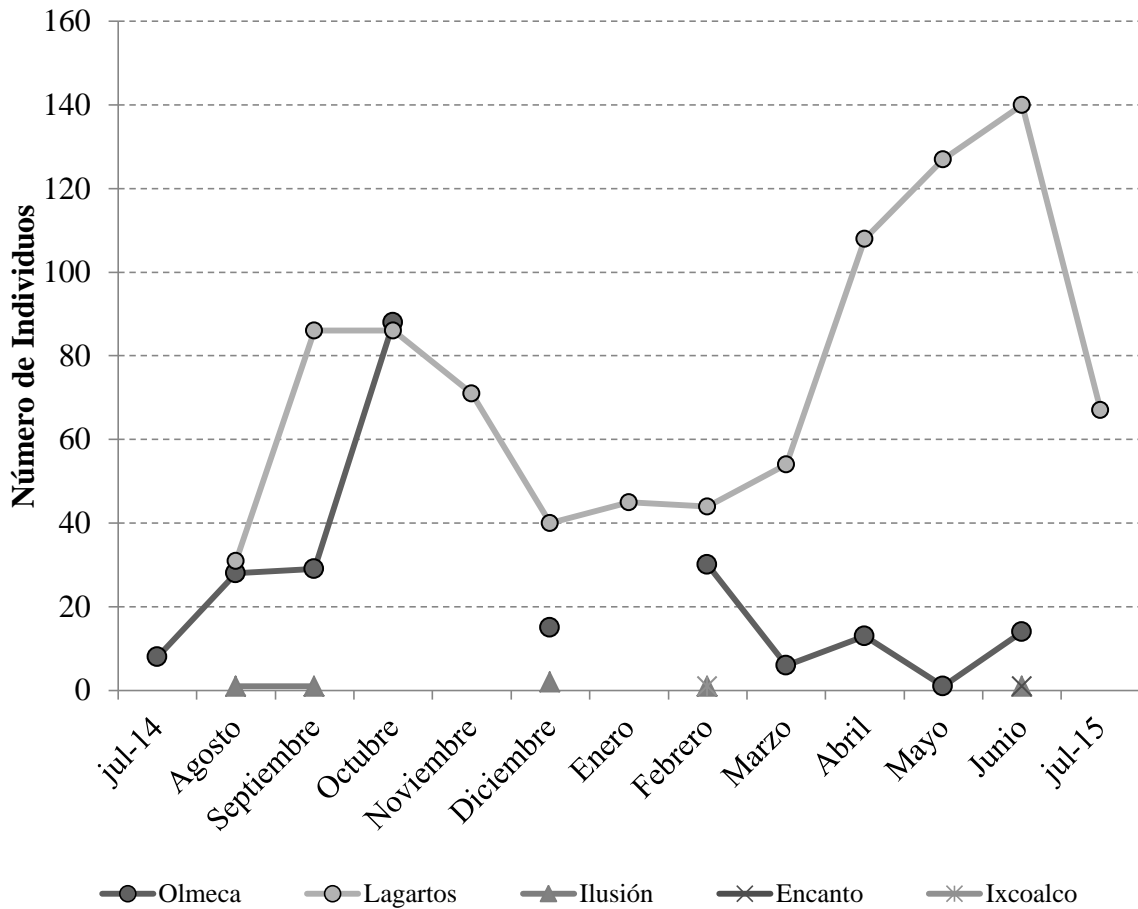


Figura 7. Variabilidad temporal de captura del *Pterygoplichthys* en los distintos puntos de muestreo ubicados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante julio de 2014 a julio 2015.

La contribución relativa porcentual del *Pterygoplichthys* vs la captura de otros peces, varió en el intervalo de 25 a 50 % en la mayoría de los sitios y de agosto a abril. Por otro lado, esta contribución superó el 75 % de la captura total en la laguna Lagartos, y en la laguna El Encanto e Ixcoalco el 100 % es representado por un solo organismo (Fig. 8).

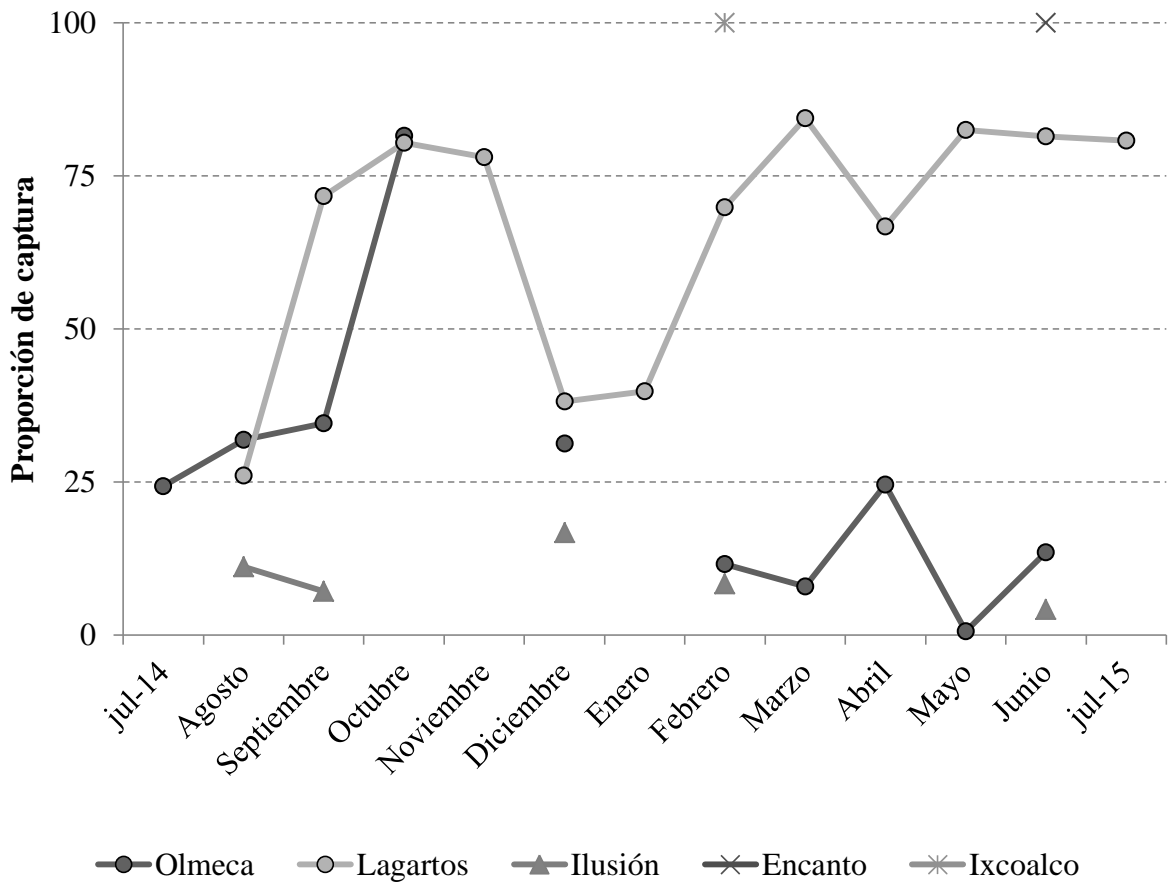


Figura 8. Contribución relativa porcentual del *Pterygoplichthys* en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante julio de 2014 a julio 2015.

6.3.3. Estructuras de tallas

La estructura de tallas de las especies del género *Pterygoplichthys* mostraron sesgos hacia diversos intervalos de talla: para *P. pardalis* el 50 % de los individuos capturados se encontraron en el rango de talla entre 280 y 340 mm LT en ambos sexos; para *P. disjunctivus* el 50 % de las hembras midieron entre 280 y 340 mm LT y los machos entre 280 y 370 mm LT (Fig. 9); para *P. multiradiatus* el 46% de las hembras midieron de 280 a 340 mm LT y el 43 % de los machos midió entre 250 a 310 mm LT (Fig. 10).

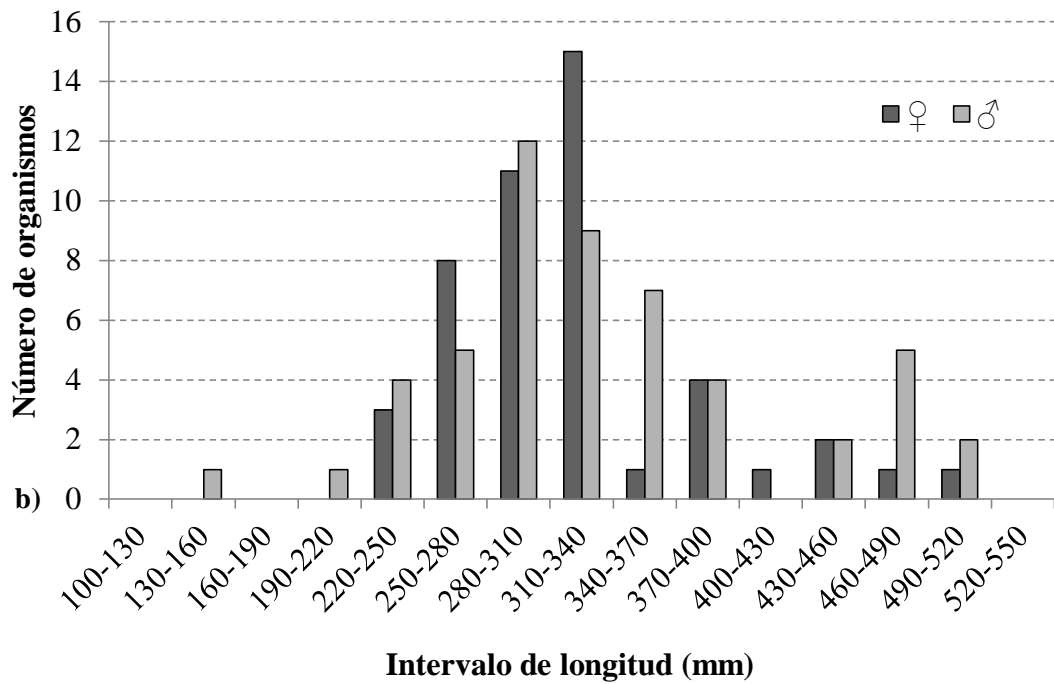
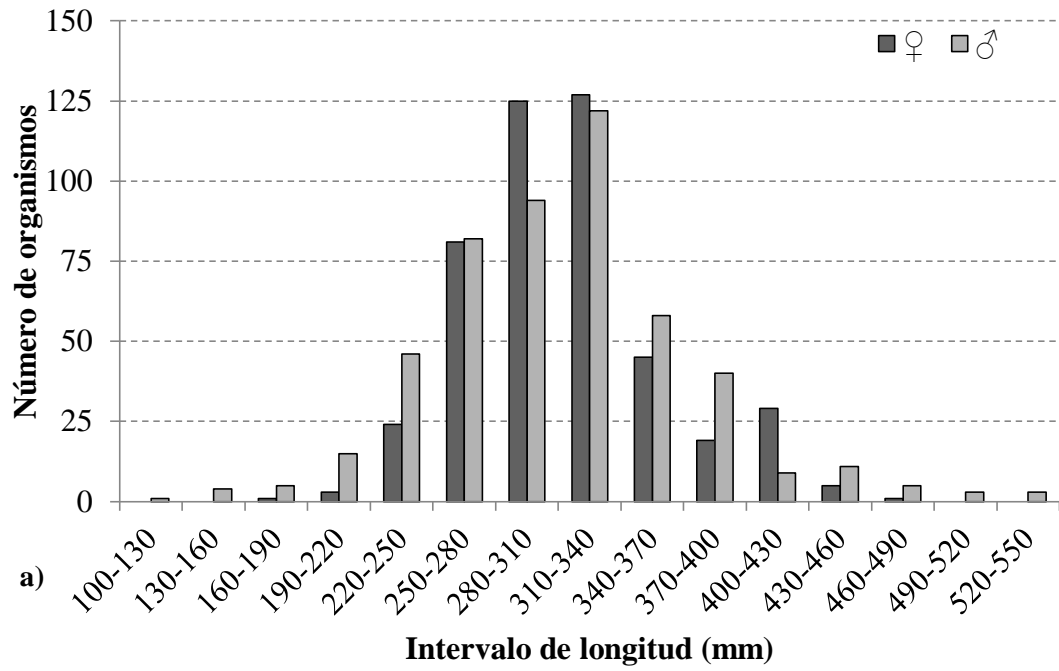


Figura 9. Estructura de tallas de: a) *P. pardalis* y b) *P. disjunctivus* capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz, durante julio de 2014 a julio 2015.

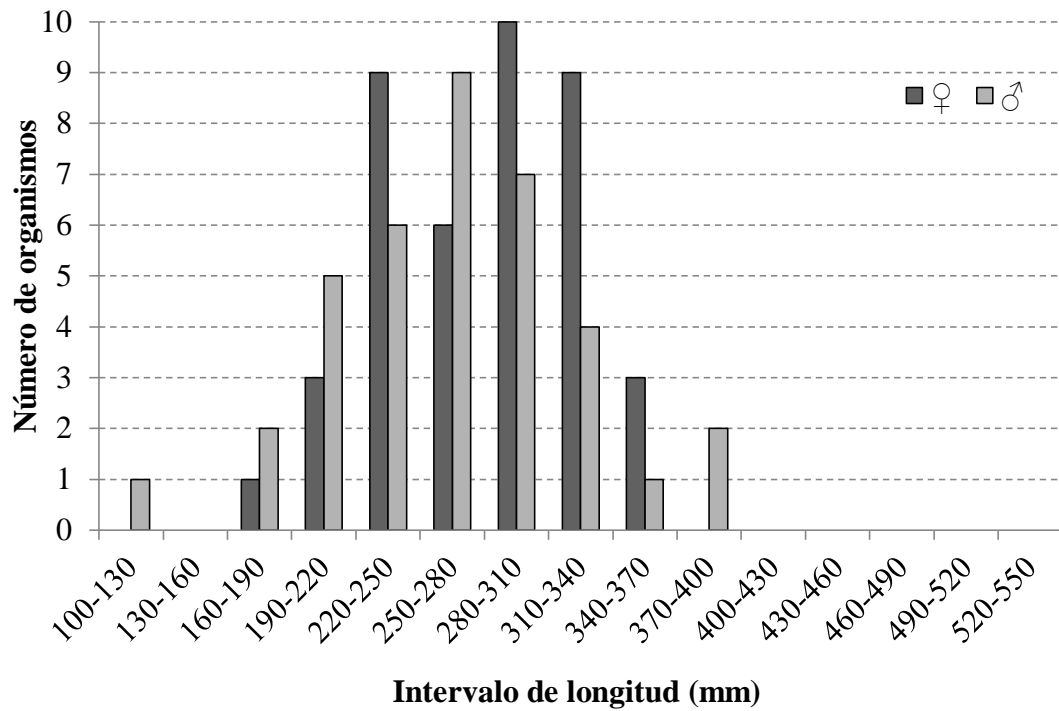


Figura 10. Estructura de tallas de: *P. multiradiatus*, capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante julio de 2014 a julio 2015.

6.3.4. Proporción de sexos

La relación macho-hembra para *P. pardalis*, *P. disjunctivus* y *P. multiradiatus* fue de 1:1. La evolución por talla de la proporción sexual siguió un mismo patrón para las tres especies, con dominio de machos a tallas menores a 250-300 mm LT, relación 1:1 hasta los 400 mm LT y a tallas mayores, nuevamente la proporción se sesga a favor de los machos (Fig. 11).

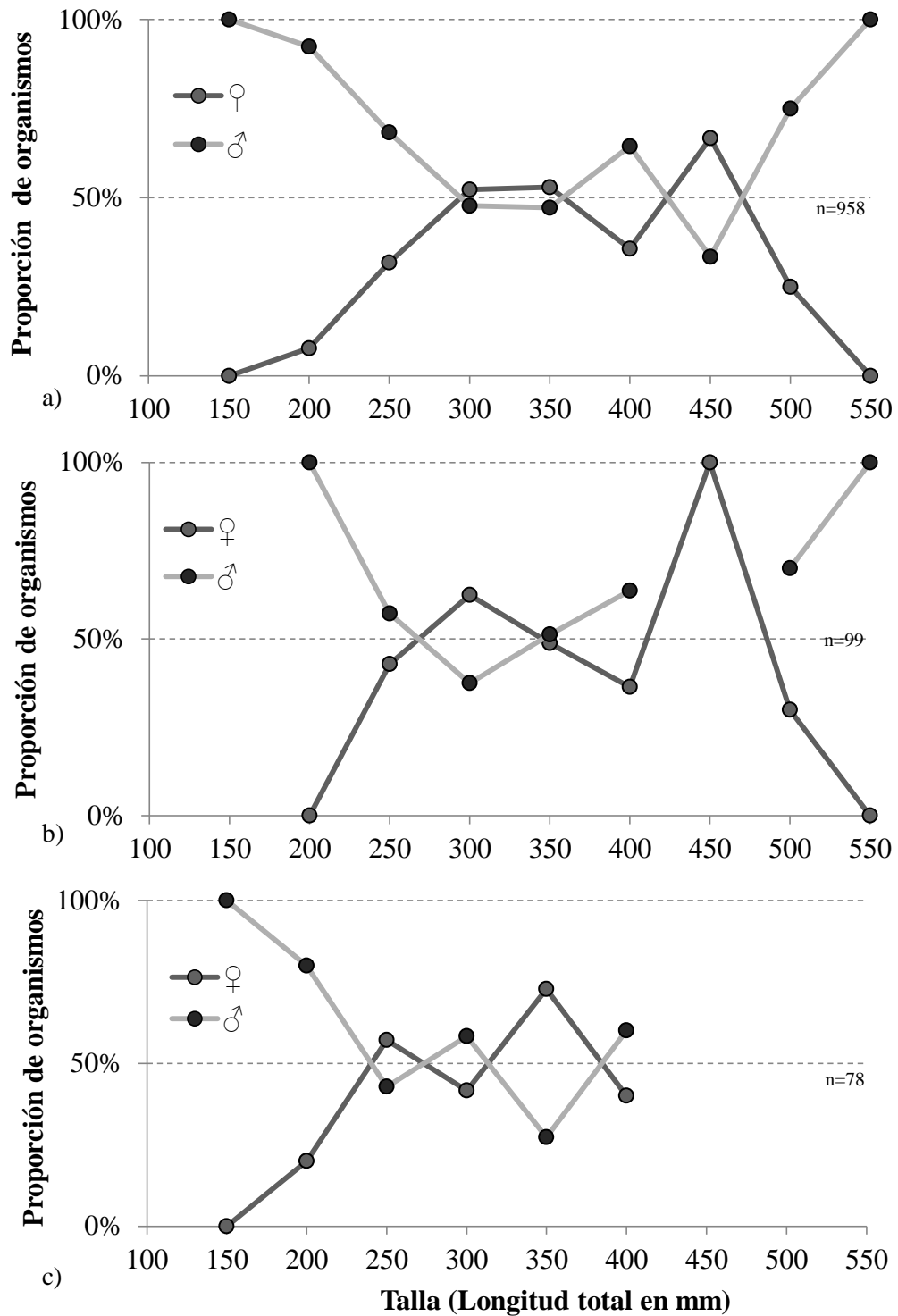


Figura 11. Proporción de sexos por clase de talla de: a) *P. pardalis*, b) *P. disjunctivus* y c) *P. multiradiatus*, capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante julio de 2014 a julio 2015.

6.3.5. Relación talla-peso

El coeficiente de regresión de alometría ($b = 3.1798$, $p < 0.05$) de *P. pardalis* fue significativamente mayor a 3 en las hembras, el cual indica que presenta un tipo de crecimiento somático alométrico positivo, para los machos fue de tipo isométrico ($b = 3.0779$, $p < 0.05$). Ambos sexos no resultaron con diferencia significativa (Fig. 12).

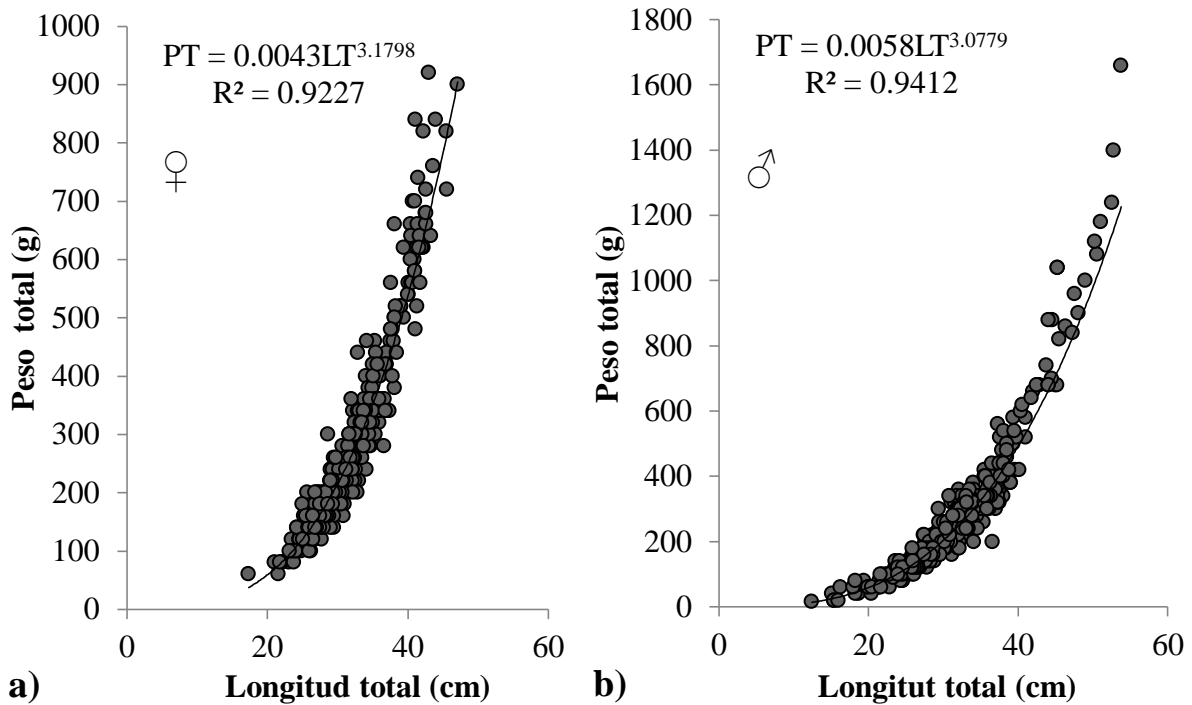


Figura 12. Relación talla-peso de la especie *P. pardalis*, capturada en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz, durante julio de 2014 a julio 2015.

Las hembras y los machos de *P. disjunctivus* presentaron un tipo de crecimiento somático isométrico ($b = 2.9511$; $b = 3.1417$, $p < 0.05$), en *P. multiradiatus* para las hembras y los machos ($b = 2.6806$; $b = 2.7944$, $p < 0.05$) presentaron un tipo de crecimiento somático alométrico negativo (Fig. 13).

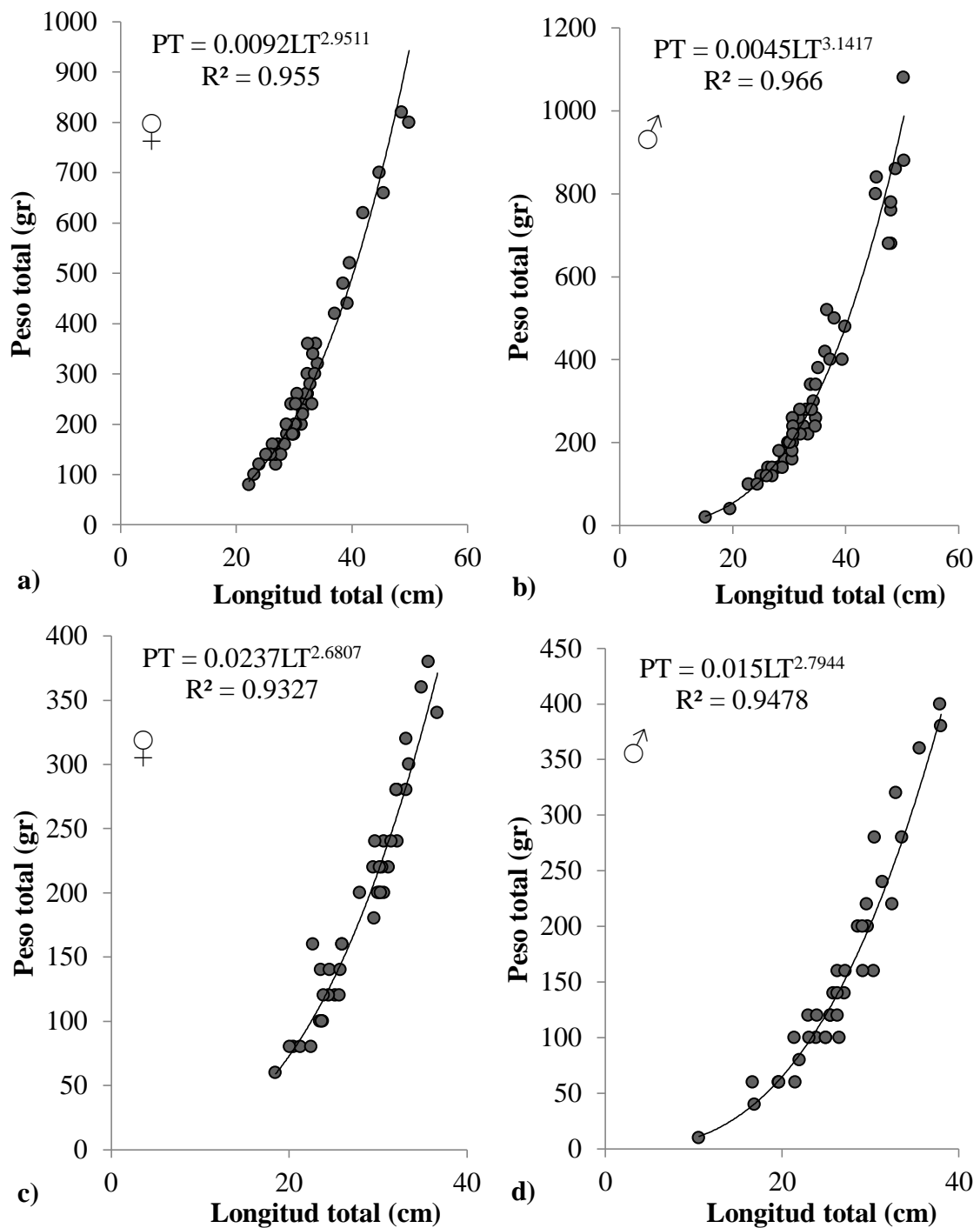


Figura 13. Relación talla-peso por sexo de *P. disjunctivus* (a y b) y *P. multiradiatus* (c y d) capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz y cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, durante julio de 2014 a julio 2015.

6.3.6. Talla de primera madurez

La talla de primera madurez (L_{50}) para *P. pardalis* fue de 284 mm LT sin diferencia significativa entre sexos. Para *P. disjunctivus* la L_{50} se estimó en 281 mm LT para las hembras y para los machos en 340 mm LT, para el *P. multiradiatus* no se obtuvo la L_{50} por falta de número de organismos (Fig. 14).

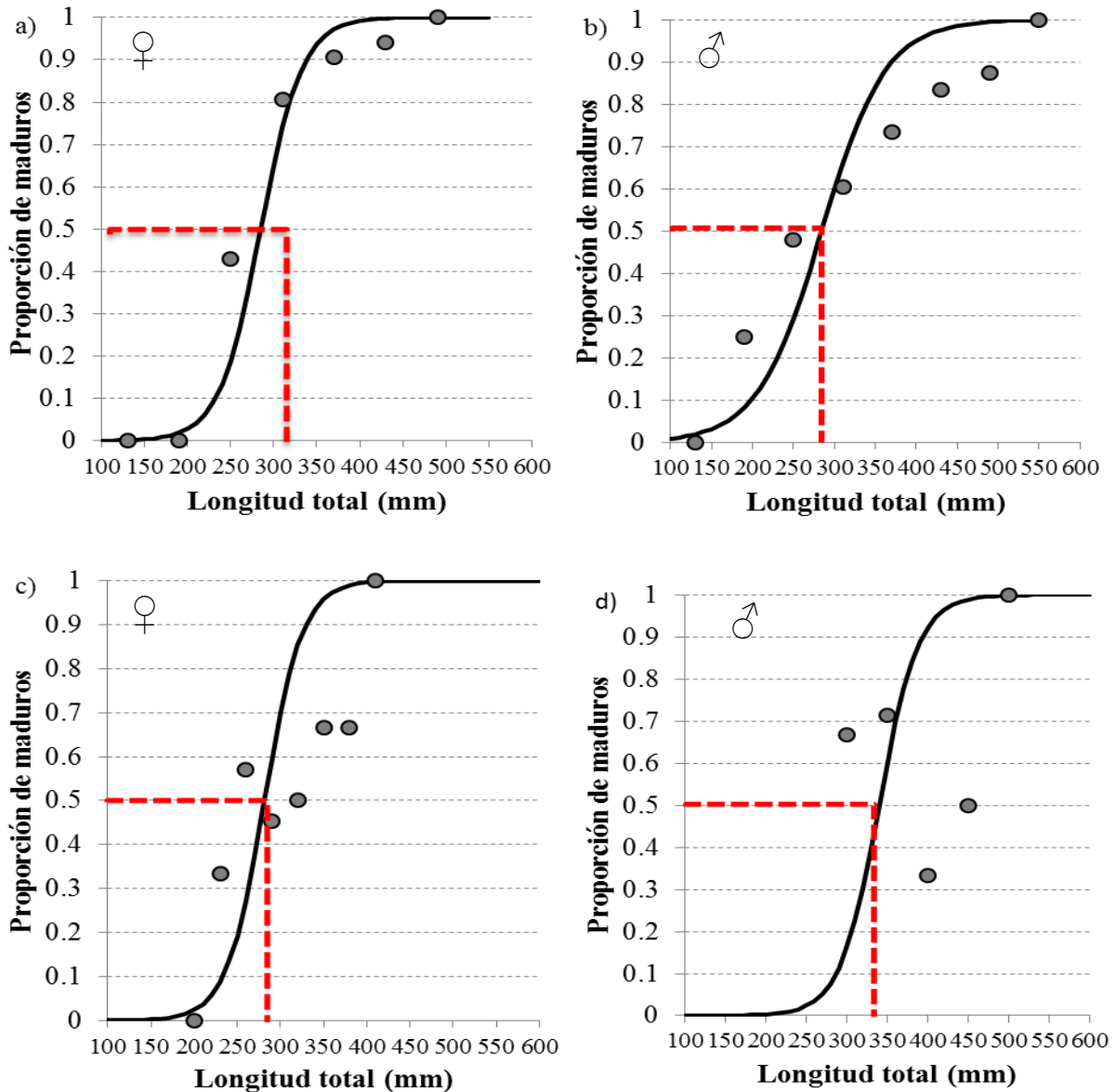


Figura 14. Ojiva de madurez para hembras y machos de *P. pardalis* (a y b) y *P. disjunctivus* (c y d) capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz, durante julio de 2014 a julio 2015.

6.3.7. Índices corporales

La evolución mensual del IGS de las hembras para *P. pardalis* fue de tipo unimodal prolongado, con máximos de mayo a septiembre y mínimo de diciembre a marzo, al igual, el IHS mostró una evolución mensual unimodal, pero inversamente proporcional en relación al IGS, con un mínimo de mayo a julio (Fig. 15).

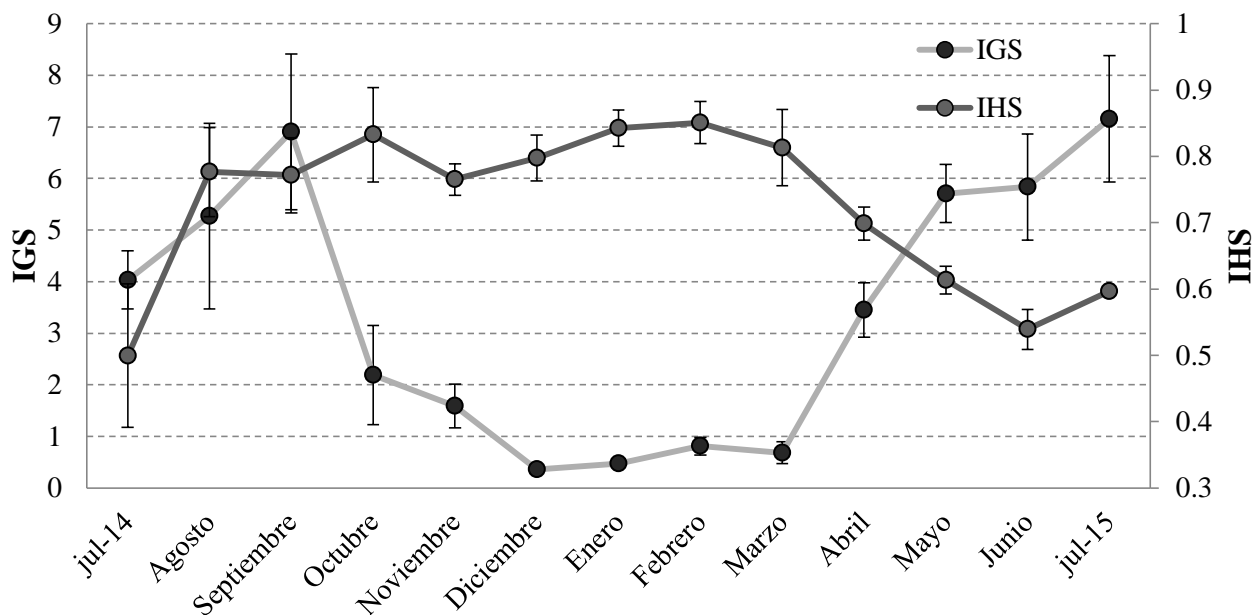


Figura 15. Evolución mensual de los índices gonadosomático y hepatosomático (promedio + error std) de *P. pardalis*, capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz, durante julio de 2014 a julio 2015.

Para el *P. disjunctivus* (hembras) la evolución mensual fue de tipo aparente unimodal, con máximo en agosto y septiembre, y mínimos de octubre a marzo, así mismo, el IHS mostró una evolución mensual unimodal, pero inversamente proporcional con relación al IGS, pero con un corrimiento temporal del mínimo (junio-agosto) y con valores consistentes (Fig.16), para la especie *P. multiradiatus* no se contó con organismos suficientes para estimar parámetros.

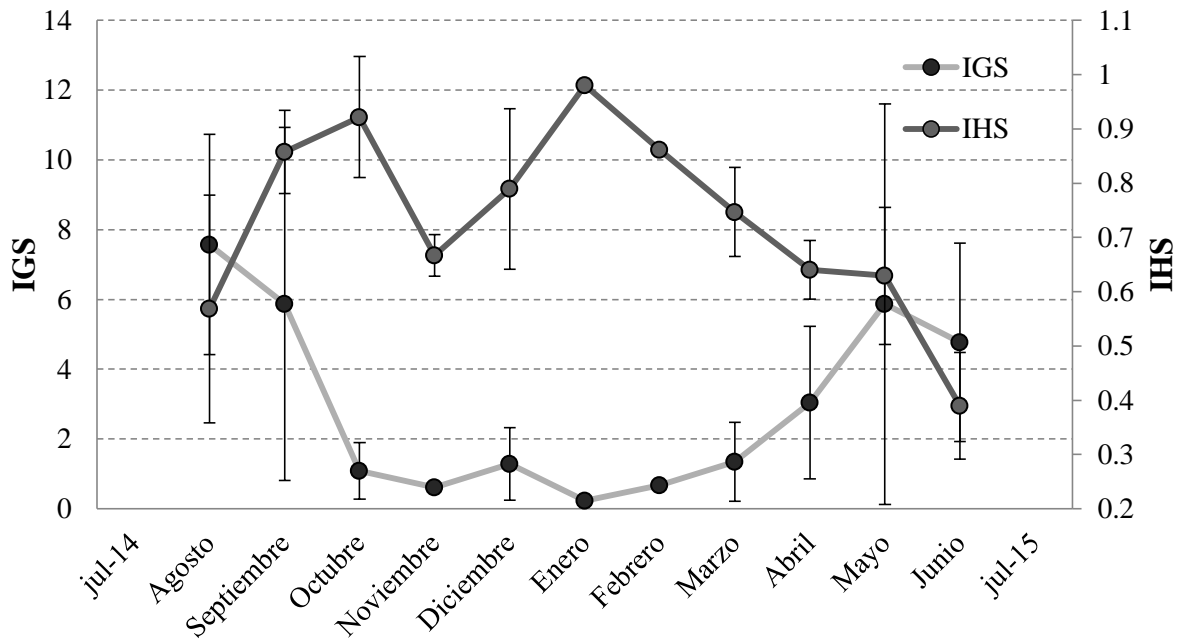


Figura 16. Variación temporal del Índice Gonadosomático-Hepatosomático (promedio + error std) de *P. disjunctivus*, capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz, durante julio de 2014 a julio 2015.

El factor de condición del *P. pardalis* para hembras presentó una tendencia similar al IGS en los meses de julio a noviembre, por otro lado, en el resto de los meses se observó una fluctuación marcada y para *P. disjunctivus* el patrón observado correspondió a un tipo de variación unimodal con un único máximo en enero (Fig. 17).

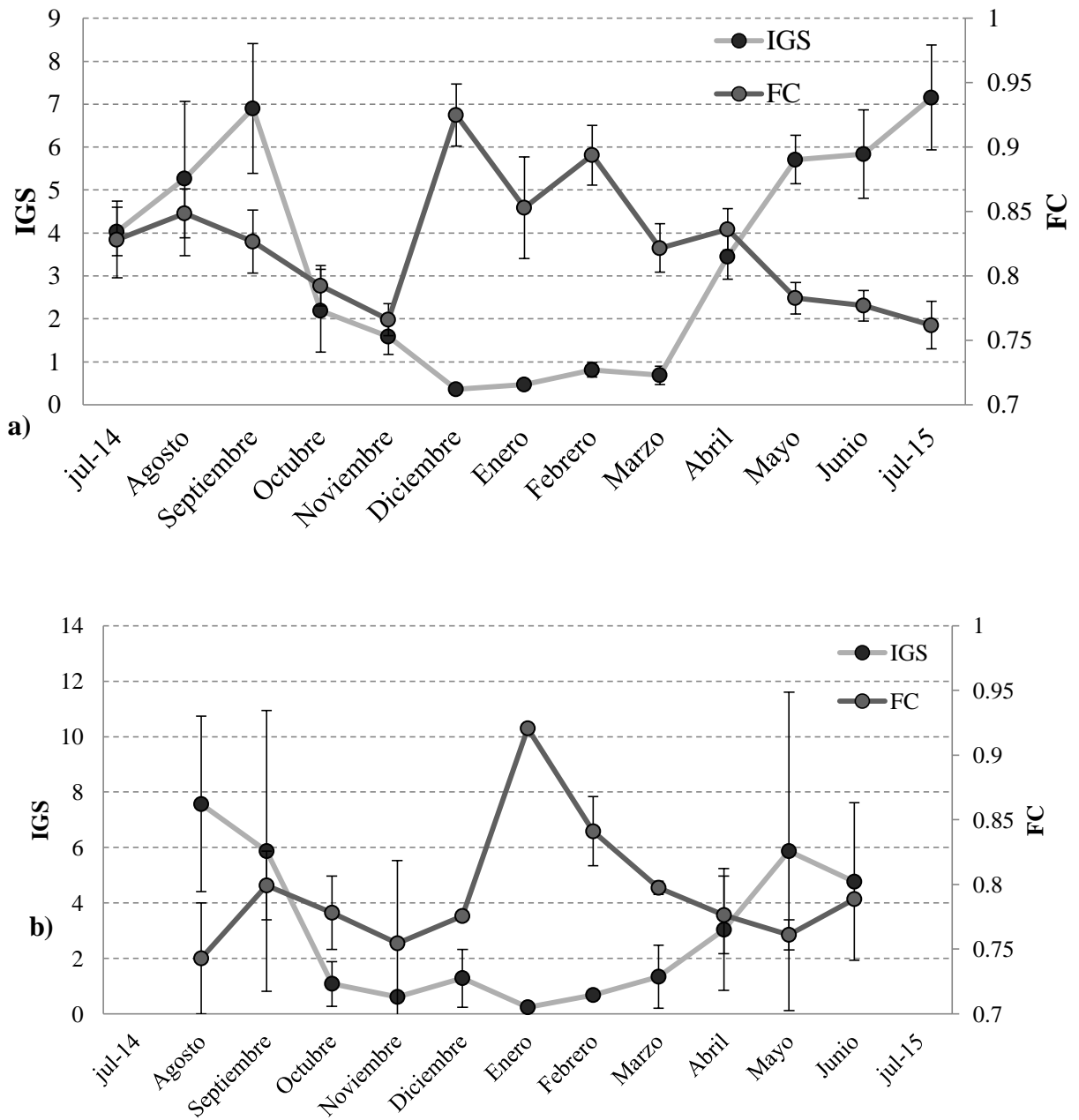


Figura 17. Evolución mensual del Factor de Condición (K, promedio + error std) de: a) *P. pardalis* y b) *P. disjunctivus*, capturados en el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz, durante julio de 2014 a julio de 2015.

7. DISCUSIÓN

Las capturas frecuentes y abundantes del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la mayor parte de los humedales del Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV), indican que este género se encuentra plenamente asentado en el sistema. Esta apreciación concuerda con lo expuesto verbalmente por los pescadores del área de muestreo, quienes refirieron que las primeras capturas ocurrieron aproximadamente en el año 2005. En contraste, la captura de un único individuo en la parte baja del Jamapa-Cotaxtla, sugiere que a pesar de la ocurrencia, el asentamiento no ha tenido lugar, al menos por el momento.

El asentamiento del plecos invasor en el SLICV depende de cuatro especies claramente diferenciadas entre sí: *P. pardalis*, *P. disjunctivus*, *P. multiradiatus* y *P. gibbiceps*, en tanto que en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla se registró una sola especie, *P. multiradiatus*. Las tres primeras especies son las más extendidas alrededor del mundo (Li-Wei *et al.*, 2011) e igualmente en la República Mexicana, en humedales de Michoacán, Colima, Tabasco, Campeche, Chiapas y Veracruz (Guzmán y Barragán, 1997; Sandoval-Huerta *et al.*, 2012; Castillo, 2011; Barba y Cano-Salgado, 2014; Ayala-Pérez *et al.* 2014; Ramírez-Soberón *et al.*, 2004; Wakida-Kusunoki *et al.*, 2009; Cruz-León, 2013). La captura de un único espécimen de *P. gibbiceps* en el SLICV, constituye el primer registro silvestre de esta especie para la República Mexicana, hasta el momento. En conjunto, las cuatro especies reportadas son al mismo tiempo, las especies que alcanzan mayores tallas de los Loricáridos invasores distribuidos en el mundo (Mendoza, 2009).

De acuerdo con la merística descrita por Weber (1992) para las especies del género *Pterygoplichthys*, se apreciaron algunas particularidades con respecto a otros registros de *Pterygoplichthys* de la República Mexicana. En este trabajo fue más frecuente encontrar 12 radios en aletas dorsales con 29 placas en la línea lateral, pero para el *P. pardalis* fue más frecuente el registro de 28 placas. Lo anterior, implica intervalos más amplios de estos caracteres con respecto a los reportados en el estado de Campeche y sur de Veracruz (Wakida-Kusunoki & Amador del Angel, 2008; Cruz-León, 2013), lo cual podría indicar un proceso de hibridación. Las ornamentaciones de los *Pterygoplichthys* capturados, coincidieron con las características propuestas por Armbruster y Page (2006), cuyo distintivo primordial para diferenciar entre especies, son los patrones de coloración y vermiculaciones formados por coalescencias,

principalmente en la parte ventral. La presencia de patrones de pigmentación ventrales mixtos o intermedios en los especímenes analizados, parece corroborar la idea de hibridación, tal y como ha sido reportado en el sudeste asiático por Wu *et al.* (2011). Este proceso de hibridación es altamente probable dado el alto grado de confinamiento de los pecos invasores en las diferentes lagunas del SLICV durante casi 10 años desde su primer reporte no formal.

En vista de que en 9 lagunas (76 % de la superficie de agua del SLICV) de las 19 analizadas en el SLICV están asentados los *Pterygoplichthys* invasores, se puede considerar a este sistema, como favorable para la proliferación de estas especies, ya que posee condiciones similares a las de su lugar de origen (Nico & Martín, 2001) y por la existencia de un sistema de canales de demasía que interconectan varias de las lagunas entre sí, formando dos subsistemas de lagunas, uno alrededor de la laguna Lagartos en el norte de la ciudad y el otro en el suroeste, alrededor de la laguna Olmecca; esta circunstancia favorece la dispersión de individuos entre lagunas y por ende la colonización rápida a partir de pocos puntos de introducción primaria. Lo anterior ocasiona serios problemas a los pescadores locales, toda vez que el asentamiento del pecos invasor se ha traducido en la disminución de peces de uso comercial, coincidiendo con lo expuesto por Hernández (2008), para la zona invadida por Loricariidae en Tabasco.

La ocurrencia limitada de pecos en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, puede estar asociada a dos factores principales, por un lado a la presencia de depredadores locales, tal es el caso de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*; presencia confirmada por parcelarios aledaños al arroyo Ixcoalco), que puede depredar selectivamente sobre el pecos (Pinillos, 2009). Por otro lado, la salinidad como factor restrictivo de la dispersión del *Pterygoplichthys* en el Jamapa-Cotaxtla, ya que solo puede sobrevivir en aguas de hasta 10 ups de salinidad (Capps *et al.*, 2011), y se ha documentado que la influencia de agua marina a través de la intrusión de la cuña salina de 35 ups puede percibirse hasta 10 km río arriba en el río Jamapa, en las proximidades del punto de muestreo de Medellín (Perales *et al.*, 2010), actuando como barrera natural contra la proliferación de estas especies invasoras desde la parte baja, provenientes del intercambio de aguas del SLICV con el Arroyo Moreno, donde descargan las aguas del subsistema de lagunas de la zona suroeste, que se comunica con la parte baja del Jamapa-Cotaxtla.

La laguna Lagartos resultó ser la más propicia para la proliferación de las especies *P. pardalis*, *P. disjunctivus* y *P. multiradiatus*; esto está relacionado con la alta concentración de algas y materia orgánica, principal fuente de alimentación para estos peces (Gestring *et al.*, 2006), favorecidas por descargas de aguas negras domésticas de una zona de alta densidad de población aledaña a la laguna (observación directa). Un indicador grueso de grandes cantidades de nutrientes suspendidos lo constituye la presencia de vegetación flotante (Sarabia, 2004) y en esta laguna, el lirio acuático cubrió hasta un 90 % del espejo de agua. Altas concentraciones de nutrientes aseguran la existencia de alimento en el sedimento para el *Pterygoplichthys* (Hoover *et al.*, 2004).

Del total de la captura muestreada en el SLICV, el 44.73 % correspondió a individuos del género *Pterygoplichthys*, este porcentaje es indicativo de riesgo ecológico moderado aún para el sistema, de acuerdo con las directrices propuestas por Mendoza *et al.* (2009), para cuantificar el riesgo que representan las especies invasoras. Esta captura sin embargo, supera al 32.00 % reportado para el sur de Veracruz (Cruz-León, 2013), y el 41.16 % para las áreas invadidas en el estado de Campeche (Wakida-Kusonoki & Amador del Ángel 2011). Si los porcentajes de capturas del *Pterygoplichthys* en el SLICV progresan a la alza, se aproximarían a los niveles del estado de Chiapas, donde el porcentaje de contribución relativo de la captura del plecos, alcanza el 70.00 y 80.00 %; lo cual representa un alto nivel de riesgo para el sistema. Si se analiza el segregado por especies, el *P. pardalis* fue el más abundante y por lo tanto, el mayor contribuyente con el 84.30 %, seguido por el *P. disjunctivus* con un 8.70 %, estas contribuciones relativas, se corresponden con lo registrado previamente en la cuenca del Chacalapa, en el sur de Veracruz (Cruz-León, 2013).

La cantidad de organismos capturados del género *Pterygoplichthys* está relacionado con la combinación de características del organismo y del hábitat en que se encuentren introducidos (Davis *et al.*, 2008). En hábitat con mayor aporte de materia orgánica, es más probable capturar plecos, tal es el caso para este estudio, donde se observó que los organismos capturados en la laguna Lagartos superó a las capturas en el resto de las lagunas del SLICV.

Dos especies de *Pterygoplichthys* capturados en este estudio, tuvieron tallas superiores a lo reportado hasta ahora a nivel nacional. Se registró una LT máxima de 538 mm para *P. pardalis*,

lo cual representa entre un 65 y un 78 % más de lo reportado en Colima, Campeche y el sur de Veracruz (Sandoval-Huerta *et al.*, 2012; Wakida-Kusonoki & Amador-del Ángel, 2008; Cruz-León, 2013; Froese & Pauly, 2015). Por su parte la talla máxima de *P. disjunctivus* en este estudio (503 mm LT) fue entre el 70 y 80 % más de lo reportado hasta ahora para la Laguna de Términos y el río Palizada en Campeche (Wakida-Kusonoki & Amador-del Ángel, 2008) y el Chacalapa en el sur de Veracruz (Cruz-León, 2013). Para los *P. multiradiatus* capturados en este estudio, la talla máxima (380 mm LT) resulta ser 13 % menor a los organismos capturados en otros países, según lo reportado en FISHBASE (Froese & Pauly, 2015). Por último, en el caso de la especie *P. gibbiceps*, se trata del primer registro para México y por ende, la talla máxima (530 mm LT) hasta el momento, se cree que esta especie puede tratarse de una hibridación de la crucea entre un *P. pardalis* y *P. disjunctivus* (Nico *et al.*, 2012).

En cuanto a la proporción de sexos en este estudio se observó que tanto para *P. pardalis* como *P. disjunctivus* la relación fue 1:1, este elemento constituye un indicador complementario del pleno asentamiento del *Pterygoplichthys* invasor en el SLICV, al igual que lo reportado en Campeche por Ayala-Pérez *et al.* (2014), donde determinaron una proporción de 2:1, con predominancia de hembras para las mismas especies mencionadas.

Respecto al tipo de crecimiento somático de los *Pterygoplichthys* capturados en el SLICV, para las hembras de *P. pardalis* posee un tipo de crecimiento somático alométrico positivo, para los machos de *P. pardalis*, al igual que en ambos sexos de *P. disjunctivus* resultó ser isométrico y para *P. multiradiatus* posee un tipo de crecimiento somático alométrico negativo, lo cual refuerza la idea que la condición corporal de los individuos, es favorable. Esta percepción coincide con lo reportado para los organismos capturados en la Laguna de Términos, Campeche, y en la cuenca del Chacalapa en el sur de Veracruz, que poseen un tipo de crecimiento alométrico positivo (Ayala-Pérez, 2014; Cruz-León, 2013). Caso contrario ocurre en el río Palizada, Campeche, y el sistema fluvio-lagunar en Tabasco, donde los organismo presentan un tipo de crecimiento alométrico negativo (Wakida-Kusonoki & Amador-del Ángel 2011; Wakida-Kusonoki *et al.*, 2009; Hernández, 2008).

La talla de primera madurez sexual de los *Pterygoplichthys* fue de 284 mm LT para el *P. pardalis* (ambos sexos) y el *P. disjunctivus* (hembras), lo cual no difiere significativamente de lo estimado en la cuenca del Chacalapa ubicada en el sur de Veracruz (271 mm LT) (Cruz-León *et al.*, 2014), a excepción de los machos de *P. disjunctivus* que en este estudio fue de 340 mm LT. Lo anterior, nos confirma que no existen diferencia entre tallas de primera madurez, pero sí entre regiones donde se encuentra asentado el pez invasor, tal es el caso de los organismos capturados en el río Palizada (306 mm LT) y en el sistema fluvio-lagunar y puerto Atún (300 mm LT), Campeche (Wakida-Kusonoki & Amador-del Ángel, 2011; Wakida-Kusonoki *et al.*, 2009). Las poblaciones de *P. disjunctivus* asentadas en el sureste de la República, maduran a tallas significativamente mayores a las asentadas en la presa el Infiernillo, donde su talla de primera madurez es de 192 mm LT (Rueda-Jasso, 2013). Esta enorme divergencia puede estar asociada a la fuerte presión de pesca de la que son objeto en el Infiernillo.

La época reproductiva de los *Pterygoplichthys* capturados en el SLICV, ocurre en los meses cálidos, extendiéndose de abril a octubre, los desoves coinciden con la época de lluvias, para *P. pardalis* en el mes de agosto, y para *P. disjunctivus* en el mes de septiembre. El periodo de desove, es considerablemente más extendido que el descrito para estas especies distribuidas en áreas más meridionales, de marzo a julio en el sur de Veracruz (Cruz-León, 2013), de mayo a agosto en Campeche (Wakida-Kusonoki & Amador-del Ángel, 2011) y de mayo a septiembre en Tabasco (Wakida-Kusonoki, 2011).

De acuerdo con las tendencias inversas del IHS y del FC respecto del IGS, tanto para *P. pardalis* como para *P. disjunctivus*, se confirma que estos peces trasladan material de reserva desde el hígado y musculatura corporal hacia el desarrollo de gónadas para la preparación de la reproducción, tal como sucede en la mayoría de los peces (Arellano-Martínez *et al.*, 2001).

Los procesos biológicos descritos en este estudio, demuestran el asentamiento total del *Pterygoplichthys* en los humedales del SLICV. El asentamiento está claramente dominado por *P. pardalis*, complementariamente por *P. disjunctivus* y marginalmente por *P. multiradiatus* y *P. gibbiceps*, con algunas evidencias de hibridación; el nivel de riesgo derivado de la invasión del plecos es todavía de preocupación moderada. Los procesos clave que soportan la tesis del

asentamiento total del plecos invasor en el SLICV, consisten en que se determinó que existen al menos dos poblaciones abundantes, frecuentes en el tiempo, con coeficiente de alometría por encima de lo esperado, reproductivamente activas, con potencial reproductor poblacional óptimo, con una estructura de tallas amplia y multimodal. En contraste, a pesar de su cercanía e interacción con el SLICV por intercambio de aguas, vía Arroyo Moreno, la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, no se puede considerar como humedal invadido por el *Pterygoplichthys*. Los hallazgos del presente estudio constituyen el primer aporte científico que evidencia el asentamiento de *Pterygoplichthys* en el SLICV. También son el punto de partida para el diseño de estrategias de control y manejo de estas especies invasoras, principalmente encaminadas a contener el nivel de riesgo para el sistema, maximizando la mitigación de la invasión del *Pterygoplichthys* y sus efectos, tanto ambientales como sociales en los humedales.

8. CONCLUSIONES

En el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz (SLICV) están asentadas tres poblaciones de la especie invasora del género *Pterygoplichthys* (*P. pardalis*, *P. disjunctivus*, *P. multiradiatus*) y la población dominante es *P. pardalis*.

Al momento del estudio, en la cuenca baja Jamapa-Cotaxtla no existen poblaciones asentadas del género *Pterygoplichthys*, al menos por el momento.

La ocurrencia de *Pterygoplichthys gibbiceps* en el SLICV constituye el primer registro silvestre para México.

El nivel de riesgo de invasión de *Pterygoplichthys* para el SLICV, hasta el momento es de tipo moderado, pero con tendencia a incrementarse rápidamente.

El potencial reproductivo de *P. pardalis* y *P. disjunctivus* del SLICV, poseen un periodo reproductivo que se extiende de 5 a 6 meses a partir de abril, con traslape entre ambas especies.

La talla de primera madurez de estas especies es de 284 mm LT.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Amezcuca, M.F. 2014. Colonización de la laguna de Chiricahueto (Sinaloa, México) por la especie invasora *Pterygoplichthys* spp. *Especies Invasoras Acuáticas: Casos De Estudios En Ecosistemas de México*. SEMARNAT-INECC-UPEI. 273-291 pp.
- Aldama-Rojas, G., J.T. Ponce-Palafox, J.L. Arredondo-Figueroa, D. Madrigal-Uribe, A.L. Ruiz, E.C. Soto & E.R. Meza. 2011. Caracterización socioeconómica y técnica de la pesca en micropresas del trópico seco del Sur de México. *Zootecnia Tropical* 29(2): 195-203 pp.
- Aparecida P.S. & M.F. Narciso. 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 armoured catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae". *Zoological Journal of the Linnean Society* 141: 1–80.
- Armbruster, J.W. & L.M. Page. 2006. Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae). *Neotropical Ichthyology* 4(4): 401-409 pp.
- Arellano-Martinez, M., A. Rojas-Herrera, F. García-Domínguez, B. Ceballos-Vázquez, & M. Villalejo-Fuerte. 2001. Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36:1-8.
- Ayala-Pérez, L.A., A.D. Pineda-Peralta, H. Álvarez-Guillen & L.E. Amador-del Ángel. 2014. El pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche. *Especies Invasoras Acuáticas: Casos De Estudios En Ecosistemas de México*. SEMARNAT-INECC-UPEI. 313-336 pp.
- Barba, M.E. & S.M.P. Cano. 2014. Abundancia del plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) en sistemas lagunares y ribereños de la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México. En

especies invasoras acuáticas: casos de estudios en ecosistemas de México. SEMARNAT-INECC-UPEI. 293-311 pp.

Bomford, M. & J. Glover. 2004. "Risk assessment model for the import and keeping of exotic freshwater and estuarine finfish", informe del Bureau of Rural Sciences for the Department of Environment and Heritage, 100 p.

Bunkley-Williams, L., E.H. Williams, C.G. Lilystrom, I. Corujo-Flores, A.J. Zerbi & C. Aliaume, 1994. The South American Sailfin Armored Catfish, *Liposarcus multiradiatus* (Hancock), a New Exotic Established in Puerto Rican Fresh Waters. Caribbean Journal of Science, Vol. 30, No. 1 -2, 90-94 pp.

Cailliet, G., M. Love & A. Ebeling. 1996. A field and Laboratory Manual on their Structure, Identification and Natural History. Waveland Press, Inc. 194 p.

Capps, K.A., A.S. Flecker, & R. Rodiles-Hernández, 2009. COS 45-8: Exotic fishes alter nutrient dynamics in tropical streams. 93rd ESA Annual Meeting.

Castillo, D.A. 2011. Ictiofauna del río San Pedro, Balancán, Tabasco, México. Tesis de Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable. El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México. 88 pp.

Castillo-Capitán, G, Z. Cruz-León, C.G. Meiners-Mandujano, A.H. Hernández-Romero & N. Rodríguez-Orozco. 2014. Dinámica poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca del Chacalapa (cuenca de Coatzacoalcos) Veracruz, México. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(3): 503-507 pp.

Chávez, J.M., R.M. De la Paz, S.K. Manohar, R.C. Pagulayan & V.J.R. Carandang. 2006. New Philippine record of South American sailfin catfishes (Pisces: Loricariidae). Zootaxa 1109: 57-68 pp.

Cirujano, S. & L. Medina 2014. Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha. Editorial Liber Factory.

- Córdova, V.H., C. Rivero, G. Cantú, E. Tirado, M.G. Fabián & M.G. Castro. 1997. ¿Qué es una cohorte?. *Med. interna Méx*, 13(4), 179-184 pp.
- CONABIO. 2014. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fecha de acceso. URL:<http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>.
- Cruz-León, Z. 2013. Dinámica poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca de Chacalapa y primeros registros de su distribución en la cuenca de Coatzacoalcos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Acayucan, Veracruz, México. 45 pp.
- Cruz-León, Z., C. Meiners & Á.H. Hernández-Romero, 2014. Aspectos morfométricos y reproductivos preliminares del plecos invasor del género *Pterygoplichthys* en el sur de Veracruz. XXI Congreso nacional de ciencia y tecnología del mar, Cozumel, Q. Roo., México.
- Davis, A.C., D. Brophy, P. Megalofonov & E Gosling. 2008. Age estimation in calcified calcareous structures; preliminary finding of an inter laboratory comparison. Collective Volume of Scientific Papers ICCAT 62(3): 899-910 pp.
- Escalera-Gallardo, C., M. Arroyo-Damián, R. Moncayo-Estrada, Z. José-Alberto. 2012. Pesquería sustentable y desarrollo local. Uso y aprovechamiento potencial del pez diablo. 1era ed. Desarrollo local y empresa. Guanajuato. Gto. 282 pp.
- Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2015. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2015).
- Gestring, K., P.L. Shafland & M.S. Stanford. 2006. The status of Loricariid catfishes in Florida with emphasis on Orinoco Sailfin (*Pterygoplichthys multiradiatus*). Abstracts for the 26th Annual Meeting of the Florida Chapter American Fisheries Society.
- Gibbs, M.A., J.H. Shields, D.W. Lock, K.M. Talmadge, T.M. Farrell, 2008. Reproduction in an invasive exotic catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida, U.S.A. *Journal of Fish Biology*. 73(7): 1562-1572 pp.

- Guzmán, A.F. & J.S. Barragán. 1997. Presencia de bagre sudamericano (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana* 3: 1-4 pp.
- Hernández, S.M.E. 2008. Aspectos reproductivos del loricarido *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) en la laguna de las ilusiones, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 64 pp.
- Hernández, A.M.J. 2010. Elaboración de Harina de plecostomus "Manual de apoyo". Gobierno de Chiapas. Prodapesi: 1-17 pp.
- Hoover, J.J., K.J. Killgore & A.F. Cofrancesco. 2004. Suckermouth catfishes: Threats to aquatic ecosystems of the United States. *Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin* 4(1): 1–10.
- Hoover, J.J., C.E. Murphy & K.J. Killgore. 2007. Environmental impacts of suckermouth catfishes (Loricariidae) in North America: A conceptual model. Informe preliminar US Army Engineering Research and Development Center.
- Hossain, M.Y., M.M. Rahman, Z.F. Ahmed, J. Ohtomi, 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 pp.
- Hubbs, C., R.J. Edwards & G.P. Garrett, 2008. An annotated checklist of the freshwater fishes of Texas, with keys to identification of species. Texas Academy of Science.
- Hubilla, M., F. Kis & J. Primavera, 2007. Janitor Fish *Pterygoplichthys disjunctivus* in the Agusan Marsh: a Threat to Freshwater Biodiversity. *Journal of Environmental Science and Management*, 10(1): 10-23 pp.
- Introzzi, A.R. & De Introzzi G. 1986. Estudio de las concentraciones de los ácidos nucleicos (RNA, DNA) en musculo blanco e hígado de la lisa (*Mugil brasiliensis*) a lo largo de sus periodos de reposo y maduración gonadal. *Revista de Investigación y desarrollo pesquero*. 6: 117-129.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2011. Anuario Estadístico del Estado de Veracruz, 2009. INEGI. México. <http://www.inegi.org.mx/> (Consultado el 13 de marzo de 2014).

Krishnakumar, K., R. Raghavan, G. Prasad, A. Bijukumar, M. Sekharan, B. Pereira & A. Ali, 2009. When pets become pests – exotic aquarium fishes and biological invasions in Kerala, India. *Commentary Current Science*, Vol. 97, No. 4, 25.

Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20: 201-221 pp.

Levin, B.A., P.H. Phuong & D.S. Pavlov, 2008. Discovery of the Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Teleostei: Loricariidae) in Vietnam. *Journal of Applied Ichthyology*. 24(6): 715-717 pp.

Liang, S.H., P. Wu & B.S. Shieh. 2005. Size structure, Reproductive phenology, and sex ratio of exotic armored catfish (*Liposarcus multiradiatus*) in Kaoping River of Southern Taiwan. *Zoological Studies* 44(2): 252-259.

Li-Wei, W., Chien-Chin, L., Si-Min, L., 2011. Identification of Exotic Sailfin Catfish Species (*Pterygoplichthys*, Loricariidae) in Taiwan Based on Morphology and mtDNA Sequences. *Zoological Studies* 50(2): 235-246.

Lucano-Ramírez, G., S. Ruiz-Ramírez, J.A. Rojo Vázquez. 2005 Biología reproductiva de *Prionotus ruscarius* (Pisces:triglidae) en las costas de Jalisco y Colima, México. *Revista Digital Universitaria*, Universidad de Guadalajara. Vol. 6 N° 8: 2-13.

Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez, P. Koleff, P. Álvarez & V. Aguilar. 2007. Los peces diablos: Especies invasoras de alto impacto. CONABIO. *Biodiversidad* 70: 1-5 pp.

Mendoza, A.R.E., B. Cudmore, R. Orr, J.P. Fisher, S.B. Contreras, W.R. Courtenay, P.O. Koleff, N. Mandrak, P.T. Álvarez, M.D. Arroyo, C.G. Escalera, A.S. Guevara, G. Gretchen, D. Lee, A.M. Orbe, C.M. Ramírez & O.A. Stabridis. 2009. Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. Casos de pruebas para el pez cabeza de

serpiente (*Channidae*) y el pleco (Loricariidae) en aguas continentales de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental. 100 pp.

Neal, J.W., C.G. Lilyestrom & T.J. Kwak, 2009. Factors Influencing Tropical Island Freshwater Fishes: Species, Status, and Management Implications in Puerto Rico. Feature: Fisheries Conservation. Fisheries, Vol. 34, No. 11.

Neiff, J.J. 1999. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. En Malvárez Al (Ed.) Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. UNESCO. Montevideo, Uruguay 97-146 pp.

Nico, L., 2003. *Pterygoplichthys pardalis*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL.

Nico, L., 2006. *Pterygoplichthys multiradiatus*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL.

Nico, L. & F. Pam, 2006. *Pterygoplichthys anisitsi*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL.

Nico, L. & F. Pam, 2008. *Pterygoplichthys disjunctivus*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL.

Nico, L.G., F.L. William & P.R. James. 2009. Interactions between non-native armored suckermouth catfish (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) and native Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) in artesian springs. Aquatic Invasions. 4(3), 511-519 pp.

Nico, L.G., H.L. Jelks & T. Tuten. 2009b. Non-Native Suckermouth Armored Catfishes in Florida: Description of Nest Burrows and Burrow Colonies with Assessment of Shoreline Conditions. Aquatic Nuisance Species Research Programme. Vol-09-1: 1-30 pp.

Nico, L. G. and R. T. Martin. 2001. The South American armored catfish, *Pterygoplichthys anisitsi* (Pisces: Loricariidae), in Texas, with comments on foreign fish introductions in the American Southwest. The Southwestern Naturalist 46 (1) 98-104.

- Nico, L.G., P.L. Butt, G.R. Johnston, H.L. Jelks, M. Kail & S Walsh. 2012. Discovery of South American suckermouth armored catfishes (Loricariidae, *Pterygoplichthys* spp.) in the Santa Fe River drainage, Suwannee River basin, USA. *Bioinvasions Rec* 1: 179-200 pp.
- Nikolski, 1963. *The ecology of fishes*. 1st ed. Academic Press, London, Great Britain. 352 pp.
- Okolodkov, Y.B., R. Bastida-Zavala, A.L. Ibáñez, J.W. Chapman, E. Suárez-Morales, F. Pedroche & F.J. Gutiérrez-Mendieta. 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar* 11(32): 29-67.
- Pauly, D. y N. David. 1981. ELEFAN I a basic program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforsch* 28(4): 205-211
- Perales, V.H., R.G. Sanay, M.H. Marín & L.A.C. Ayala. 2010. Datos hidrográficos en la parte baja del río Jamapa, Veracruz, México. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Boca del Río. Veracruz 37 pp.
- Ramírez-Soberón, G., X. Valencia D. & M.T. Gaspar-Dillanes. 2004. Nuevo récord de bagres sudamericanos *Liposarcus multiradiatus* y *L. spp.* en las lagunas de Catazajá y Medellín, Chiapas. Resúmenes del IX Congreso Nacional de Ictiología, Villahermosa.
- Reyes, R.A. & R.L.R. Ubaldo. 2009. Análisis estadístico y probabilístico de precipitaciones máximas anuales, en la cuenca de los ríos Jamapa-Cotaxtla, Ver. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Zacatenco. México, D.F. 132 pp.
- Ricciardi, A. & J.B. Rasmussen. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology*. 13(5):1220- 1222.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 91 pp.
- Ríos-Muñoz, C.A. 2015. Depredación de pez diablo (Loricariidae: *Pterygoplichthys*) por el cormorán oliváceo (*Phalacrocorax brasilianus*) en Villahermosa, Tabasco, México. *Huitzil* 16(2): 62-65 pp.

- Rodríguez-Santiago, M.A., M.I. Grano-Maldonado, E. Ávila & S. Gómez. 2015. Occurrence of *Heteropriapulys heterotylus* (Monogenoidea: Dactylogyridae), ectoparasite of two invasive sailfin catfishes (Siluriformes: Loricariidae) from the southeastern Mexico. *Neotropical Helminthology* 9(1): 55-64 pp.
- Rueda-Jasso, R. A., Campos-Mendoza, A., Arreguín-Sánchez, F., Díaz-Pardo, E., & Martínez-Palacios, C. A. (2013). The biological and reproductive parameters of the invasive armored catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* from Adolfo López Mateos El Infiernillo Reservoir, Michoacán-Guerrero, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(1), 318-326.
- Sandoval-Huerta, E.R., X. Madrigal-Guridi, A. García-Merez, N.I. Dimas-Mora & 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 pp.
- Sarabia, B.C.C. 2004. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz. Universidad Veracruzana. Veracruz, México 16 pp.
- Schreck, C.B. & P.B. Moyle. 1990. *Methods for fish biology*. 1a ed. Maryland (USA): American Fishery Society 684 p
- Sparre, P., S.C. Venema. 1997. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. FAO Documento Técnico de Pesca No. 306/1, Roma, FAO. 420 pp.
- Tan, B.C., and K.S. Tan. 2003. *Invasive alien species in South-Southeast Asia. National reports and directory of resources*, Global Invasive Species Programme, Cape Town. South Africa. 95 pp.
- Trujillo-Jiménez, P., E. López-López, E. Díaz-Pardo & J.A. Camargo, 2009. Patterns in the distribution of fish assemblages in Río Amacuzac, Mexico: influence of abiotic factors and biotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*.

Wakida-Kusunoki, A. T., R. Ruiz-Carus & L.E. Amador-del Ángel. 2007. Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae) another exotic species established in Southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52: 141-144 pp.

Wakida-Kusunoki, A.T. & L.E. Amador-del Ángel. 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 pp.

Wakida-Kusunoki, A.T., L.E. Amador-del Ángel & J.P. Laffón-Leal. 2009. Aspectos biológicos del pleco *Pterygoplichthys pardalis* en el sistema fluvio-lagunar deltáico del Río Palizada. Primer simposium para el conocimiento de los recursos costeros del sureste de México y primera reunión mesoamericana para el conocimiento de los recursos costeros. Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México. 53-54 pp.

Wakida-Kusunoki, A.T. & L.E. Amador-del Ángel. 2011. Biological aspects of the invador pleco *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) from Palizada River, Campeche, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad* 82(3): 870-878 pp.

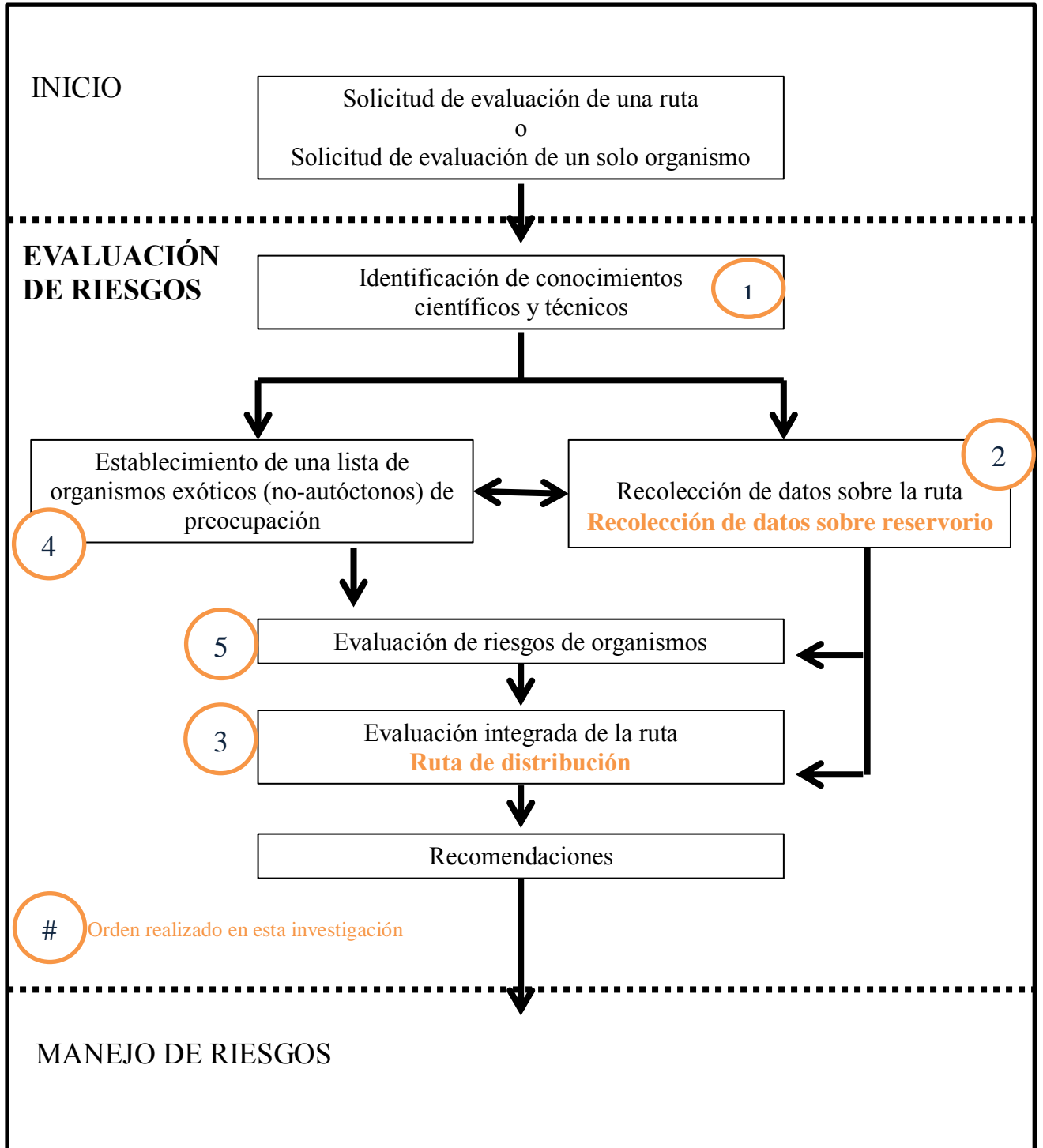
Wathsala, S.H.P. & S.A. Upali. 2013. Population dynamics of accidentally introduced Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Siluriformes, Loricariidae) in Pologolla reservoir, Sri Lanka. *Sri Lanka J. Aquat. Sci.* 18: 37-45 pp.

Weber, C. 1992. Révision du genre *Pterygoplichthys* sensu lato (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). *Revue Francaise d'Aquariologie* 19:1-36.

Wu, L.W., C.C. Liu & S.M. Lin. 2011. Identification of exotic sailfin catfish species (*Pterygoplichthys*, Loricariidae) in Taiwan based on morphology and mtDNA sequences. *Zoological Studies*, 50, 235-246.

10. ANEXOS

ANEXO I. Marco para la evaluación de riesgos (tomado y modificado de Mendoza *et al.*, 2009).



ANEXO II. Instrumento de campo de evaluación visual del ambiente.

Evaluación visual del ambiente														
Cuerpo de agua:							Fecha:	-	-					
Vegetación*														
Plantas emergentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plantas sumergidas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Plantas marginales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Plantas suspendidas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Algas filamentosas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Fauna*														
Peces	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tortugas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cormoran	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Insectos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lagartos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Otros:						
Sustrato*														
Grandes rocas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Arena	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Arcilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Rocas pequeñas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grava	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
* Raro <25%	<input type="checkbox"/>				Intermedio 25-50%	<input type="checkbox"/>			Dominante >60%	<input type="checkbox"/>				
Signos de contaminación														
Agua:	Ninguno	<input type="checkbox"/>	Aguas residuales			<input type="checkbox"/>	Desechos sólidos		<input type="checkbox"/>	Aceite			<input type="checkbox"/>	
Márgenes:	Basura			<input type="checkbox"/>	Ninguno			<input type="checkbox"/>						
Condición de reducción:				Si	<input type="checkbox"/>	No			<input type="checkbox"/>					
Turbiedad:				Poca	<input type="checkbox"/>	Media			<input type="checkbox"/>	Alta			<input type="checkbox"/>	
Color:	Negro			<input type="checkbox"/>	Gris-oscuro			<input type="checkbox"/>	Gris		<input type="checkbox"/>	Verde-oscuro		<input type="checkbox"/>
	Verde-claro			<input type="checkbox"/>	Café			<input type="checkbox"/>	Rojizo		<input type="checkbox"/>	Ausente		<input type="checkbox"/>
Condiciones hidrológicas														
Ancho (m)							Largo (m)							
Profundidad (m):														
Suelo márgenes														
	Negro	<input type="checkbox"/>	Café oscuro			<input type="checkbox"/>	Café claro		<input type="checkbox"/>	Rojizo			<input type="checkbox"/>	
Pendiente márgenes				180° a 160°	<input type="checkbox"/>	150° a 120°		<input type="checkbox"/>	110° a 90°			<input type="checkbox"/>		
Características ambientales aledaña al punto de muestreo														
Vegetación natural	<input type="checkbox"/>	Vegetación introducida			<input type="checkbox"/>	Otros								
	Bosque	<input type="checkbox"/>	Selva			<input type="checkbox"/>	Matorral		<input type="checkbox"/>	Pastizal			<input type="checkbox"/>	
	Semiarida	<input type="checkbox"/>	Arida			<input type="checkbox"/>								
Principales usos del cuerpo de agua														
	Potable	<input type="checkbox"/>	Pesquera			<input type="checkbox"/>	Industria		<input type="checkbox"/>	Recreativa			<input type="checkbox"/>	
	Agrícola	<input type="checkbox"/>	Pecuaría			<input type="checkbox"/>								
Nivel económico aledaña al punto de muestreo														
Unidad Habitacional	<input type="checkbox"/>	Casa habitación			<input type="checkbox"/>	Asentamientos		<input type="checkbox"/>	Comercio			<input type="checkbox"/>		

ANEXO III. Nuevo modelo de evaluación de riesgos de organismos.

