



Casa abierta al tiempo

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA

IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

Evaluación de la dinámica poblacional del pez diablo en el río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata en Tilzapotla Morelos.

LÍNEA DE GENERACIÓN Y APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO:

Ecología del Paisaje

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO

EN ECOLOGÍA APLICADA

PRESENTA:

Biól. José Augusto Chávez Valades

MATRICULA: 2172800585

Comité Tutorial

Dr. Luis Amado Ayala Pérez. Director

Dra. Brenda Ileana Vega Rodríguez. Asesora

Dr. José Antonio Ocampo Cervantes. Asesor

Ciudad de México

30 de septiembre 2022

El Jurado asignado por la Comisión Académica de la Maestría en Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, aprobó la Idónea Comunicación de Resultados titulada:

Evaluación de la dinámica poblacional del pez diablo en el río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata en Tlzapotla Morelos.

Que presentó:

BIÓL. JOSÉ AUGUSTO CHÁVEZ VALADES

El día 30 de septiembre a las 16:30 hrs en la Ciudad de México para obtener el Grado de Maestro en

Ecología Aplicada



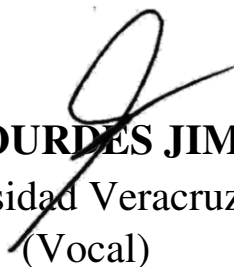
DR. EVERARDO BARBA MACÍAS

El Colegio de la Frontera sur
(Presidente)



DRA. BRENDA ILIANA VEGA RODRÍGUEZ

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
(Secretaria)



DRA. MARÍA DE LOURDES JIMÉNEZ BADILLO

Universidad Veracruzana
(Vocal)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a la Universidad Autónoma Metropolitana por permitirme avanzar con mi formación académica y darme todas las facilidades para desarrollarme en este entorno; además de la beca, que fue de gran ayuda para la realización de este proyecto.

A mis asesores

Agradezco al Dr. Luis Ayala, por confiar en mí cuando otros lo hubieran pensado dos veces, por ser mi guía y enseñarme lo hermoso de la investigación, un mundo que diré que pasaba de largo ante mis ojos hasta que lo conocí. Sobre todo, por darme aquella segunda oportunidad y ser mi guía y mi inspiración.

Agradezco a la Dra. Brenda, pilar fundamental de este logro, te agradezco tu paciencia infinita, las largas horas que dedicaste a transformar este documento, siempre dándote el tiempo para preguntar cómo me sentía, como están las cosas en mi casa. Siempre atesoraré tus consejos.

Agradezco al Dr. José Antonio, por su tremenda ayuda en campo, por sus comentarios siempre acertados durante las presentaciones trimestrales y además por todo su apoyo durante la realización de este proyecto.

Agradezco a todos los pescadores de la cooperativa de Tilzapotla por la disponibilidad que tuvieron en mis muestreos, pero en especial al Sr. Antonio Coronel, a Jesús y su familia por estar siempre disponibles para mí, sin ustedes esto no hubiera sido posible.

Agradezco a mi hermano de otra mamá, Ezel por siempre enseñarme tanto, por ayudarme en campo, laboratorio, por apoyarme cuando ya no podía más y siempre tener una palabra sabia para sacarme a flote, gracias hermano por siempre estar para mi dentro y fuera del ámbito académico.

Agradezco a mis amigos y compañeros Rosa, Lalo, Andrés, Esli del laboratorio de Ecología Aplicada, chavos gracias por todo su apoyo, por escucharme, por las largas horas de pláticas, risas compartidas y por todo el conocimiento que adquirí y sigo adquiriendo de ustedes. Agradezco a Stef Puga, por su importante colaboración en esta tesis, mi querida correctora de estilo.

Agradezco a Hélice, por todo el apoyo que me brindas día con día, ayudándome a seguir adelante, gracias por siempre confiar en mí y más que nada por valorar lo que hago.

Dedicatoria:

A mi mamá, por siempre brindarme todo su apoyo, amor y cariño incondicional, má, gracias por siempre confiar en mí, soportar mis locuras e impertinencias por hacer sentir que lo que hago vale la pena, por estar en mis momentos de desesperación y alegría, dándome fuerza para continuar avanzando, te amo.

Índice de figuras y tablas.....	8
Prefacio	13
Capítulo 1. Descripción de las condiciones ambientales generales del río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata en Tilzapotla Morelos.	15
Resumen.....	15
Abstract.....	15
Introducción.....	16
Objetivo	17
Materiales y métodos	17
Áreas de estudio	17
Resultados	20
Parámetros fisicoquímicos	20
Discusión.....	31
Conclusiones.....	37
Literatura citada.....	38
Capítulo 2. Determinación taxonómica de las especies del género <i>Pterygoplichthys</i> de la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac.	45
Resumen.....	45
Abstract.....	45
Introducción.....	47
Objetivo	48
Materiales y métodos	48
Resultados	50
Discusión.....	55
Conclusiones.....	59

Literatura Citada.....	60
Capítulo 3. Determinación de edad y parámetros de crecimiento del pez diablo en estructuras duras (vértebras).	65
Resumen.....	65
Abstract.....	65
Introducción.....	66
Objetivo	67
Materiales y métodos	67
Actividades de gabinete	70
Resultados	71
Discusión	77
Conclusiones.....	80
Literatura Citada.....	81
Capítulo 4. Estimación de la capacidad reproductiva del pez diablo, determinación de la proporción hembra-macho, la fase de madurez gonádica y fecundidad.	86
Resumen.....	86
Abstract.....	86
Introducción.....	87
Objetivo	89
Materiales y métodos	89
Resultados	90
Discusión.....	96
Conclusiones.....	100
Literatura citada.....	101

Capítulo 5. Aprovechamiento y control del pez diablo en la presa Emiliano Zapata.....	106
Resumen.....	106
Abstract.....	106
Introducción.....	107
Objetivo.....	108
Materiales y métodos.....	109
Resultados.....	109
Discusión.....	115
Conclusiones.....	116
Literatura citada.....	118

Índice de figuras y tablas

Capítulo 1. Descripción de las condiciones ambientales generales del río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata en Tilzapotla Morelos.	15
Figura 1.1. Ubicación espacial del río Amacuzac (a) y Presa Emiliano Zapata (b).	19
Figura 1.2. Promedios mensuales de temperatura y precipitación de los últimos 30 años registradas para la estación meteorológica Tilzapotla (a y b), Puente de Ixtla (c y d) y Xicatlacotla (e y f).	22
Figura 1.3. Distribución de temperaturas superficiales registradas en la época de lluvias (a) y secas (b) en la Presa Emiliano Zapata.....	23
Figura 1.4. Distribución de oxígeno disuelto superficial registrado época de lluvias (a) y secas figura (b) en la Presa Emiliano Zapata.....	24
Figuras 1.5. Mediciones de profundidad por sitio (a) y mes (b) de la presa Emiliano Zapata.	25

Figura 1.6. Temperaturas superficiales y de fondo por sitios (a) y meses (b) de la presa Emiliano Zapata.	26
.....	¡Error! Marcador no definido.
Figuras 1.7. Conductividad superficial y de fondo por sitios (a) y meses (b) de la presa Emiliano Zapata.	26
Figuras 1.8. Concentración de sólidos disueltos superficiales y de fondo por sitios (a) y meses (b) de la presa Emiliano Zapata.....	27
.....	27
Figuras 1.9. Concentración de oxígeno disuelto superficial y de fondo por sitio (a) y por mes (b) de la presa Emiliano Zapata.	27
Figuras 1.10. Lecturas de pH superficial y de fondo por sitio (a) y por mes (b) de la presa Emiliano Zapata.	28
Figura 1.11. Mediciones de transparencia por sitio (a) y mes (b) de la presa Emiliano Zapata.....	28
Figura 1.12. Mediciones de profundidad (a) y temperatura (b) mensual en el río Amacuzac.....	29
Figura 1.13. Conductividad (a) y total de sólidos disueltos (b) mensual en el río Amacuzac.....	30
Figura 1.14. Concentración de oxígeno disuelto (a) y pH (b) mensual en el río Amacuzac.....	30
Figura 1.15. Mediciones de transparencia en el río Amacuzac.....	31
Capítulo 2. Determinación taxonómica de las especies del género <i>Pterygoplichthys</i> de la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac.	45
Figura 2.1. Especies registradas del género <i>Pterygoplichthys</i> . (A) <i>P. gibbiceps</i> , (B) <i>P. disjunctivus</i> (C) <i>P. ambrosetti</i> , (D) <i>Pterygoplichthys</i> “Sin patrones visibles” y (E) <i>Pterygoplichthys</i> sp.	51
Figura 2.2. Porcentaje de organismos del género <i>Pterygoplichthys</i> agrupados por especie.....	51

Figura. 2.3. Dendrograma producto del índice de disimilitud de distancia euclidiana de los individuos del género <i>Pterygoplichthys</i>	53
Figura 2.4. Análisis de componentes principales de organismos del género <i>Pterygoplichthys</i>	54
Capítulo 3. Determinación de edad y parámetros de crecimiento del pez diablo por frecuencia de tallas y estructuras duras.	65
Tabla 3.1. Tabla de intervalos de talla calculados con el programa Statística 10.0	68
Figura 3.1. Anillos de crecimiento en vertebras teñidas con rojo de alizarina.	68
Figura 3.2. Grafica de frecuencias de los organismos del género <i>Pterygoplichthys</i> capturados en la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac.....	72
Figura 3.3. Relación talla peso de los organismos de pez diablo de las poblaciones del río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata.	73
Figura 3.4. Relación talla peso de los organismos de pez diablo en la presa Emiliano Zapata.	73
Figura 3.5. Relación talla peso de los organismos de pez diablo en el río Amacuzac.	74
Tabla 3.2. Clave talla-edad de los organismos del género <i>Pterygoplichthys</i> en la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac.	74
Figura 3.6. Porcentaje de organismos del género <i>Pterygoplichthys</i> por clase de edad obtenidos de la lectura de vertebras.	75
Tabla 3.3. Parámetros de crecimiento para <i>Pterygoplichthys sp.</i> L_{∞} = longitud asintótica (cm); k = coeficiente de crecimiento; t_0 = longitud a la edad cero; los errores estándar, valores P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas.	76
Figura 3.7. Grafica de crecimiento en longitud de <i>Pterygoplichthys sp.</i>	76

Tabla 3.4. Resultados obtenidos del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy para *Pterygoplichthys sp.* k (tasa intrínseca de crecimiento), valor P, MSE (error cuadrático medio), Longitud patrón Máxima en L_{∞} y la edad en L_{∞} 77

Capítulo 4. Estimación de la capacidad reproductiva del pez diablo, determinación de la proporción hembra-macho, la fase de madurez gonádica y fecundidad. 86

Figura 4.1. Proporción de sexos de los organismos colectados en las en la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac. 91

Figura 4.2. Porcentaje de fases de madurez gonádica de los organismos colectados en el río Amacuzac..... 91

Figura 4.3. Porcentaje de fases de madurez gonádica de los organismos colectados en la presa Emiliano Zapata..... 92

Figura 4.4. Fases de madurez gonádica de los organismos colectados en el río Amacuzac..... 93

Figura 4.5. Fases de madurez gonádica de los organismos colectados en la presa Emiliano Zapata. 93

Figura 4.6. Comparación Fases de madurez gonádica de los organismos colectados en el río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata. 94

Figura 4.7. Variación porcentual del índice gonadosomático de la población de pez diablo de río Amacuzac. 95

Figura 4.8. Variación porcentual del índice gonadosomático de la población de pez diablo de la presa Emiliano Zapata. 95

Figura 4.9. Variación porcentual del índice gonadosomático del río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata del pez diablo. 96

Capítulo 5. Aprovechamiento y control del pez diablo en la presa Emiliano Zapata..... 106

Figura 5.1. Memoria fotográfica del taller “El pez diablo en la Presa Emiliano Zapata, Tlzapotla, Morelos. Problemática y alternativas de uso”. Asistentes al taller, cooperativa de pescadores.	113
Figura 5.2. Memoria fotográfica del taller “El pez diablo en la Presa Emiliano Zapata, Tlzapotla, Morelos. Problemática y alternativas de uso”. Autoridades, SAGARPA Morelos.....	114
Figura 5.3. Memoria fotográfica del taller “El pez diablo en la Presa Emiliano Zapata, Tlzapotla, Morelos. Problemática y alternativas de uso”. Ponentes.	114
Figura 5.4. Memoria fotográfica del taller “El pez diablo en la Presa Emiliano Zapata, Tlzapotla, Morelos. Problemática y alternativas de uso”. Participantes.	116

Prefacio

Tanto en México como en el mundo existen diversas especies que han logrado trasladarse a otros ecosistemas debido principalmente a actividades humanas; y cuando estos ambientes presentan buenas condiciones, éstas se establecen y se reproducen, convirtiéndose en especies exóticas invasoras que provocan una serie de daños. El impacto de dichos organismos hacia la biodiversidad de los ecosistemas es ineludible, ya que se caracterizan por provocar desplazamiento de especies nativas a través de competencia directa, depredación, transmisión de enfermedades modificación del hábitat y alteración de la estructura de los niveles tróficos.

Los peces exóticos han causado severos daños a los sistemas acuáticos. El pez diablo es una especie exótica que tiene un alto potencial invasivo. En los últimos años ha logrado asentarse en diversos cuerpos de agua del país debido a su capacidad adaptativa, ya que posee una resistencia superior a condiciones ambientales adversas, en relación con otras especies.

Los peces del género *Pterygoplichthys* son considerados muy prolíferos, con una elevada tasa de reproducción de tipo asincrónico, es decir, con diversos desoves a lo largo del año. La problemática del pez diablo se ha acentuado en algunos estados como Morelos, particularmente en el río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata, donde sus poblaciones han aumentado.

Hasta el momento se han reportado dos especies del género *Pterygoplichthys* en Morelos: *Pterygoplichthys pardalis* y *P. disjunctivus*, sin embargo, en este estudio se reportan especies diferentes (*P. gibbiceps*, *P. disjunctivus* y *P. ambrosetti*). Lo anterior se atribuye a que el estado de Morelos es uno de los centros de distribución y comercio de especies ornamentales, algunas son liberadas de manera incidental a los sistemas naturales como consecuencia de los pobres controles de las granjas acuícolas.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer dos años de resultados y estudios sobre el pez diablo en la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac, resaltando información de la biología y ecología del pez diablo que permita ayudar en el control de sus

poblaciones. Este documento presenta datos puntuales de sus hábitos reproductivos y características biológicas que permitirán planes de manejo efectivos.

José Augusto Chávez Valades

Capítulo 1. Descripción de las condiciones ambientales generales del río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata en Tilzapotla Morelos.

Resumen

El presente capítulo describe las condiciones ambientales del río Amacuzac y la Presa Emiliano Zapata (PEZ) en Morelos. Entre marzo de 2017 y abril de 2018 se realizaron muestreos con frecuencia mensual. En el río se realizaron muestreos en un solo sitio y en la PEZ en cinco, distribuidos por un gradiente de profundidad. Se recopiló y analizó información climática registrada en los últimos 30 años en las estaciones climatológicas: Tilzapotla, Chicatlacotla y Tehuixtla. En cada uno de los sitios se midieron las variables físico-química. Los resultados analizados describen dos épocas climáticas (secas y lluvias), con un promedio de temperatura ambiental anual de 43.5°C y un intervalo de precipitación de 0.1 a 126.2 mm. El río presentó valores promedio de temperatura de 26.49°C, pH de 7.15, conductividad de 1.06 mS/cm, transparencia de 57%, sólidos disueltos de 0.67 g/L y oxígeno disuelto de 1.3 mg/L. En la PEZ se observaron los siguientes promedios: temperatura 27.33°C; pH 7.15; conductividad 0.81 mS/cm; transparencia 39.5%; sólidos disueltos 0.48 g/L; y oxígeno disuelto 2.95 mg/L. Las condiciones ambientales en ambos cuerpos de agua presentan fluctuaciones estacionales que se ven reflejadas en los parámetros físico-químicos.

Palabras clave: variables fisicoquímicas, estaciones climatológicas, épocas climáticas, temperatura y oxígeno disuelto.

Abstract

This chapter describes the environmental conditions of the Amacuzac River and the Emiliano Zapata Dam (PEZ) in Morelos. Between March 2017 and April 2018, experimental samplings were carried out on a monthly basis. In the river, sampling was carried out in a single site and in the ZPE in five, distributed by a depth gradient. The climatological information registered in the last 30 years was collected and analyzed in the climatological stations: Tilzapotla, Chicatlacotla and Tehuixtla. Physical-chemical variables were measured at each of the sites. The analyzed results describe two climatic seasons (dry and rainy), with an annual ambient temperature range of 1 to 43.5°C and precipitation of 0.1 to 126.2 mm. The river presented average values of temperature of 26.49°C, pH of 7.15, conductivity of 1.06 mS/cm, transparency of 57%, dissolved solids of 0.67 g/L and dissolved oxygen of

1.3 mg/L. In the ZPE the following averages were observed: temperature 27.33°C; pH7.15; conductivity 0.81 mS/cm; transparency 39.5%; dissolved solids 0.48 g/L; and dissolved oxygen 2.95 mg/L. The environmental conditions in both bodies of water present seasonal fluctuations that are reflected in the physical-chemical parameters.

Keywords: physicochemical variables, weather stations, weather seasons, temperature and dissolved oxygen.

Introducción

Uno de los recursos naturales más importantes ligado directamente a las poblaciones humanas y determinante para el funcionamiento del sistema productivo, y ecológico, es el agua (López *et al.*, 1988). Las presas son estructuras hidráulicas que permiten almacenar y retener agua para aprovecharla en actividades antropocéntricas como la acuicultura; mientras los ríos son lugares de gran importancia para los ecosistemas, pues desempeñan diversas funciones ecosistémicas (Encalada 2010).

Tanto presas como ríos son sistemas acuáticos complejos de suma importancia para los organismos, ya que son fuentes de alimento y energía que les permiten desarrollarse y reproducirse. Estos sistemas presentan una estructura ambiental fluctuante a lo largo del tiempo y espacio influenciada por agentes climático-ambientales. Dichos factores determinan en gran medida las características de las especies que habitan en estos sistemas (Martínez de Fabricius *et al.*, 2003). Debido a que el régimen hidrológico ejerce un importante control sobre la biota, este es decisivo en la abundancia y dominio de las especies (García-Rodríguez *et al.*, 2011).

Existen numerosos estudios relacionados al río Amacuzac, sin embargo, la mayoría están enfocados en problemáticas de calidad de agua y en resaltar la importancia de algunas especies de peces de uso comercial, no obstante, el conocimiento de los parámetros ambientales es importante para la comprensión de la biología y ecología de las especies que lo habitan. Por otro lado, la presa Emiliano Zapata cuenta con escasa literatura que pueda dar a conocer las características hidrológicas y ambientales de esta estructura (González 1997).

Conocer la variación de los parámetros fisicoquímicos de la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac es fundamental para conocer su influencia en la dinámica de las poblaciones de peces que la habitan y a su vez en las estrategias de manejo y control.

Objetivo

Describir las condiciones ambientales generales del río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata en Tilzapotla Morelos, con base en muestreos y recopilación bibliográfica.

Materiales y métodos

Áreas de estudio

El estado de Morelos cuenta con siete ríos que recorren gran parte del territorio, cuatro lagos con diferentes características, 124 embalses entre presas, ollas, charcas y aproximadamente 50 manantiales (Martínez *et al.*, 2016).

El sistema hidrológico de este estado pertenece en su totalidad a la cuenca del río Balsas, que se considera como la más grande del sur del país y que vierte sus aguas

en el océano Pacífico (Fernández *et al.*, 1998). A su vez, se encuentra dividido en tres subcuencas: Nexapa, Balsas-Mezcala y Amacuzac, en la cual está ubicado el río Amacuzac que es uno de los más importantes del estado por su caudal.

El río Amacuzac, localizado en la región hidrológica No. 18, se ubica entre los paralelos 18° 00' y 19° 15' N y los meridianos 98° 30' y 100° 00' O. Este nace en el poblado de Cacahuamilpa en Guerrero, de la unión del río Chontacoatlán y el río San Jerónimo. Tiene una distancia aproximada de 80 km de longitud, al salir del municipio se interna a Puente de Ixtla por los ríos Chalma y Tembembe y se une a otros ríos para alimentar al río Mezcala y formar el río Balsas (CONAGUA 1997) (Figura 1.1a).

La PEZ es una de las presas más grandes del estado y se localiza dentro de la región hidrológica No. 18. Está ubicada en las coordenadas 18° 29' 58.52" N y 99° 16' 35.21" O, dentro del poblado de Tilzapotla en Morelos y cuenta con un perímetro aproximado de 4.3 km y una capacidad de 6,000,000 de m³ (Figura 1.1.0b).

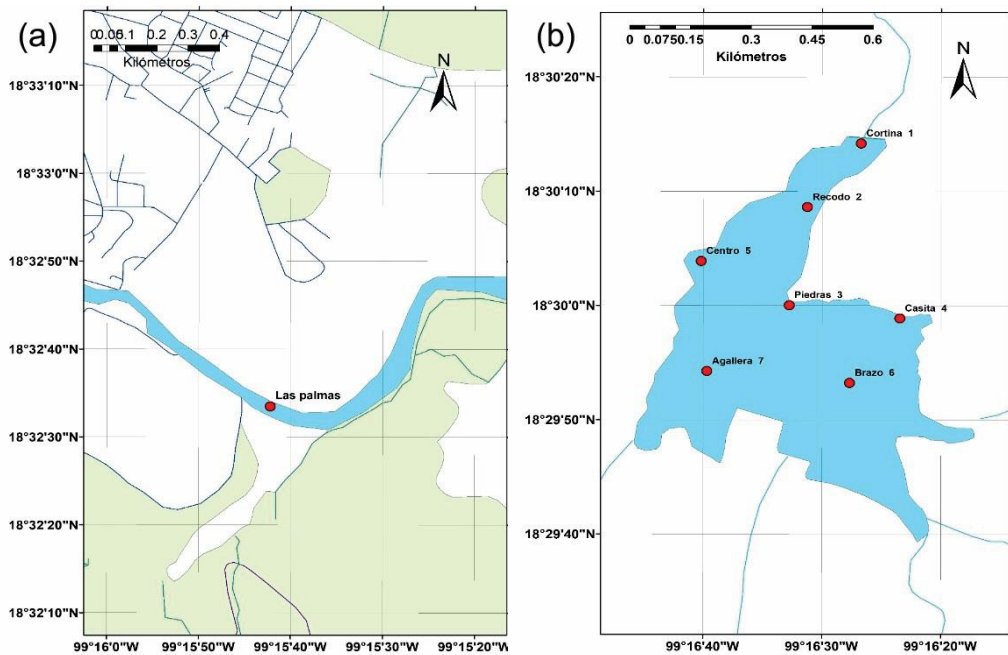


Figura 1.1. Ubicación espacial del río Amacuzac (a) y Presa Emiliano Zapata (b).

Para ampliar la descripción de las condiciones ambientales se consultó al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), donde se obtuvieron los datos de las estaciones climatológicas de Tilzapotla, Xicatlacotla y Tehuixtla. A partir de estos registros climáticos se analizó el comportamiento climático de la zona, esto con la finalidad de obtener datos de temperaturas máximas y mínimas, así como, datos de precipitación de los últimos 30 años para posteriormente determinar las temporadas climáticas y los efectos que provocan en los cuerpos de agua.

Además, se realizaron 12 muestreos entre marzo de 2017 y abril 2018 en cada uno de los sitios seleccionados. Es necesario aclarar que los muestreos en el río iniciaron en marzo de 2017 y terminaron en marzo 2018 y los de la PEZ en abril de 2017 y finalizaron en abril del 2018; se debe resaltar que el muestreo

correspondiente a septiembre no se realizó por el terremoto. Fue asignado un solo sitio de muestreo en el río Amacuzac que fue determinado a partir de las sugerencias realizadas por los pescadores de la zona (Figura 1.1a). Los muestreos en la PEZ se llevaron a cabo una vez que se obtuvo la aprobación de la cooperativa de pescadores de Tilzapotla; fueron asignados 7 puntos de muestreo tomando en cuenta un gradiente de profundidad (Figura 1.1b).

En cada uno de los sitios de muestreo se registró la temperatura del agua (°C), el oxígeno disuelto (mg/L), concentración de ion hidrógeno (pH), la conductividad (mS/cm), y el total de sólidos disueltos o TDS (g/L), con un equipo multiparamétrico YSI modelo 556 MPS en dos niveles de profundidad (superficie y fondo) cuando el nivel del agua lo permitía. Por otro lado, la transparencia y profundidad (m) fueron determinadas con un disco de Secchi.

Las variables fisicoquímicas medidas *in situ* y los datos obtenidos del SMN se representaron con gráficos de caja y bigotes, para comparar los sitios de muestreo y las épocas climáticas: lluvias y secas; de esta manera, fue posible observar valores promedio, máximos y mínimos.

Resultados

Parámetros fisicoquímicos

La temperatura y precipitación de las estaciones climatológicas, Tilzapotla, Puente de Ixtla y Xicatlacotla (Figuras 1.2), reflejan un patrón climático estacional similar, denotando dos épocas; Lluvias y Secas. La época de lluvias comienza en abril y termina aproximadamente en octubre, el periodo restante corresponde a la época

de secas. Debe resaltarse que dicho criterio aplica para las tres estaciones meteorológicas.

La temperatura más alta que se registró fue de 45°C en abril en la estación Puente de Ixtla y la mínima fue de 1°C en diciembre y enero en la misma estación (Figura 1.2c).

La precipitación presentó variaciones que permiten observar claramente el inicio de la temporada de lluvias, así como el final de esta. El mayor valor se obtuvo en septiembre (Tilzapotla, 150 mm) (Figura 1.2b) y el menor se pudo observar en diciembre y enero (Puente de Ixtla, 0.1 mm) (Figura 1.2d). La zona presenta un promedio general de precipitaciones de 145 mm anual.

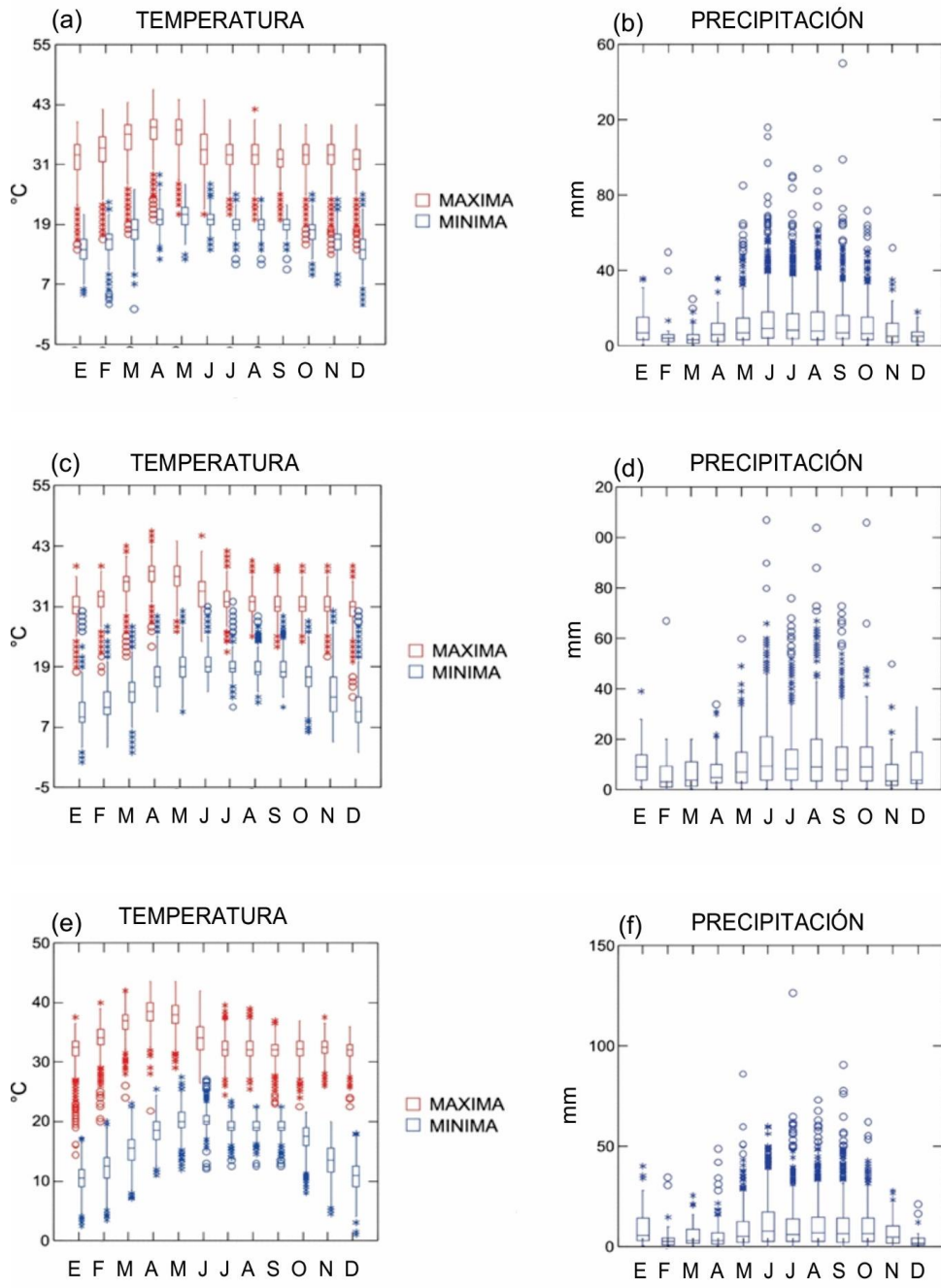


Figura 1.2. Promedios mensuales de temperatura y precipitación de los últimos 30 años registradas para la estación meteorológica Tilzapotla (a y b), Puente de Ixtla (c y d) y Xicatlacotla (e y f).

Por otro lado, también se llevó a cabo una interpolación de los datos de temperatura y oxígeno en las dos épocas climáticas en la PEZ. Durante la época de lluvias (Figura 1.3a) se registraron temperaturas entre 26.6°C (sitio 2) a 29.71°C (sitio 4).

Además, se observó que durante el periodo de secas (Figura 1.3b) se registró una temperatura de 24.01°C (sitio 2), la máxima se observó en el sitio 7 con 27.43°C.

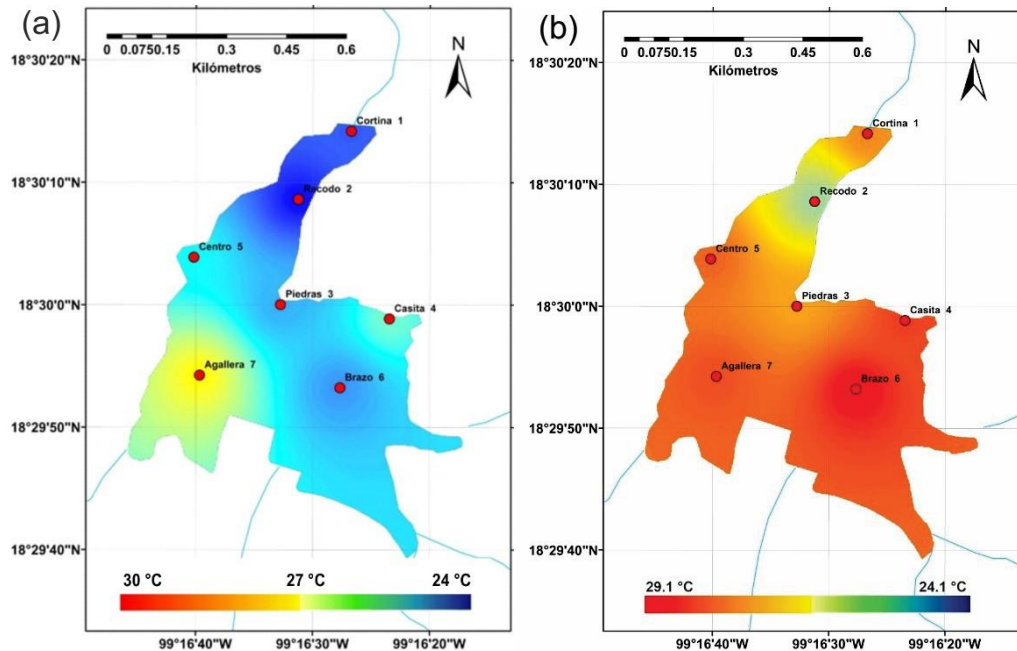


Figura 1.3. Distribución de temperaturas superficiales registradas en la época de lluvias (a) y secas (b) en la Presa Emiliano Zapata.

Durante la época de lluvias (Figura 1.4a) se observaron variaciones de oxígeno disuelto de 0.94 mg/L (sitio 1) a 1.81 mg/L (sitio 2), mientras que en el periodo de secas (Figura 1.4b) las concentraciones de oxígeno fluctuaron entre 0.17 mg/L en el sitio 1 y 4.01 mg/L en el sitio 7.

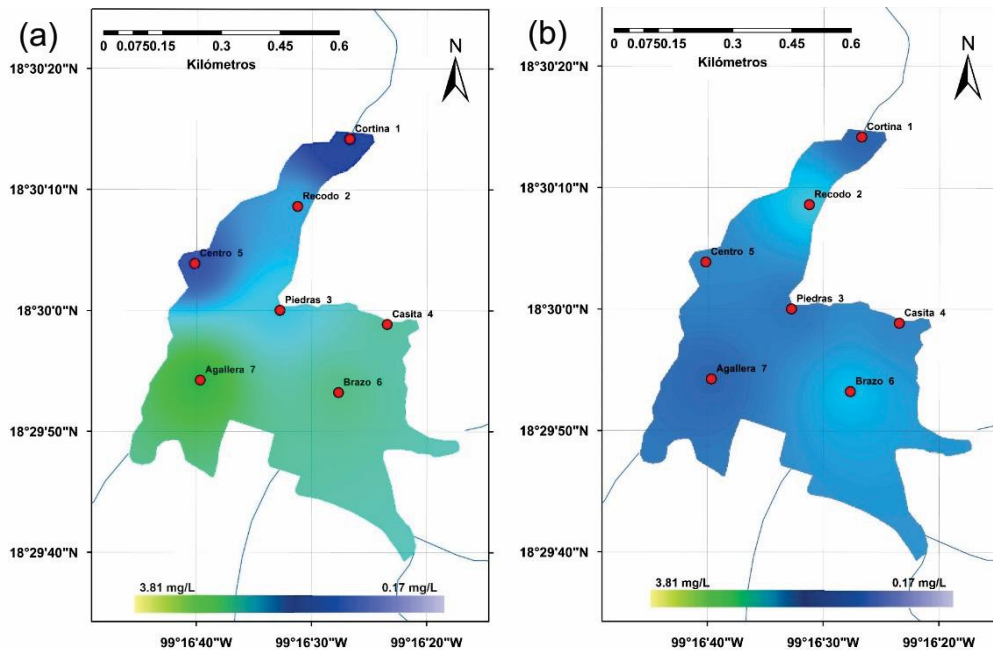


Figura 1.4. Distribución de oxígeno disuelto superficial registrado época de lluvias (a) y secas (b) en la Presa Emiliano Zapata.

La profundidad en la PEZ fluctuó de los 0.60 (sitio 4) a 19 m (sitio 1). Temporalmente, la mayor profundidad se presentó en agosto (19 m), que corresponde a la época de lluvias y la menor profundidad se registró en abril 2018 (Figuras 1.5).

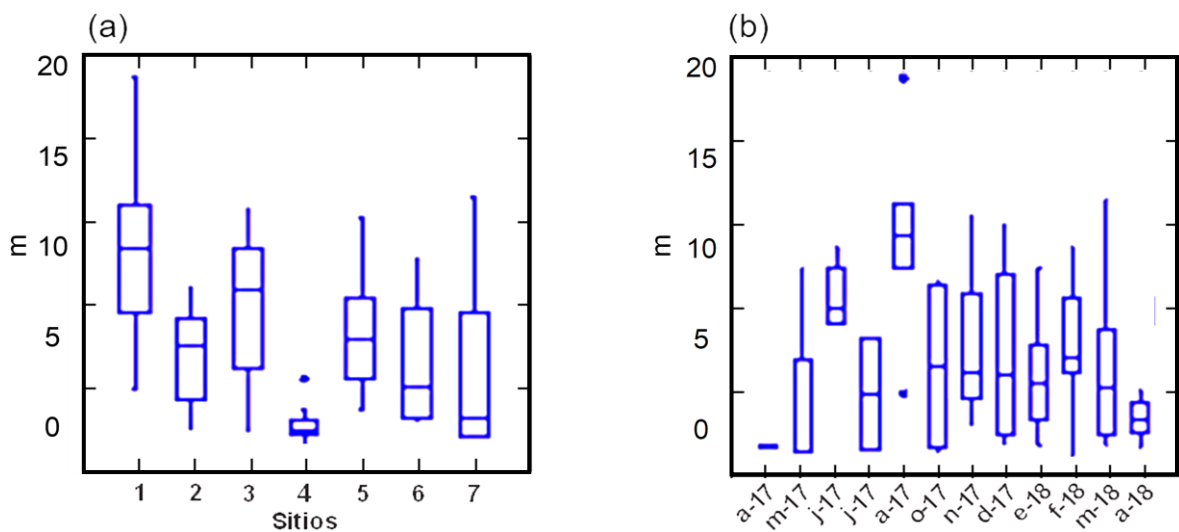
La temperatura en la parte superficial de la columna de agua osciló entre los 22.16 y 33.04°C (sitio 4), por otro lado, la temperatura de fondo presentó una fluctuación de entre 21.2 (sitio 1) y 28.5°C, siendo febrero el que reflejó la menor temperatura y junio la mayor (Figuras 1.6).

La conductividad mostró un valor mínimo en el sitio 4 de 0.61 mS/cm (octubre) y un valor máximo en el sitio de 1.15 mS/cm (agosto) ambos en fondo (Figuras 1.7). Por

otro lado, la concentración de sólidos disueltos varió entre 0.39 g/L (sitio 7, superficie en octubre) y 0.82 g/L (sitio 3, fondo en mayo) (Figuras 1.8).

El oxígeno disuelto fluctuó entre 0.05 mg/L en superficie (noviembre) y 5.85 mg/L en fondo (enero), en los sitios 1 y 7, respectivamente. Es importante mencionar que las concentraciones de oxígeno se mantuvieron bajas en el fondo durante todo el año, principalmente de agosto a febrero (Figuras 1.9).

Las lecturas de pH superficial oscilaron entre 6.4 y 10.6, el valor mínimo se presentó en el sitio 3, el mayor en el sitio 7; así mismo, los registros en fondo mostraron un mínimo de 6.8 en el sitio 3 y un máximo de 7.99 en el sitio 4. Los valores mínimos y máximos se presentaron en octubre y agosto, respectivamente (Figuras 1.10). Por otro lado, el porcentaje de transparencia fue de 0% en los sitios 5 y 6 (noviembre y diciembre), valor que aumentó en el sitio 7 con 75% (octubre) (Figuras 1.11).



Figuras 1.5. Mediciones de profundidad por sitio (a) y mes (b) de la presa Emiliano Zapata.

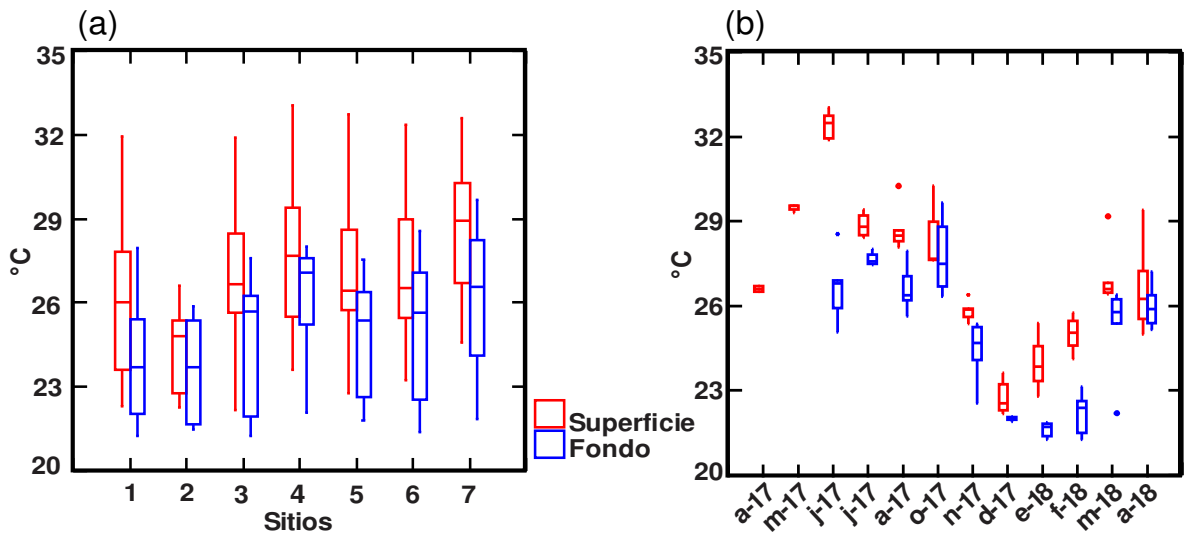
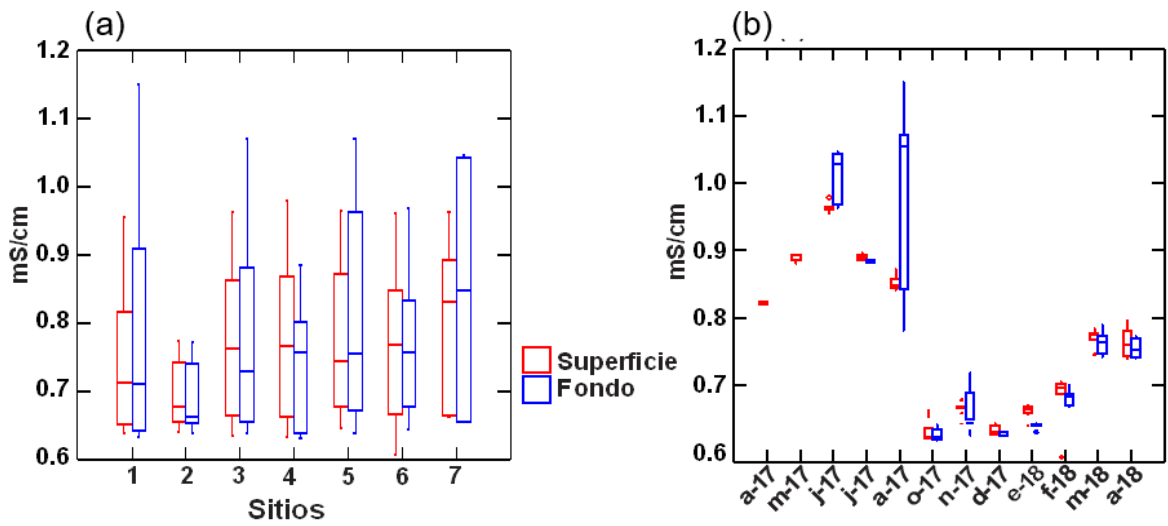
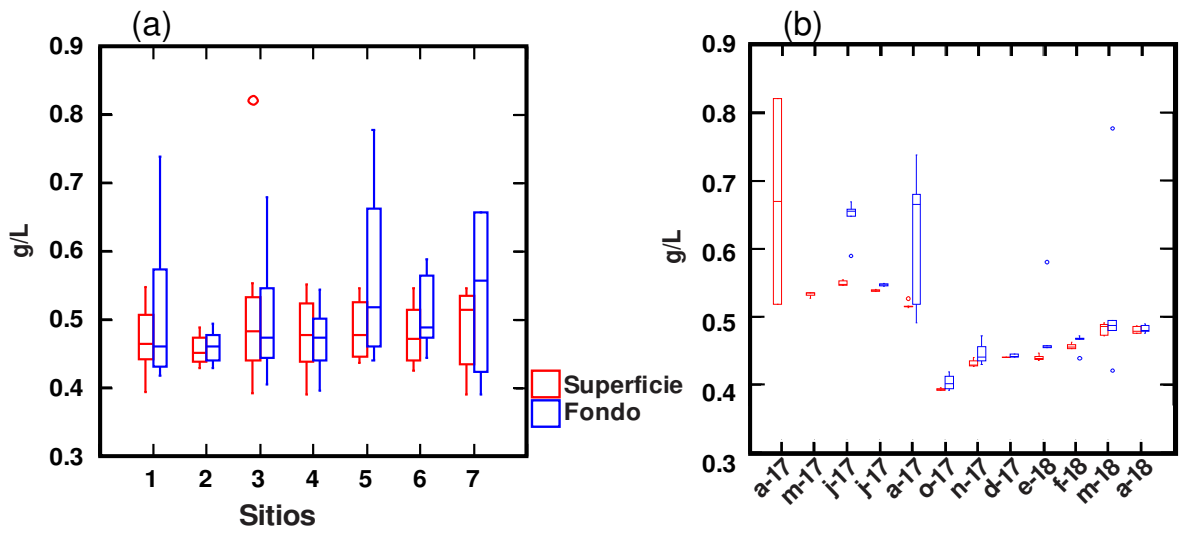


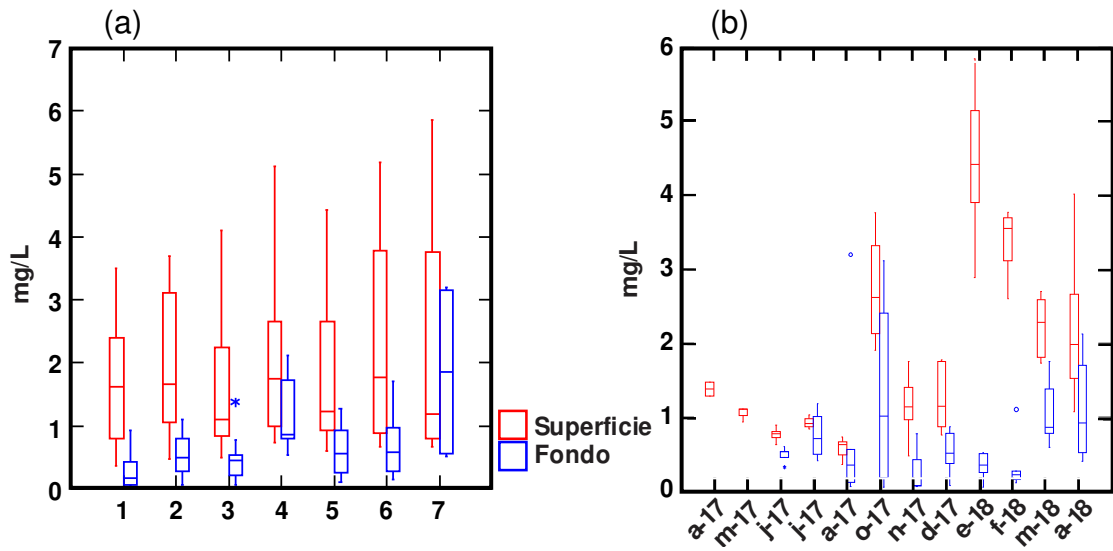
Figura 1.6. Temperaturas superficiales y de fondo por sitios (a) y meses (b) de la presa Emiliano Zapata.



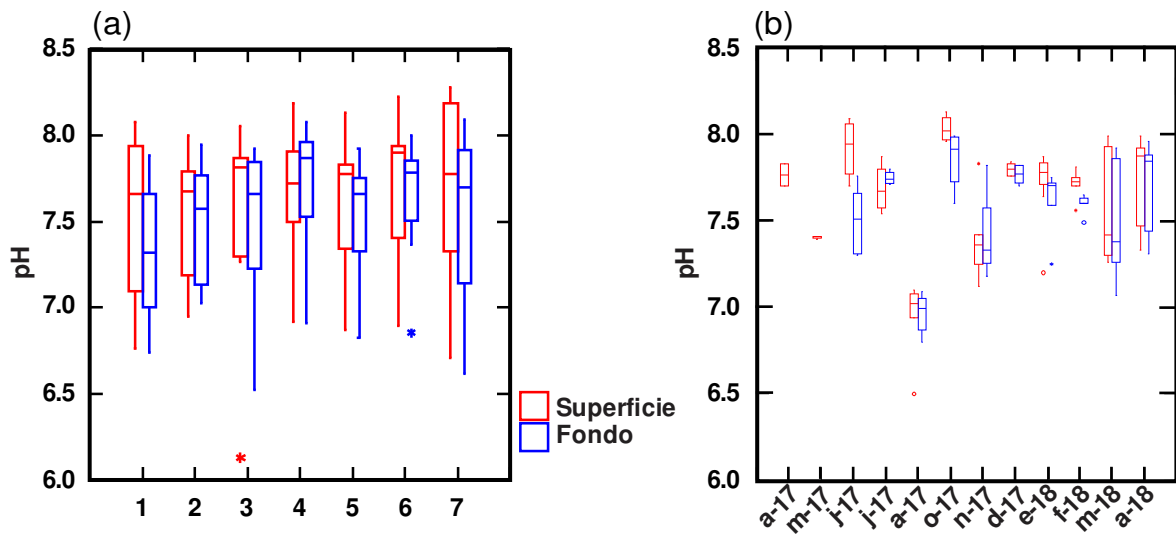
Figuras 1.7. Conductividad superficial y de fondo por sitios (a) y meses (b) de la presa Emiliano Zapata.



Figuras 1.8. Concentración de sólidos disueltos superficiales y de fondo por sitios (a) y meses (b) de la presa Emiliano Zapata.



Figuras 1.9. Concentración de oxígeno disuelto superficial y de fondo por sitio (a) y por mes (b) de la presa Emiliano Zapata.



Figuras 1.10. Dinámica de pH superficial y de fondo por sitio (a) y por mes (b) de la presa Emiliano Zapata.

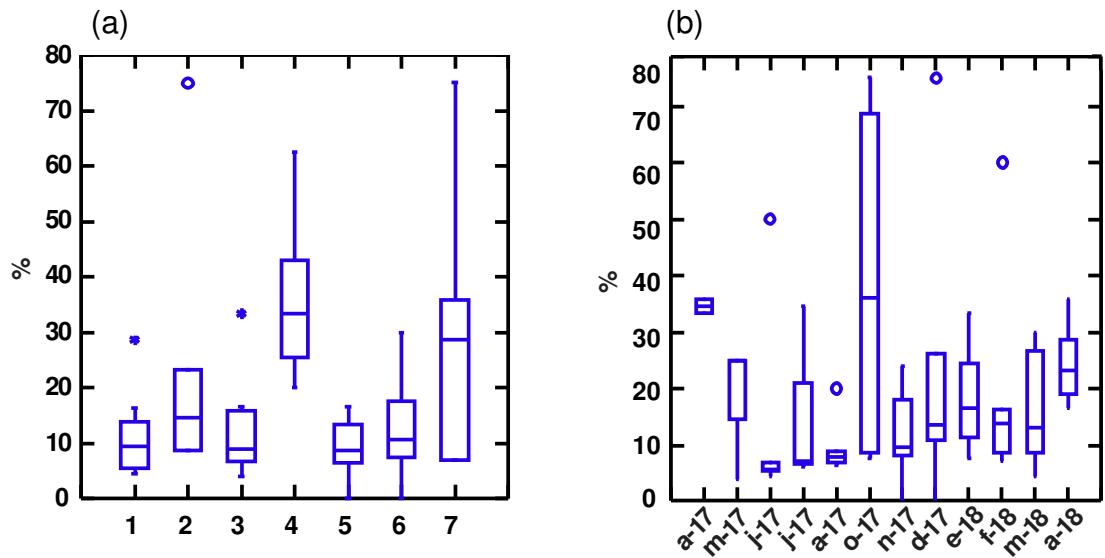


Figura 1.11. Registros de transparencia por sitio (a) y mes (b) de la presa Emiliano Zapata.

La profundidad en el río Amacuzac osciló entre los 0.5 m en enero y 2 m en octubre, (Figura 1.12a). La temperatura presentó variaciones de 21.74 a 28.87°C registrándose la máxima en diciembre y la mínima en agosto, coincidiendo con la temporada de secas (Figura 1.12b).

Los valores de conductividad exhibieron un valor mínimo de 0.34 mS/cm en agosto, y un valor máximo de 1.53 ms/cm en abril, ambas lecturas fueron tomadas en fondo (Figura 1.13a). La concentración de sólidos disueltos mostró un valor mínimo 0.22 g/L en febrero y un valor máximo de 0.97 g/L en abril (Figura 1.13b).

El nivel de oxígeno disuelto presentó una concentración mínima de 0.73 mg/L la cual se observó en agosto y una concentración máxima de 1.87 mg/L registrada en marzo (Figura 1.14a).

Los valores de pH se mantuvieron alcalinos, la menor lectura se registró en agosto con un valor de 6.85, la mayor lectura se presentó en octubre con un valor de 7.45 (Figura 1.14b).

El porcentaje de transparencia osciló entre 0% y 100%, la menor transparencia se encontró en agosto, la mayor transparencia se registró durante la temporada de secas (Figura 1.15).

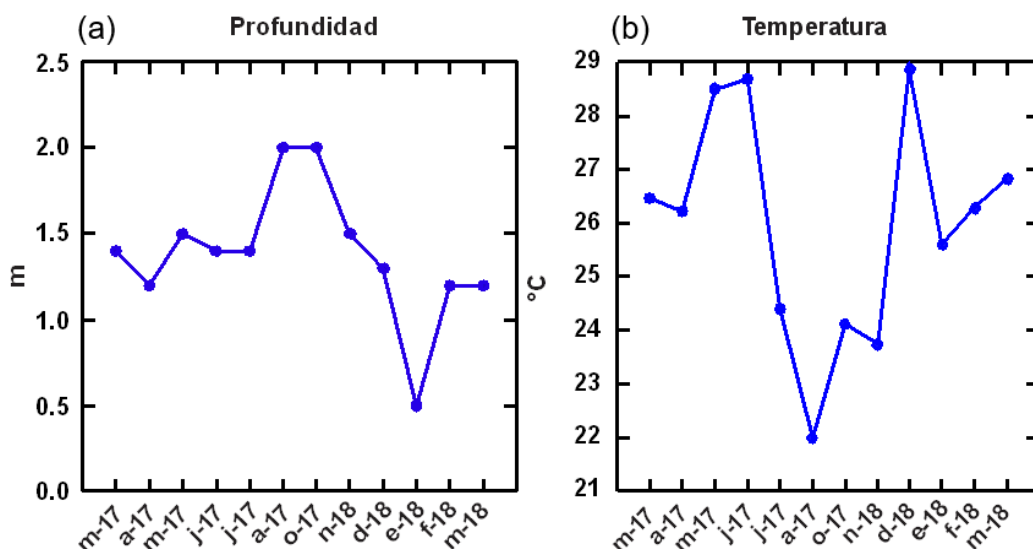


Figura 1.12. Mediciones de profundidad (a) y temperatura (b) mensual en el río Amacuzac.

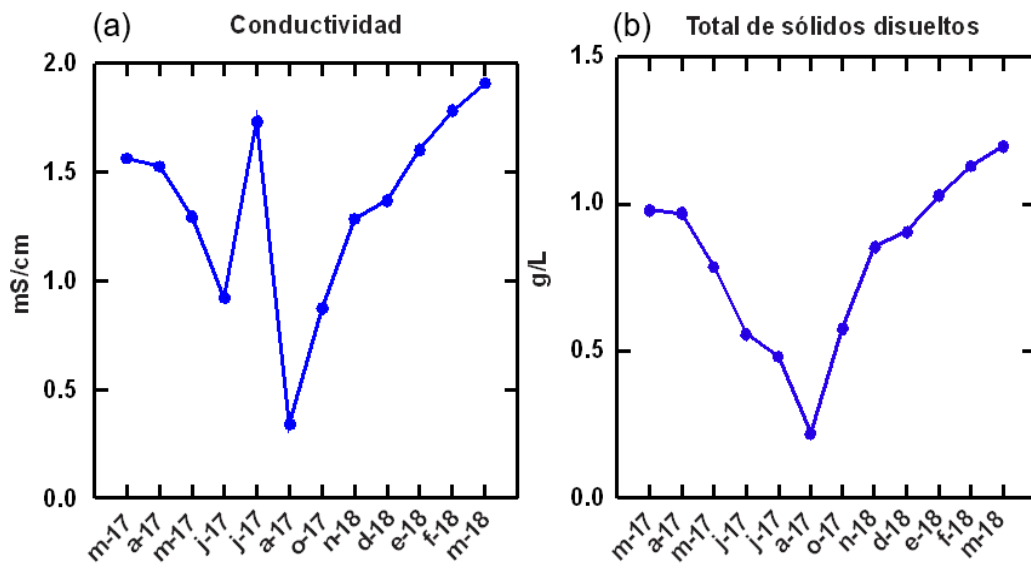


Figura 1.13. Conductividad (a) y total de sólidos disueltos (b) mensual en el río Amacuzac.

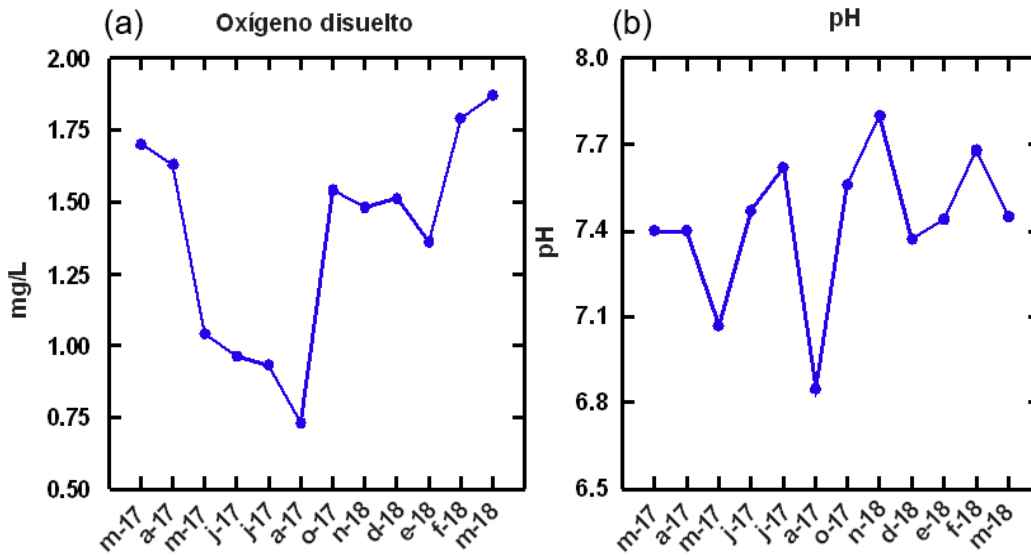


Figura 1.14. Concentración de oxígeno disuelto (a) y pH (b) mensual en el río Amacuzac.

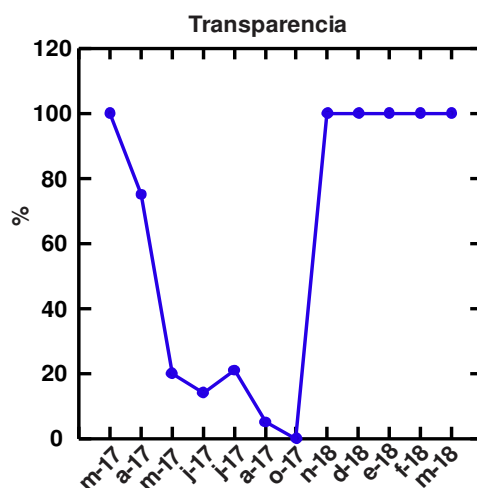


Figura 1.15. Mediciones de transparencia en el río Amacuzac.

Discusión

El clima en Tilzapotla y la zona del río poseen características de áreas que se extienden desde el Ecuador hasta los trópicos con alturas inferiores a 1000 m, con lluvias que rondan los 750 mm (Zavaleta 2018). De acuerdo con INEGI (2019) estos climas también son llamados megatérmicos o cálidos con bosques. El estado de Morelos cuenta con una precipitación de 900 mm anual lo que le atribuye a la zona de estudio la categoría Aw (García 1997). Asimismo, los climas Aw de Morelos están relacionados con otros grupos de climas que, por extensión territorial, son: cálido subhúmedo (68.17%), semicálido subhúmedo (18.85%), templado subhúmedo (9.7%), semifrío húmedo (2.25%) y semifrío subhúmedo (1.03%) Vidal *et al.*, (2007). Los climas Aw se caracterizan por presentar una temperatura mayor a los 18°C en los meses más fríos (Vidal 2005), sin embargo, en este estudio, los datos procesados del SMN demuestran que, en los meses más fríos, la temperatura puede descender hasta 1°C.

Dicha clasificación también es apoyada en el trabajo de Albarrán *et al.*, (2009), quienes reportan condiciones de temperatura y precipitación similares, separando la zona en dos épocas climáticas consistentes con lo antes mencionado por el SMN (2018) y la CONAGUA (2018), la clasificación de ambientes por épocas climáticas es común, ya que permite un mejor estudio y comparación de las variables físico químicas y zonas geográficas (Gómez 2014).

En las zonas de este estudio es posible observar dos épocas climáticas a partir de los registros del SMN (2018); secas contempla de noviembre a abril, la cual está acompañada de un incremento en la temperatura ambiental; y la de lluvias que comprende de mayo a octubre, caracterizada por un descenso gradual de la temperatura ambiental hacia los meses con más precipitación (Ahumada-Sempoal *et al.*, 2008).

La temperatura promedio en la localidad en Tilzapotla, según el gobierno del estado, ronda los 8°C en los meses invernales, con un promedio de 25°C (INEGI 2019); no obstante, las estaciones del SMN analizadas, registran que las temperaturas pueden descender hasta 1°C en diciembre y enero (SMN 2019). El Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN) para Puente de Ixtla y Amacuzac menciona que, por su ubicación, ambas zonas presentan riesgo de presentar temperaturas extremas incluso menores a 1°C (PACMUN 2017 y Quiróz, 2018).

Los parámetros fisicoquímicos, son considerados como componentes abióticos importantes, ya que proporcionaron datos relevantes sobre el comportamiento de los sistemas acuáticos (Kobza *et al.*, 2004).

La profundidad es una variable fundamental en el flujo de calor y transparencia de la columna de agua (Salas-Pérez y González-Gándara 2016). En la PEZ esta

variable estuvo en función de las épocas climáticas, ya que éstas definen casi por completo los niveles de agua. Además, la profundidad es un factor espacial que influye directamente sobre otros parámetros como la temperatura y el oxígeno disuelto.

Las condiciones internas de los cuerpos de agua son distintas a los registros reportados en varios estudios realizados en el plan PACMUN y municipios aledaños a Tlzapotla y Amacuzac (Flores 2015). En cambio, existen coincidencias en la estacionalidad, pues claramente se observan dos épocas climáticas, lo que afecta directamente las temperaturas acuáticas (INEGI 2019; SMN 2018; CONAGUA 2018). Las cuales se pueden ver influidas por condiciones como la radiación solar, el estado trófico del cuerpo de agua, la cantidad de sólidos disueltos y la profundidad (Degano *et al.*, 2016). La temperatura presentó un aumento marcado en los meses de mayo, junio y julio, (Figuras 1.6 y 1.12b) afectando principalmente la composición de los parámetros físico químicos (Castro 2000).

Las lecturas de conductividad más altas fueron registradas en la PEZ, esto se debe a que la conductividad está íntimamente relacionada con la cantidad de sólidos disueltos. La variación de la conductividad puede relacionarse a factores como la pureza química del agua; mientras más pura es el agua, es menor la concentración de electrolitos y por lo tanto, la conductividad presenta valores bajos (Carrera-Villacres *et al.*, 2016).

Las características de un ambiente eutrofizado como la presa con una gran cantidad de sólidos y materia orgánica en suspensión afectan las lecturas de conductividad (Jiménez *et al.*, 2016). Cabe mencionar que el río presenta aguas más cristalinas y

con menos cantidad de sólidos, a excepción de los meses donde las lluvias arrastran una gran cantidad de materiales.

La concentración de oxígeno disuelto exhibe un comportamiento dependiente de la estratificación térmica en la columna de agua, presenta variaciones descendentes de la superficie al fondo (Ramírez *et al.*, 2007). Este fenómeno es visible principalmente en la PEZ, en las zonas de mayor profundidad. La capacidad de estratificación y la relación de la temperatura con las concentraciones de oxígeno, están estrechamente ligadas a las condiciones tróficas y la profundidad; la temperatura suele descender 1°C por cada metro de profundidad (Degano *et al.*, 2016). El comportamiento de la temperatura con respecto a la profundidad se pudo observar en el sitio 1 de la presa, donde la profundidad alcanzó los 19 m y los valores de oxígeno fueron de 0.05 mg/L.

El descenso de los parámetros de temperatura y la fluctuación del oxígeno en agosto permite observar la relación entre estos dos parámetros (Astor *et al.*, 1988 y Valdés *et al.*, 2006). Así mismo, las concentraciones de oxígeno son mayores en los meses más fríos (diciembre, enero y febrero) en la PEZ, a diferencia de los meses más cálidos donde se registraron menores concentraciones de oxígeno disuelto (Figuras 1.9). Esto es un fenómeno común en este tipo de embalses, ya que la dinámica del oxígeno guarda un paralelismo con las variaciones experimentadas por la temperatura del agua (Moya *et al.*, 2013). Además, Muñoz *et al.*, (2015) mencionan que el aumento en el oxígeno está relacionado con los aportes pluviales de la época de lluvias.

El oxígeno disuelto en la PEZ en ocasiones presentó valores cercanos a cero (0.05 mg/L). Lo cual es un indicador de procesos de oxidación de la materia orgánica

(Díaz *et al.*, 2000). El oxígeno disuelto es fundamental, ya que es generado por los productores primarios y consumido por los organismos aeróbicos, y a su vez repercute en la presencia y/o ausencia de organismos acuáticos (Díaz-Vargas *et al.*, 2005).

La concentración de oxígeno disuelto es estable en el río Amacuzac durante todo el año, lo que se atribuye a factores como el flujo hidráulico, el cual adiciona constantemente al oxígeno atmosférico por acción de la fricción con cuerpos inmersos, bordes, desniveles y la incorporación constante de oxígeno atmosférico durante todo el trayecto del río (Peña *et al.*, 2006; Pauta *et al.*, 2019).

El pH es una de las variables más usadas por los investigadores para determinar diversas características de los cuerpos de agua, este es de vital importancia para los organismos que los habitan. Los valores de pH en los sistemas acuáticos epicontinentales suelen ser alcalinos mayores a 6.5 (Sánchez 2007).

En este estudio los valores de pH para ambas zonas se mantuvieron a rededor de 7. Los valores alcalinos en cuerpos de agua son una característica de sistemas epicontinentales, debido a que reciben aportes constantes de materia orgánica e inorgánica que suele influir en los valores (Albarrán *et al.*, 2009).

Los aportes de aguas grises en la PEZ y el río repercuten en los niveles de alcalinidad y acidez. Autores como Espigares (2006), advierten que existe una fuerte relación entre los aportes de aguas residuales de carácter doméstico y agrícola con la fluctuación del pH de los cuerpos de agua; así mismo se caracterizan por presentar un alto contenido de materia orgánica, repercutiendo directamente en su alcalinidad (Yáñez 2018).

La transparencia y turbidez son factores que influyen directamente en las condiciones del medio acuático y por lo tanto limitan la abundancia y crecimiento de los organismos (Chang 2009). Estas variables se encuentran relacionadas con las concentraciones de oxígeno disuelto, pH y la diversidad acuática.

La contaminación presente y el aporte de aguas residuales modifican las condiciones de la columna de agua, dichos aportes propician que la cantidad de partículas suspendidas aumente. Durante la época de secas hay mayor concentración de solutos en el agua, afectando las concentraciones de oxígeno disuelto y otras variables, por lo que, es correcto decir que dichas concentraciones fluctúan con el aumento de los aportes de aguas residuales (Muñoz *et al.*, 2015). La relación de la materia orgánica e inorgánica con las concentraciones de oxígeno disuelto y la cantidad de luz que pasa por la columna de agua, permite la fotosíntesis y por tanto la incorporación de oxígeno (Ampueru 2018).

El río contiene partículas suspendidas que repercuten en la transparencia del agua, sin embargo, estas se sedimentan rápidamente cuando el agua se encuentra con menor movimiento (noviembre a marzo) (Basile 2018), dejando al descubierto agua con una alta transparencia.

El agua de la presa se encuentra estancada y solo tiene aportes de escurrimientos, una incipiente adición de oxígeno atmosférico por el escaso movimiento, además de constantes aportes de aguas residuales de la comunidad aledaña (SEMARNAT 2012) lo que la provee de mayor cantidad de materia suspendida afectando su transparencia.

Conclusiones

- Las características ambientales reflejadas por el análisis de datos de ambas zonas de estudio permiten determinar que la precipitación y temperatura registrados por el SMN reflejan dos épocas climáticas, estiaje o secas y la época de lluvias.
- Tanto la PEZ como el río son hábitats que contienen una alta concentración de materia orgánica suspendida, afectando su transparencia, ambos cuerpos de agua se encuentran influenciados por descargas de aguas de desecho doméstico y agrícola, ya que se encuentran en una zona con asentamientos humanos lo que afecta el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.
- Durante la época climática lluviosa, la eutrofización de la presa está en función de los aportes de nutrientes provenientes de los desechos de productos agrícolas y domésticos.
- Existe una marcada diferencia entre los dos cuerpos de agua, sobre todo en parámetros como transparencia, oxígeno disuelto y profundidad, dichos parámetros evidencian que la PEZ es un ambiente con características de un ambiente eutrofizado e impactado por lo aportes de aguas domésticas, de tipo agrícola y la cantidad de basura que se encuentra en esta zona.
- Las condiciones ambientales en ambos cuerpos de agua presentan fluctuaciones estacionales importantes que se ven reflejadas en los parámetros físico-químicos, uno de los que más llama la atención es la variación del oxígeno disuelto, sobre todo en la PEZ, donde en algunos sitios presentaron condiciones de anoxia.

Literatura citada

- Aguilar A. (2005). Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua. *Revista Digital Universitaria*. 6, 1–14p. Disponible en: [Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua \(unam.mx\)](http://www.unam.mx/revista-digital/revista-digital-6-1-14p-los-peces-como-indicadores-de-la-calidad-ecologica-del-agua).
- Aguirre A. y R. Mendoza. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. 277-318pp. En: *Capital natural de México Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 806p.
- Ahumada-Sempoal, M.A. y N. Ruiz-García. (2008). Características físico-químicas de la laguna Pastoría, Oaxaca, México. *Ciudad universitaria campus puerto ángel*. Oaxaca. México. *Ciencia y Mar*, 12(36). 7p.
- Albarrán M.N.C., L.J. Rangel-Ruiz y J. Gamboa-Aguilar. (2009). Distribución y abundancia de *Melanoides tuberculata* (*Gastropoda: Thiaridae*) en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 25 (1): 35-104p. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57511206009>.
- Amador-del Ángel L.E, A.T. Wakida-Kusunoki, M.A. Sánchez-Martínez, y J. Hernández-Nava. (2016). Consideraciones económicas para el manejo del pez diablo en el área protegida de Laguna de Términos. 145-150pp. En: Vega-Rodríguez BI, Ayala-Pérez LA, Terán-González CJ, Martínez-Romero GA, Chávez-Valdés JA (eds). *El pez diablo en México: Protocolo de prevención, respuesta rápida y control*. Universidad Autónoma Metropolitana, México 158p.
- Amador-del Ángel L.E, E. Endañú-Huerta, E. Mendoza-Gutiérrez, E. Guevara-Carrió, R. Brito-Pérez y A. Wakida-Kusunoki. (2011). Análisis socioeconómico de los pescadores del Río Palizada, Campeche y su apreciación sobre el impacto a sus actividades por las especies invasoras. Simposio para el conocimiento de los recursos costeros del sureste de México del 6 al 10 de junio de 2011 en ciudad del Carmen, Campeche 15p.
- Amador-del Ángel L.E., A.T. Wakida-Kusunoki, E. Guevara, R. Brito y P. Cabrera Rodríguez. (2009). Peces invasores de agua dulce en la región de la laguna de Términos, Campeche. *U. Tecnociencia*. 3(2):11-28p.
- Ambruster J.W. y L.M. Page. (2006). Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Pterygoplichthys* (*Siluriformes: Loricariidae*). *Neotropical Ichthyology*, 4(4): 401-409p.
- Ampuero L.A.A. (2018). Relación de pH y oxígeno disuelto de fondo con la distribución de bentos calcificante de la plataforma centro-norte peruana. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias del mar. Lima Perú. 201p.

- Astor Y., J. Meri y F. Muller-Karger. (1998). Variabilidad estacional hidrográfica en la Fosa de Cariaco. Mem. Soc. Ciencias. Naturales. La Salle. 58(149), 61-72p.
- Ayala-Pérez L.A, B.I Vega, G.J Terán y G.E Martínez. (2015). El pez diablo en México. Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 63p.
- Ayala-Pérez L.A, N. Sánchez-Santillán, G. Terán-González, O. Vasco-Villa, G. Martínez-Romero, L. Orozco-Barajas, M. Morales-McDevitt, S. Santos Montesinos, R. Muños de Cote-Hernández, B. Angulo-Rodríguez, B. Herrera-Izquierdo y P. Ayala-Niño. (2013). Proyecto: "Determinación de la vía de invasión del pez armado en las ANP y sitios prioritarios de conservación en la región hidrológica Grijalva-Usumacinta y su manejo: caso región occidental del ANP Laguna de Términos, Campeche". México, Universidad Autónoma Metropolitana /Conanp.
- Baron J.S., N.L. Poff, P.L. Angermeier, C.N. Dahm, P.H. Gleick, N.G. Hairston Jr. y A.D. Steinman. (2003). Sustaining healthy freshwater ecosystems. Issues in Ecology, 10: 1-16p.
- Basile P.A. (2018). Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales / Pedro A. Basile; prólogo de Gerardo A. Riccardi, 1ª Ed., Rosario: UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario. Argentina. 473p.
- Callejas C.A. (2017). Educación ambiental como estrategia de control del pez diablo en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco. CDMX México. 70p.
- Cano M., V. Ward y S. Posada. (2012). Diagnóstico de la actividad pesquera en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon: análisis consolidado 2006-2011. Informe técnico, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales Territorial Caribe, Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, Providencia Isla. 47p.
- Cano Salgado M.P. (2011). El plecos (*Pterygoplichthys spp.*): su invasión y el abordaje de las cooperativas balcanenses. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 20-125p.
- Carrera-Villacrés D., P. Guevara, V. Andrade y P. Piedra. (2016). Análisis multitemporal de los parámetros potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y cloruros del sistema hidrográfico del Río Ambi-Yachay. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo. 1(6). 33p.
- Castro S.D. (2000). Aneas. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. vol. 60. Universidad de Barcelona [ISSN 1138-9788]. Universidad Nacional de San Juan Argentina. 1-18p.
- Chang G.J. (2009) Curso de limnología. Escuela Superior Politécnica de la litoral facultad de ingeniería marítima. Guayaquil, Ecuador. 2-38p.

- CONABIO (2004). Ficha técnica para la evaluación de los sitios prioritarios para la conservación de los ambientes costeros y oceánicos de México. (Consulta: 20 de junio de 2016.) Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/gap/images/a/af/16_Cabo_San_Lucas.pdf>.
- CONAGUA (2006). Solicitud de información pública o de acceso a datos personales: número de folio 1610100040213. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://www.infomex.org.mx/gobiernofederal>.
- CONAGUA. (1997). Calibración de la Red Primaria de Monitoreo de la Calidad del Agua: Manual del Calibrador. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua-Red Nacional de Monitoreo. México. 222p.
- CONAGUA. (2006). Solicitud de información pública o de acceso a datos personales: número de folio 1610100040213. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://www.infomex.org.mx/gobiernofederal>.
- CONANP (2004). Programa de conservación y manejo reserva de la biósfera Archipiélago de Revillagigedo. SEMARNAT. México. 220p.
- Contreras-MacBeath T., M.T. Gaspar-Dillanes, L. Huidobro-Campos y H. Mejía-Mojica. (2014). Peces invasores en el centro de México. Especies acuáticas invasoras en México, R. Mendoza y P. Koleff (coords.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. México. 413-424p.
- Degano M.F., M.I. Rodríguez y C.M. Dasso. (2016). Dinámica térmica de cuerpos de aguas eutróficas: caso Embalse San Roque. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 3(1). 93-100p.
- Díaz J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria y S. Zea. (2000). Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR. Serie publicaciones especiales. 5. 176p.
- Díaz-Vargas M., E.E.E. Arriaga, H.Q. Castelán, J.G. Rodríguez y I.M. Estudillo. (2005). Caracterización de algunos parámetros físico químicos del agua y sedimento del lago Zempoala, Morelos, México. Laboratorio de Hidrobiología, Centro de Investigaciones Biológicas. UAE. Morelos México. 15(2). 65p.
- Escalera-Gallardo C., M. Arroyo-Damián y R. Moncayo-Estrada. (2011). Transferencia de los procesos metodológicos para el aprovechamiento del pez diablo en la región de tierra caliente, Michoacán. En Díaz-Perera, M.A. y L. Uribe-D'. Congreso Académico Nacional, Semana de Intercambio Académico (SIA). ECOSUR, unidad Villahermosa. Tabasco. México. 40-55p.
- Espigares G.M. (2006). Virus en aguas de consumo. Higiene y Sanidad Ambiental. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Granada. Facultad de Farmacia. Campus Universitario de Cartuja. Granada. España. (6). 173-189p.
- Fernández R., C. Rodríguez, M.L. Arreguín y A. Rodríguez. (1998). Listado florístico de la cuenca del río Balsas, México. Polibotánica 9. 1–151p.

- Flores D.L.A. (2015). De la gobernanza ambiental transnacional a su implementación local: el caso Pacmun en México. Tesis de Maestría. Repositorio nacional CONACYT universidad autónoma de San Luis Potosí, facultad de ciencias químicas ingeniería y medicina, programas multidisciplinarios de posgrado en ciencias ambientales. San Luis Potosí. México. 122 p.
- García E. (1997). Cartas de Climas, escala 1: 1, 000,000 según el Sistema de Köppen Modificado por García EN 1988. 24 de noviembre de 2018 de CONABIO. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- García-Rodríguez J., F.I. Molina-Astudillo, H.Q. Castelán, P.T. Jiménez y M.D. Vargas. (2011). Distribución y sistemática del fitoplancton a lo largo del río Amacuzac. Morelos. México. Acta Universitaria. (2). 21. 23p.
- Gómez J.A.G. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Trabajo de Maestría, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas, Universidad de Manizales. Colombia. 27p.
- González R.J.M. (1997). Aspectos hidrobiológicos de la presa Emiliano Zapata Morelos México. Tesis para obtener el grado de biólogo. Universidad Autónoma de México. Ciudad de México. México. 87p.
- Guevara-Carrió E.D.C., R. Brito-Pérez y E. Endañú-Huerta. (2014). Aspectos biológicos e impacto socioeconómico de los plecós del género *Pterygoplichthys* y dos cíclidos no nativos en el sistema fluvio-lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen. Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO Ficha técnica pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*, proyecto No. GN004 México. D.F.
- Herber F., U.K. Schliewen, M.F. Geiger, R.K. Hadiaty y S.M.Gray. (2012). Alien invasion in Wallace's Dreamponds: records of the hybridogenic "flowerhorn" cichlid in Lake Matano, with an annotated checklist of fish species introduced to the Malili Lakes system in Sulawesi. Aquatic Invasions 7(4): 521-535p.
- Ibáñez A.L., H. Espinosa Pérez y J.L. García-Calderón. (2011). Datos recientes de la distribución de la siembra de especies exóticas como base de la producción pesquera en aguas interiores mexicanas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82(3): 11p.
- IMTA, CONABIO, GECI, Aridamérica, The Nature Conservancy. (2007). Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. Jiutepec. Morelos. México. 15-50p
- INEGI (2019). Gobierno del Estado de Morelos. Anuario Estadístico del Estado de Morelos año 2000, Cuernavaca. Morelos. Morelos. México. Disponible en línea en: [Número de habitantes. Morelos \(inegi.org.mx\)](http://inegi.org.mx).

- Jiménez M.L.L., F.A.J. Huarcaya, y Q.V. Ibáñez. (2016). Tratamiento de aguas eutrofizadas de la bahía interior de Puno, Perú, con el uso de dos Macrófitas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. Vicerectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú 18(4), 403-410p.
- Kobza R.M, J.C Trexler, W.F Loftus y S.A Perry. (2004). Community structure of fishes inhabiting aquatic refuges in a threatened Karst wetland and its implications for ecosystem management. *Biol Conserv*. 116(2):153-65p.
- Lopez D.A.y A. Buschmann. (1988). Sobre las interacciones depredador-presa en ecosistemas intermareales y terrestres. *Revista Chilena de Historia Natural* 61, 19-21p.
- Martínez C.A. y H.M Ramírez. (2016). Catálogo de peces ornamentales producidos en Morelos con capacidad de ser Especies Exóticas Invasoras (EEI). Elaborado dentro del proyecto GEF 00089333. Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras. Morelos. México. 183p.
- Martínez De Fabricius A.L., N. Maidana, N. Gómez y S. Sabater. (2003). Distribution patterns of benthic diatoms in a Pampean river exposed to seasonal floods: the Cuarto River (Argentina). *Biodiversity and conservation*. Cordoba. Argentina. 12(12). 2443-2454p.
- Mendoza R., J.P. Fisher, W. Courtenay, C. Ramírez, A. Orbe, C. Escalera y S. Contreras. (2009). Evaluación trinacional de riesgos de los peces (*Loricariidae*). B. Cudmore, R. Orr y P. Koleff (eds.), 50-80p.
- Mendoza R., S. Contreras, C. Ramírez, P. Koleff, P. Álvarez y V. Aguilar. (2007). Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70: 1-5p.
- Moya G. y G. Ramon. (2013). Evolución del contenido de oxígeno disuelto en las aguas de los embalses de la Serra de Tramuntana (Mallorca). Estudio comparado." *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*. 81-93p.
- Muñoz H., S Orozco, A. Vera, J. Suárez, E. García, M. Neria y J. Jiménez. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnología y ciencias del agua*. 59-74p.
- Nico G.N, LB. Peter, R.J. Gerald y L.J. Howard. (2012). "Discovery of South American suckermouth armored catfishes (*Loricariidae*, *Pterygoplichthys spp.*) in the Santa Fe River drainage. Suwannee River basin, USA", en *BiolInvasions Records*. (1). 3. 179-186p.
- Pauta G., M. Velazco, D. Gutiérrez, G. Vázquez, S. Rivera, Ó. Morales y A. Abril. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, (2). 10. 76-88p.
- Peña O.S., S.C. Rubalcaba, M.F. Novo, Y.H. Rodríguez y A. Pérez. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*. 6. 202-206p.

- Plan De Acción Climática Municipal (PACMUN) AMACUZAC. (2017). Ayuntamiento Constitucional de Amacuzac, Morelos. México. 130p.
- Quiróz R.E.G. (2018). Experiencia laboral en la participación del desarrollo y propuestas de medidas de mitigación del plan de acción climática municipal (PACMUN) del H. Ayuntamiento de Metepec 2017. Tesis de licenciatura. Universidad autónoma del estado de México. Facultad de Planeación Urbana y Regional. Toluca de Laredo, Estado de México. México. 88p.
- Ramírez N. J.A., R.M. Ruiz y M.C.M. Morales. (2007). Variación nictemeral de la calidad del agua en las lagunas de estabilización del municipio de La Ceja, Antioquia. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. (40). Medellín. Colombia. 12-15p.
- SAGARPA. (2014). Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular, para las obras de dragado en Río Palizada, Municipio de Palizada, Campeche. México, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación / Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca / Dirección General de Infraestructura / Dirección de Estudios y Proyectos.
- Salas-Pérez J.D.J. y C. González-Gándara. (2016). Temporal and spatial fluctuations of sea surface temperature and chlorophyll a levels due to atmospheric forcing in a tropical coastal lagoon. Ciencias marinas. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Veracruzana. Veracruz, México. ISSN 0185-3880. (1). 42. 65p.
- Sánchez O. (2007). Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Eds. Ó. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. (11). 22. 296p.
- SEMARNAT. (2012). Manifestación de impacto ambiental modalidad particular guía hidráulica. Planta de tratamiento de aguas residuales Tilzapotla. Morelos, México. 18p.
- SMN (2018). Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico Nacional de México. (consultado 17 de abril de 2018). Disponible en línea en: <https://smn.cna.gob.mx/es>.
- SMN (2019). Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico Nacional de México. (consultado 9 de noviembre de 2019). Disponible en línea en: <https://smn.cna.gob.mx/es>.
- Valdés J., D. Román, P. Dávila, L.U.C. Ortlieb y M. Guíñez. (2006). Variabilidad estacional de cadmio en un sistema de surgencia costera del norte de Chile (Bahía Mejillones del Sur, 23 S). Revista chilena de historia natural. Santiago de Chile. Chile 79(4). 525-535p.
- Valdés J.R, D. Dávila, P. Ortlieb L.U.C. y M. Guíñez. (2006). Variabilidad estacional de cadmio en un sistema de suagiología costera del norte de Chile

- (Bahía Mejillones del Sur, 23 S). *Revista chilena de historia natural*. 79(4), 517-535p.
- Vega Rodríguez B.I., L.A. Ayala-Pérez, G.J., Terán González, G.E. Martínez Romero y J.A. Chávez Valades. (2016). *El pez diablo en México, protocolo de prevención, respuesta rápida y control*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Ciudad de México. México. 15-152p.
- Velázquez V.E. y M.E.V Cendejas. (2004). Los peces como indicadores del estado de salud ecosistemas acuáticos. *CONABIO. Biodiversitas* 57:12-15p.
- Vidal Z.R. y M.E. Hernández. (2007). Climas: regímenes pluviométricos y distribución de la lluvia. En *Nuevo Atlas Nacional de México (NA IV 6. Esc. 1: 8 000 000)*. Instituto de Geografía. UNAM. México 5-15p.
- Vidal-Zepeda R. (2005). *Las regiones climáticas de México*. Instituto de Geografía, UNAM. Colec. *Temas Selectos de Geografía de México*. Coyoacán México. (l. 2.2), 213p.
- Vitousek, P. M., C. M. D'Antonio, L. L. Loope y R. Westbrooks (1996). "Biological invasions as global environmental change". Our mobile society is redistributing the species on the earth at a pace that challenges ecosystems I threatens human health and strains economies. En *American Scientist*, núm. 84. 469-477p.
- Yáñez T.S. (2018). *Influencia del pH en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en humedales construidos de flujo vertical*. Tesis doctoral. Universidad de Coruña. Facultad de ciencias. Coruña España. 60p.
- Zavaleta M.A.V. (2018). *Minería de datos para generación de reglas de tendencia de precipitación pluvial en el estado de Morelos*. Ingeniería. Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Universidad Autónoma de Yucatán. México. 22(2), 1-24p.

Capítulo 2. Determinación taxonómica de las especies del género *Pterygoplichthys* de la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac.

Resumen

La identificación taxonómica de los organismos de la familia *Loricariidae* es compleja y no se ha encontrado un método de identificación que logre definir con precisión las especies. Hasta el momento estos organismos solo pueden ser clasificados por sus patrones ventrales de coloración. La identificación a nivel de especie es de suma importancia para desarrollar planes de manejo específicos, sobre todo en especies invasoras. El objetivo del presente capítulo fue clasificar taxonómicamente a los organismos del género *Pterygoplichthys*, con ayuda de claves taxonómicas que constan de 16 datos merísticos y 41 morfométricos. Fueron capturados 380 ejemplares en 12 campañas mensuales de marzo 2017 hasta mayo de 2018 tanto en la PEZ como en el río Amacuzac. Los peces fueron recolectados con una red atarraya y una red agallera respectivamente. Se logró identificar tres especies con ayuda de sus patrones ventrales en la siguiente proporción: *P. gibbiceps* 25%, *P. disjunctivus* 32%, y *P. ambrosetti* 27%, no obstante, un 16% no se clasificaron debido a que presentaban patrones ventrales diferentes. Posteriormente con las medidas merísticas y morfométricas se realizó un análisis de componentes principales y un índice de disimilitud euclidiana para observar diferencias entre los organismos, dichas diferencias no se encontraron, sin embargo, se obtuvieron tres grupos que se integraban con peces de las tres especies previamente identificadas por patrones ventrales; lo anterior indica una relación endogámica entre los organismos.

Palabras clave: claves taxonómicas, disimilitud euclidiana, medidas merísticas, morfométricas, *Loricariidae*.

Abstract

The taxonomic identification of the organisms of the *Loricariidae* family is complex and no identification method has been found that accurately defines the species. So far these organisms can only be classified by their ventral color patterns. Identification at the species level is of utmost importance to develop specific management plans, especially in invasive species. The objective of this chapter was to taxonomically classify the organisms of the genus *Pterygoplichthys*, to the specific level possible with the help of taxonomic keys consisting of 16 meristic and 41 morphometric data. 380 specimens were captured in 12 monthly campaigns from March 2017 to May 2018, both in the PEZ and in the Amacuzac River. The fish were collected with a cast net and a gillnet, respectively. It was possible to identify three species with the help of their ventral patterns in the following proportion: *P. gibbiceps* 25%, *P. disjunctivus* 32%, and *P. Ambrosetti* 27%, however, 16% were not classified

because they had different ventral patterns. Subsequently, with the meristic and morphometric measurements, an analysis of principal components and an index of Euclidean dissimilarity were carried out to test differences between the organisms, these differences were not found, however, three groups were obtained that were integrated with fish of the three species previously identified by ventral patterns; this indicates a relationship between the organisms and it was not possible to classify them at the species level with the morphometric method.

Keywords: taxonomic keys, Euclidean dissimilarity, Meristic measures, Morphometric, Loricariidae.

Introducción

El establecimiento de especies exóticas invasoras en un nuevo ecosistema ha causado la alteración de hábitats, resultando en la depredación de especies nativas, competencia con las especies con valor económico y en algunos casos homogenización biótica (Carol *et al.*, 2009; Mooney y Cleland 2001; Mckinney y Lockwood 1999).

El pez diablo es una especie exótica invasora también conocido como limpia pecera. Son peces pertenecientes a la familia *Loricariidae* (orden *Siluriformes*) y endémicos de Sudamérica (Contreras-MacBeath 2014). De acuerdo con Reis *et al.*, (2003) existen cerca de 80 géneros y se han descrito 716 especies. El género *Pterygoplichthys* está integrado por aproximadamente 15 especies válidas que se distribuyen de forma natural, desde la cuenca del río Paraná hasta el norte de la cuenca del río Orinoco (Nelson *et al.*, 2016; Ferraris 2007).

En México se reportan en vida libre las especies: *P. pardalis*, *P. disjunctivus* y *P. multiradiatus* (Guzmán y Barragán 1997; Ayala-Pérez *et al.*, 2015; Cruz-León 2016; Vega *et al.*, 2016), cabe mencionar, que estas tres especies son las más reportadas en el mundo (Li-Wei *et al.*, 2011), por otro lado, se ha reportado en los últimos años la presencia de *P. gibbiceps* y *P. ambrosetti* (Cruz león 2013).

La identificación taxonómica del género *Pterygoplichthys* es compleja, no obstante, se han utilizado claves de identificación, que implican la observación de patrones ventrales de coloración (Nelson 2016). Los principales caracteres usados para la descripción y la identificación son atributos físicos, que hacen referencia a caracteres distintivos (Lyons *et al.*, 1999).

Los estudios taxonómicos para aclarar dudas en lo que respecta a las relaciones sistemáticas de las especies son ineludibles, pues se descubren nuevas especies cada año (Nelson 2006). Sin embargo, las similitudes entre organismos que se encuentran sumamente emparentados han hecho que esta tarea sea compleja.

Objetivo

Determinar taxonómicamente a las especies del género *Pterygoplichthys*, mediante un análisis morfométrico.

Materiales y métodos

Se recolectaron un total de 380 ejemplares de peces del género *Pterygoplichthys*, entre los meses de abril de 2017 hasta mayo de 2018, dentro del río Amacuzac y estaciones establecidas en la PEZ (Cap. I, Figura 1.1). La recolecta de peces se extendió hasta mayo de 2018 porque en el primer muestreo no se realizaron capturas. Para la captura de organismos, se utilizó una red atarraya de 4 m de radio con luz de malla de 2.5". Las capturas se llevaron a cabo en conjunto con pescadores de la región, aprovechando su experiencia empírica. Los organismos fueron etiquetados y conservados en una hielera a temperatura baja para su posterior análisis y procesamiento en el laboratorio.

En el Laboratorio de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco (UAM-X), se analizaron las muestras, registrando datos de longitud total (Lt), longitud estándar (Le) en mm con un ictiómetro y peso total en g, con una balanza digital marca OHAUS, con precisión de 0.1 g y peso máximo de 5000 g.

La identidad taxonómica de estos peces fue corroborada empleando las claves de identificación propuestas por Armbruster (2003); Armbruster y Sabaj (2002);

Armbruster y Page (2006); Page y Robins (2006). Todos los individuos recolectados durante los 12 muestreos fueron procesados y se registraron 16 medidas merísticas y 41 medidas morfométricas respectivamente a cada uno de los especímenes, todas las mediciones fueron registradas en milímetros (mm) (Anexo 2 y 3).

El análisis merístico consistió en el conteo de radios y aletas, dorsales, anales y pectorales. Por otro lado, el análisis morfométrico consistió en la medición de distintas estructuras con ayuda de un vernier electrónico con precisión de 0.01 mm marca Mitutoyo Digimatic, modelo CD-6 AX.

Se construyó una base de datos con las mediciones morfométricas, posteriormente les fue aplicada una prueba de Kolmogórov-Smirnov, para verificar su normalidad en el programa STATISTICA 10.0. Así mismo, se realizó un análisis de agrupamiento aplicando el índice de disimilitud de distancia euclidiana, cuyos resultados se observan mediante la construcción de un dendrograma a través del método Ward, con el fin de exponer las relaciones de similitud o disimilitud morfológicas entre los ejemplares de pez diablo capturados (González-Díaz *et al.*, 2005; Armbruster y Page 2006 y Candole *et al.*, 2012).

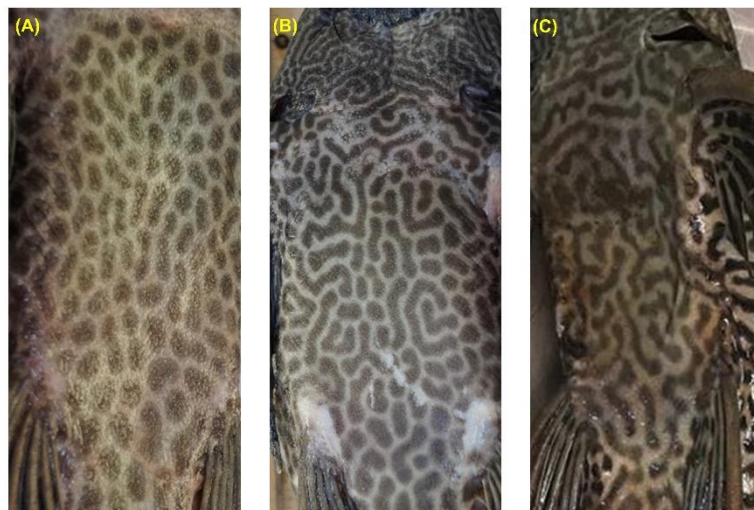
Además, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el mismo programa (Gacitúa *et al.*, 2008). Lo anterior con el fin de establecer un patrón de variación morfológica entre las especies (en caso de existir variaciones morfométricas) e identificar las medidas que determinan la formación de grupos dentro del espacio multivariado (González-Díaz *et al.*, 2005).

Resultados

Fueron capturados y procesados 380 ejemplares de pez diablo. Fueron identificadas tres especies del género *Pterygoplichthys*: *P. gibbiceps*, *P. disjunctivus* y *P. ambrosetti* (Figura 2.1), así como, un conjunto de organismos que presentaban características con patrones combinados, que fueron definidos como *Pterygoplichthys* sp. y una serie de especímenes que no fue posible identificar colocándolos en la categoría *Pterygoplichthys* sp. “sin patrones” (Figura 2.1d).

La especie con mayor número de organismos registrados fue *P. disjunctivus*, la cual estuvo representada por un 20% de los organismos capturados, *P. gibbiceps* se encontró con una frecuencia de 16%, mientras que *P. ambrosetti* se presentó en un 17% (Figura 2.1 b).

Por otro lado, los organismos sin patrones ventrales bien definidos, difuminados, o que presentaban un vientre de color grisáceo o gris oscuro, agrupados en la categoría *Pterygoplichthys* sp. “sin patrones”, representaron el 10% de los registros (Figura 2.2).



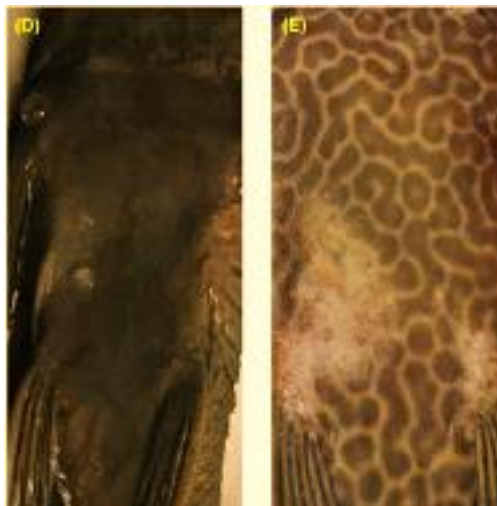


Figura 2.1. Especies registradas del género *Pterygoplichthys*. (A) *P. gibbiceps*, (B) *P. disjunctivus* (C) *P. ambrosetti*, (D) *Pterygoplichthys* “Sin patrones visibles” y (E) *Pterygoplichthys* sp.

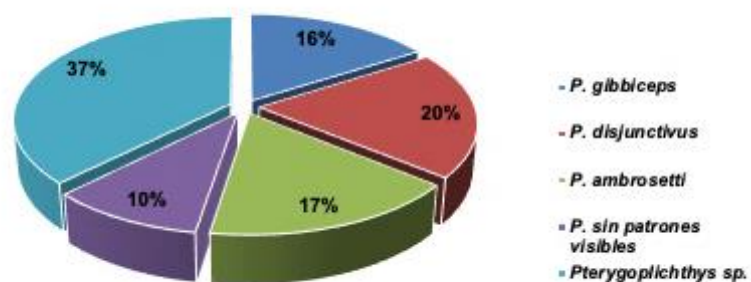


Figura 2.2. Porcentaje de organismos del género *Pterygoplichthys* agrupados por especie.

Para los análisis de disimilitud euclidiana y el análisis de componentes principales (ACP) no fueron considerados *Pterygoplichthys* sp. ni *Pterygoplichthys* “sin patrones”, ya que no pudieron ser identificados claramente a nivel de especie por medio de los patrones ventrales, analizándose solo 135 individuos de las especies: *P. gibbiceps*, *P. disjunctivus* y *P. Ambrosetti*.

La prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov aplicada a la matriz de datos morfométricos dio como resultados 6 variables no normales de la 41 analizadas: Longitud total, distancia dorsal pélvica, distancia adiposa caudal dorsal, profundidad del pedúnculo caudal, longitud del ojo y longitud de la barba, no fueron tomadas en cuenta para el análisis de distancias euclidianas ni para el de componentes principales. La variable Longitud total (Lt) tampoco fue tomada en cuenta debido a que presentó variaciones que podrían sesgar los análisis.

Tabla 2.1. Tabla de estadística descriptiva de medidas morfométricas por especie.

Medidas morfométricas	Media	Mínimo	Máximo	Dev Std
LONGITUD ESTANDAR	255.6	165.0	417.0	46.5
LONGITUD PRE-DORSAL	92.2	59.8	147.0	16.3
LONGITUD CEFÁLICA	67.9	6.9	112.7	13.8
LONGITUD DORSAL CEFALICA	25.7	14.2	42.0	5.7
ANCHO DEL CLEITRO	9.7	6.2	15.1	1.6
LONGITUD DEL CLEITRO	18.7	11.8	29.6	3.2
DISTANCIA INTERCLEITRO	61.1	39.9	88.6	8.6
LONGITUD PECTORAL CEFÁLICA	62.0	17.2	100.2	12.1
LONGITUD TORÁCICA	49.8	25.5	86.6	10.0
LONGITUD DE LA ESPINA PECTORAL	69.7	47.4	100.4	9.6
LONGITUD ABDOMINAL	54.7	20.5	86.9	10.5
LONGITUD POST-ANAL	83.6	48.4	152.5	16.9
DISTANCIA DORSAL PECTORAL	57.8	38.5	91.2	9.6
LONGITUD DE LA ESPINA DORSAL	55.5	26.4	86.8	8.4
DISTANCIA DORSAL PÉLVICA	50.8	32.2	454.6	36.1
DISTANCIA DORSAL -ADIPOSA	37.1	20.6	87.2	9.1
DISTANCIA ADIPOSA CAUDAL DORSAL	33.6	20.5	62.6	7.4
DISTANCIA ADIPOSA-CAUDAL VENTRAL	45.0	14.9	80.8	9.9
PROFUNDIDAD DEL PEDÚNCULO CAUDAL	27.1	14.5	51.5	5.8
DISTANCIA ADIPOSA-ANAL	52.4	30.3	90.3	11.4
DISTANCIA DORSAL-ANAL	30.2	17.7	47.8	5.0
DISTANCIA PRE-ANAL	138.3	68.2	225.2	25.6
LONGITUD DEL ULTIMO RADIO DE LA ALETA CAUDAL	61.3	34.4	99.7	8.7
LONGITUD CABEZA OJO	31.9	5.7	49.9	5.8
LONGITUD DEL OJO	8.9	6.0	77.7	8.4
DIAMETRO ORBITAL	8.9	5.5	12.7	1.0
LONGITUD DEL HOCICO	38.5	9.5	66.0	7.6
ANCHO INTERNARINAS	12.1	6.5	22.6	2.7
ANCHO INTERORBITAL	30.7	9.6	48.1	5.7
LONGITUD DE LA BOCA	27.2	14.9	46.1	5.4
ANCHO DE LA BOCA	27.1	14.5	44.5	5.4
LONGITUD DE LA BARBA	13.9	6.2	24.9	3.9
LONGITUD DE LA COPA DENTAL	9.8	3.9	30.7	3.5
LONGITUD DE LA COPA MAXILAR	9.5	4.3	18.3	2.5

A partir del análisis de disimilitud se formaron tres grupos principales, sin embargo, ninguno de los grupos presentó diferencias significativas que permitieran observar alguna distancia entre las especies del género *Pterygoplichthys*, por lo que no fue posible la clasificación de especies en grupos por este método estadístico (Figura 2.3).

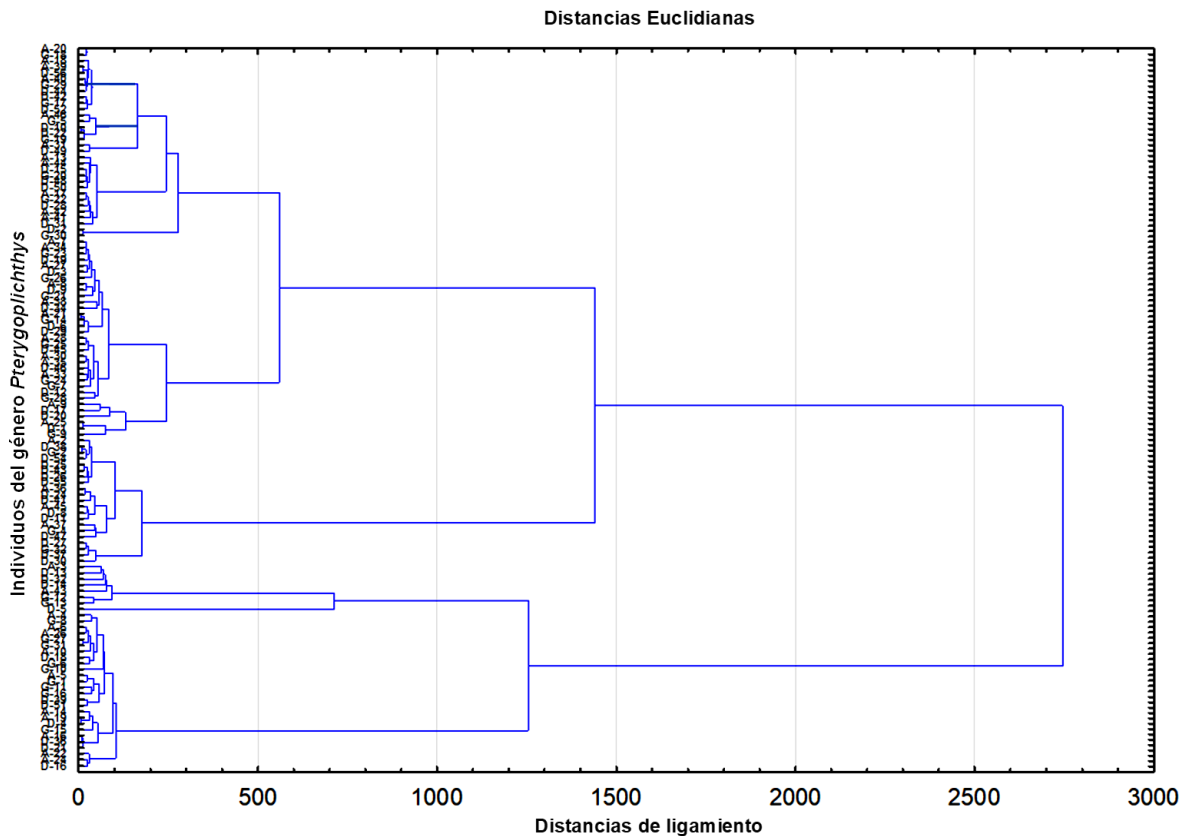


Figura. 2.3. Dendrograma producto del índice de disimilitud de distancia euclidiana de los individuos del género *Pterygoplichthys*.

Así mismo, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) entre especies (*P. gibbiceps*, *P. disjunctivus* y *P. Ambrosetti*), usando las variables morfométricas que presentaron diferencias significativas. El ACP no reflejó diferencias estadísticas

que permitan clasificar a cada una de las especies en un grupo, ya que las tres especies muestran una fuerte relación entre sí.

Dicho análisis se realizó con las 39 variables morfométricas: longitud estándar, longitud pre-dorsal, distancia intercleitro, longitud post-anal, distancia adiposa-anal, distancia dorsal-anal y longitud de la boca fueron las más relevantes en el análisis, debido a la importancia estadística que reflejaron en el ACP. El gráfico de ACP refleja agrupaciones debido a la influencia de las longitudes de los organismos (Figura 2.4), por lo que para alcanzar el 95% de la varianza acumulada fueron necesarios 3 componentes principales.

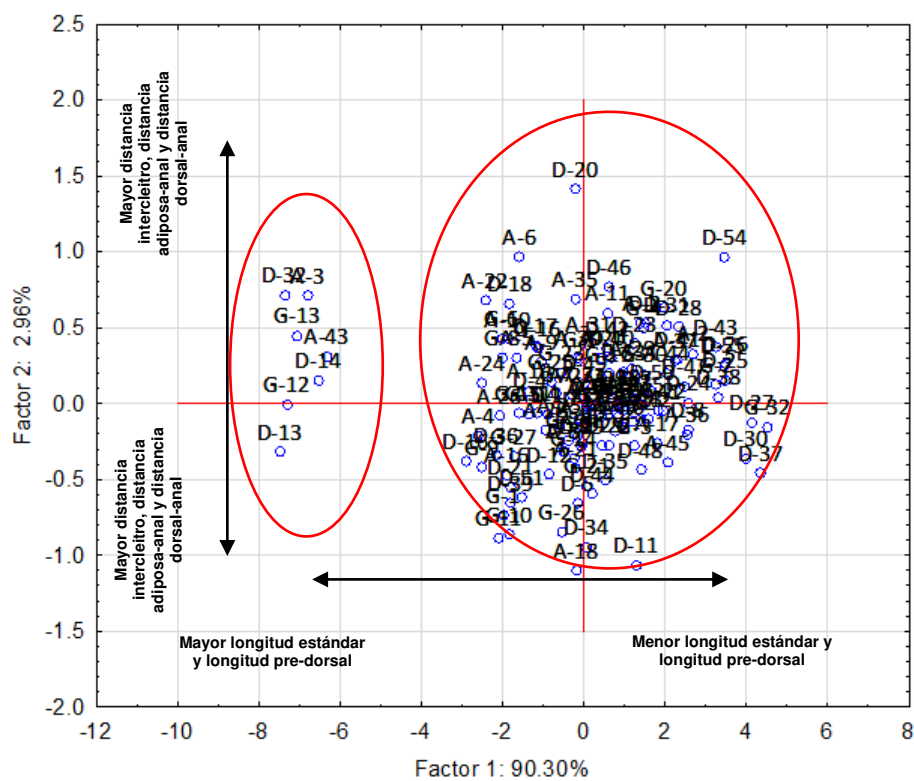


Figura 2.4. Análisis de componentes principales de organismos del género *Pterygoplichthys*.

Los conteos y análisis de los datos merísticos no fueron tomados en cuenta, ya que no presentaron diferencias significativas entre especies o entre individuos. Los conteos de espinas, radios y aletas reflejaron características de organismos del género *Pterygoplichthys*.

Discusión

El estado de Morelos es uno de los centros de distribución y comercio de especies de peces ornamentales, incluidas varias relacionadas con el pez diablo (Martínez *et al.*, 2016). A este estado se le atribuye la comercialización y rápida diseminación del pez diablo en el país, además de la liberación accidental de estos peces en diferentes cuerpos de agua (IMTA *et al.*, 2007).

El asentamiento del pez diablo en el río Amacuzac, la PEZ y en general en el estado de Morelos es claro e ineludible. Distintos testimonios por parte de la comunidad de pescadores de la zona aseguran que las primeras capturas de estos peces ocurrieron aproximadamente entre los años 2005-2007.

En Morelos han logrado identificarse dos especies de pez diablo, *P. pardalis* y *P. disjunctivus* (Contreras-MacBeath, *et al.*, 2014). Sin embargo, en este estudio se reportan tres especies: *P. gibbiceps*, *P. disjunctivus* y *P. ambrosetti*, estas dos últimas especies son las más reportadas alrededor del mundo (Wu *et al.*, 2011 y Cruz-León *et al.*, 2014) y se encuentran distribuidas en Michoacán, Colima, Tabasco, Campeche, Chiapas, Veracruz y Morelos (Guzmán y Barragán 1997; Wakida-Kusunoki *et al.*, 2009; Sandoval-Huerta *et al.*, 2012; Cruz-León 2013; Ayala-Pérez *et al.*, 2014; Barba y Cano-Salgado 2014).

Por otro lado, los avistamientos y/o capturas de *P. gibbiceps* han sido poco frecuentes en México (Mendoza *et al.*, 2009); no obstante, en este estudio fue capturado tanto en el río Amacuzac como en la PEZ, aunque, se recomienda corroborar con análisis genéticos. La aparición de esta especie puede ser explicada porque en Morelos se lleva a cabo su reproducción y distribución (Martínez *et al.*, 2016); La incursión de esta especie hacia los sistemas naturales y artificiales, puede explicarse como accidental. El IMTA (2007) argumenta que la fuga de estas especies hacia los ambientes naturales es común en las granjas de producción, debido a los pobres protocolos de bioseguridad.

Los datos merísticos descritos en las claves de Weber (1992) y Armbruster y Page (2006) para la diferenciación de las especies del género *Pterygoplichthys*, mencionan que cuentan con 28 placas en la línea lateral. En este estudio fue frecuente encontrar organismos con entre 27-31 placas en la línea lateral, sin presentar un patrón entre el número de placas y la especie. De acuerdo con Maldonado-Ocampo *et al.*, (2005), cuando se encuentren especímenes que no se ajustan bien a las claves, puede deberse a varias razones, como la distribución de la especie e incluso es posible que se deba a que el ejemplar corresponde a una nueva especie o una especie cuya descripción aun no esté bien detallada dejando obsoletas ciertas claves de identificación.

Las distancias de los intervalos de las características merísticas del pez diablo, descritas en este estudio, son ligeramente mayores a los reportados en estudios realizados en distintos estados de la república mexicana (Wakida-Kusunoki y Amador del Ángel 2008); ya que algunos organismos presentaban mayor cantidad

de radios, espinas o placas óseas. Lo anterior, podría implicar un proceso de entrecruzamiento de especies y/o hibridación (Cruz-León 2013), sin embargo, de existir este proceso aún es poco perceptible con los métodos actuales de clasificación aplicados al pez diablo.

El análisis de las variables morfométricas por medio del índice de disimilitud euclidiana no reflejó grupos separados de los organismos del género *Pterygoplichthys* que permitieran su clasificación en grupos separados por especie, si bien, el dendrograma presentaba tres ramificaciones, en estas se encontraron organismos de las tres especies de pez diablo, esto sugiere que están sumamente emparentadas (Nelson 2016 y Vega *et al.*, 2016) y que no es posible distinguir entre ellas con las medidas morfométricas y merísticas aplicadas en este estudio.

El análisis de componentes principales mostró que los componentes CP1 y CP2 representan aproximadamente el 74% de los datos, haciendo complejo diferenciar entre organismos, ya que la longitud estándar es el factor con mayor varianza, y por tanto, el único atributo con el que es posible separar estadísticamente entre los organismos del río y la PEZ. Humphries *et al.*, (1981) advierten que la talla, es una variable que evidencia la influencia del tamaño sobre la forma de los peces, afectando los resultados de diversos análisis. Lo que podría conducir a encontrar diferencias entre grupos analizados, las cuales pueden atribuirse sólo al efecto del tamaño sobre los descriptores de la forma, aún cuando estadísticamente esas diferencias sean significativas (Gacitúa *et al.*, 2008).

En muchos casos estos patrones ventrales presentaron combinaciones que pueden ser un indicio de entrecruzamiento e incluso sugerir cierto proceso de hibridación (Jumawan y Herrera 2014). La visualización de secuencias ventrales con patrones o pigmentación mixtos en estos organismos permiten corroborar la idea de que presentan un nivel de hibridación (Jumawan *et al.*, 2016). La combinación de patrones morfológicos en peces sumamente emparentados a menudo sugiere entrecruzamiento, lo que da origen a especies con características distintas (Wu *et al.*, 2011).

Este proceso de hibridación es probable cuando los organismos se encuentran en confinamiento geográfico (Wu *et al.*, 2011). En este estudio se hizo evidente dicha condición, sobre todo en la PEZ, donde los organismos se encuentran separados de los demás cuerpos de agua por barreras geográficas, provocando endogamia.

Los organismos del río y la PEZ son ejemplo de poblaciones alopátricas por deriva génica, ya que entre ellas existen barreras geográficas y ecológicas limitan el flujo genético derivando en la aparición de características fenotípicas distintas, generando dos poblaciones de una misma especie (Jiménez-Prado *et al.*, 2021).

Por otro lado, las diferentes coloraciones y pigmentos presentes en la parte ventral pueden deberse solo a diferencias fenotípicas que podrían colocar a estos organismos dentro de la misma especie, presentando solo características físicas distintas entre sí (Morlans 2004). Las variaciones físicas en los organismos están influenciadas por las características ambientales propias de la zona e incluso por presiones antropogénicas, impulsando a los organismos a adoptar estrategias de

supervivencia y entre ellas los cambios de tonalidades y patrones (Sarmiento 2009). Lo anterior explica porque el 10% de los organismos procesados no presentaban vermiculaciones o manchas, y en cambio presentaron un color gris oscuro en el vientre como adaptación al medio (Andrade 2005; Rocha *et al.*, 2008; Trujillo 2018).

Conclusiones

- La identificación de los organismos del género *Pterygoplichthys* es particularmente compleja, a tal grado que diferenciar con éxito las especies es difícil, puesto que las claves taxonómicas de identificación son poco específicas para la diferenciación a nivel de especie.
- Tanto en la PEZ, como en el río Amacuzac, se encuentran establecidas poblaciones de las especies exóticas invasoras del género *Pterygoplichthys* (*P. gibbiceps*, *P. disjunctivus* y *P. ambrosetti*).
- En este estudio se encontraron las especies *P. gibbiceps* y *P. ambrosetti* en vida libre, la dominante en este estudio fue *P. Ambrosetti*, ya que fue encontrada tanto en la población de peces del río como en la población de la PEZ.
- Las diferencias en los caracteres merísticos y morfométricos de organismos del género *Pterygoplichthys* son mínimas, tanto que, éstos pueden ser clasificados como dos poblaciones, que presenta cambios fenotípicos, sin embargo, es necesario apoyarse en técnicas moleculares de diferenciación que permitan abordar esta hipótesis.

Literatura Citada

- Andrade E. (2005). Las interrelaciones entre genotipo fenotipo medioambiente una aproximación semiótica al debate evolución. Desarrollo. Revista colombiana de filosofía de la ciencia. 6(12-13). 125p.
- Armbruster J.W. y M.H. Sabaj. (2002) A key to the genera of *Loricariidae*. Disponible en:
http://www.auburn.edu/academic/science_math/res_area/loricariid/fish_key/key.html. (Consulta: 5 de julio de 2016.)
- Armbruster J.W. 2003. *Peckoltia sabaji*, a new species from the Guyana Shield (Siluriformes: Loricariidae). Zootaxa. 344(1). 1-12p.
- Armbruster J.W. y Page L.M. 2006. Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Pterygoplichthys* (Siluriformes: *Loricariidae*). Neotropical Ichthyology, 4(4). 401-409p.
- Ayala-Pérez L.A, B.I Vega, G.J Terán y G.E Martínez. (2015). El pez diablo en México. Guía para administradores y usuarios de recursos pesqueros. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 32-34p.
- Ayala-Pérez, L.A., A.D. Pineda-Peralta, H. Álvarez-Guillen y L.E. Amador-Del Ángel. 2014. El pez diablo (*Pterygoplichthys sp.*) en las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche. Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México, 313-336p.
- Barba E. y M.P. Cano Salgado. 2014. Abundancia del plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) en sistemas lagunares y ribereños de la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México. En: A.M. Low Pfeng, P.A. Quijón y E.M. Peters Recagno (eds.), Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. University of Prince Edward Island. Canada.
- Cabrero J. y J. Camacho. (2002). Capítulo 6: Fundamentos de genética de poblaciones. Universidad de Granada. Departamento de Genética, Facultad de Ciencias. Granada. 84-126p.
- Candole B.L., P.J. Conner, C. McGregor, V. Waters y P. Ji. (2012). The disease reactions of heirloom bell pepper "California Wonder" to *Phytophthora capsici*. Agricultural Sciences, (03). 3. 417p.
- Carol J., L. Benejam, J. Benito y E. García-Berthou. (2009). Growth and diet of European catfish (*Silurus glanis*) in early and late invasion stages. Fundamental and Applied Limnology, 174: 317-328p.
- CONAMP 2004. Programa de Manejo del Parque Nacional Huatulco. México. Comisión Nacional de Áreas Protegidas / Semarnat. 2-30p.
- Contreras-MacBeath, T., M.T. Gaspar-Dillanes, L. Huidobro-Campos y H. Mejía-Mojica. (2014). Peces invasores en el centro de México. Especies acuáticas invasoras en México, R. Mendoza y P. Koleff (coords.). Comisión Nacional

- para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. México. 413-424p.
- 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 baja de Coatzacoalcos, Veracruz, México. Tesis de para obtener el grado de ingeniero Agropecuario. 53p.
- Cruz-León Z., C. Meiners y 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.
- Cruz-León Z.I. (2016). 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. Tesis para obtener el grado de maestro en Ecología y pesquerías. Universidad Veracruzana. Jamapa-Cotaxtla. Veracruz. México. 12-60p.
- Ferraris, C. J. (2007). Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa*. 1418 (1). 628p.
- Gacitúa S., C. Oyarzún y R. Veas. (2008). Análisis multivariado de la morfometría y merística del robalo *Eleginops maclovinus* (Cuvier, 1830). *Revista de biología marina y oceanografía*. 43(3). 491-500p.
- González E.G. 2003. Microsatélites: sus aplicaciones en la conservación de la biodiversidad. *Graellsia*. 59. 377-388p.
- González-Díaz A.A., E. Díaz-Pardo, M. Soria-Barreto y R. Rodiles-Hernández. (2005). Análisis morfométrico de los peces del grupo labialis, género *Profundulus* (Cyprinodontiformes: Profundulidae), en Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*. 76(1). 55-61p.
- Guerrero V.T., L.I.M. Bernal, M.H. Bloomfield, R.E.J. Palacios, B.I. Mejía, M.C.L. Abarca y Y. Chang. (2016). Propuesta base para la estrategia de manejo y control local del pez diablo en el refugio nacional de vida silvestre mixto Caño Negro, Costa Rica (No. Thesis G934pr). CATIE, Turrialba (Costa Rica). 10-42p.
- Guzmán A.F. y S.J. Barragán (1997). Presencia de bagres sudamericanos (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata mexicana*, núm. 3. 455-457p.
- Hayden B.D. Pulcini, M. Kelly-Quinn, O. O'Grady, J. Caffrey, A. McGrath y S. Mariani. (2010). Hybridization between two cyprinid fishes in a novel habitat: genetics, morphology and life-history traits. *BMC BMC evolutionary biology*, 10(1). 1-11p.
- Heist E. (2004). Genetics of sharks, skates and rays. In *Biology of sharks and their relatives* (eds J.C. Carrier, J.A. Musick y M.R. Heithaus). Boca Raton, FL: CRC. 471-486pp.

- Humphries J.M, F. Bookstein, B. Chernoff, G. Smith, R. Elder y S. Ross. (1981). Multivariate discrimination by shape in relation to size. *Systematic Zoology*. 30p.
- Huxel GR. (1999). Rapid displacement of native species by invasive species: effects of hybridization. *Biol Conserv*. 89.143-152p.
- IMTA, Conabio, GECl, Aridamérica, The Nature Conservancy, 2007, Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México, Jiutepec, Morelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Editado por Ignacio J. March Mifsut y Maricela Martínez Jiménez ISBN 978-968-5536-92-9. 70p.
- Jiménez-Prado P. y W. Aguirre. (2021). Variación corporal paralela en peces de dos ríos costeros del Chocó ecuatoriano. *Revista de Biología Tropical*. 69(1). 45-59p.
- Jumawan C.J., A.H.A Annabelle, H.J Jumawan y B.J Vallejo. 2016. Size structure and reproductive phenology of the suckermouth sailfin catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* (WEBER 1991) from marikina river, Philippines. Department of Biology, Caraga State University, Butuan City, Philippines Institute of Biology, University of the Philippines-Diliman, Quezon City, Philippines Institute of Environmental Science and Meteorology, University of the Philippines-Diliman, Quezon City Philippines. 2-6p.
- Jumawan J.C., y A.A Herrera. (2014). Ovary morphology and reproductive features of the female suckermouth sailfin catfish, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber 1991) from Marikina River, Philippines. *Asian Fisheries Science*, 27(1). 75-89p.
- Li-we H.U, L. W., Liu, C.C., y S.M. Lin. (2011). Identificación de especies exóticas de bagre de aleta de vela (*Pterygoplichthys*, Loricariidae) en Taiwán basada en la morfología y las secuencias de ADNmt. *Estudios zoológicos*. 50(2). 240p.
- Lyons J. (1999). Patrones taxonómicos y ecológicos entre comunidades de peces en ríos y arroyos en el oeste de Jalisco, México. Serie Zoología. *Anales del Instituto de Biología*. Universidad Nacional Autónoma de México. Jalisco. México 70(2). 177p.
- Maldonado-Ocampo, J.A., A. Ortega-Lara, J.S. Usma, G. Galvis, F.A. Villa-Navarro, L. Vásquez y C. Ardila. (2005). Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia 246p.
- Martínez C.A. y H.M. Ramírez. (2016). Catálogo de peces ornamentales producidos en Morelos con capacidad de ser Especies Exóticas Invasoras (EEI), elaborado dentro del proyecto GEF 00089333 "Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras". Morelos, México. 183p.

- Mckinney L. y J.L. Lockwood. (1999). Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends Ecol Evol* 1999. 453p.
- Mendoza R., J.P. Fisher, W. Courtenay, C. Ramírez, A. Orbe, C. Escalera y S. Contreras. (2009). Evaluación trinacional de riesgos de los pecos (*Loricariidae*). Comisión de Cooperación Ambiental. Montreal (Québec) Canadá. 50-80p.
- Mifsut M.I. y J.M. Martínez (2007). Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 10-65p.
- Mooney H.A. y E.E Cleland. (2001). The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA.* 98(10). 5446-5451p.
- Morlans M.C. (2004). Introducción a la ecología de poblaciones. Área ecología. Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. 3-13p.
- Nelson J.S., T.C. Grande y M.V. Wilson (2016). *Fishes of the World*. John Wiley y Sons. 19(20). 23-42p.
- Soria-Barreto, M., R. Rodiles-Hernández y A.A. González-Díaz. (2011). Morfometría de las especies de Vieja (*Cichlidae*) en ríos de la cuenca del Usumacinta, Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(2). 569p.
- Page L.M. y R.H. Robins. 2006. Identification of sailfin catfishes (teleostei: *Loricariidae*) in southeastern Asia. *The raffles bulletin of zoology*. 54(2). 455-457p.
- Picó S.M.B., y G.C Esteras. (2012). Marcadores moleculares basados en PCR: Marcadores SSR o STR (Simple Sequence Repeats o Short Tandem Repeats). *Microsatélites*. 2-10p.
- Primmer CR, J.N. Painter, M.T. Koskinen, J.U. Palo and J. Merilä. (2005). Factors affecting avian cross-species microsatellite amplification. *J Avian Biol* 36. 348-360p.
- Reis R.E., S.O. Kullander y C.J. Ferraris. (2003). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. *Edipucrs* 725p.
- Rhymer J.M. y D. Simberloff. (1996) Extinction by hybridization and introgression. *Annu Rev Ecol Syst.* 27. 83-109p.
- Rocha M.J., A. Arukwe y B.G. Kapoor. (2008). Fish reproduction. Centro de investigaciones Biológicas del Noreste. CRC Press. 257p.
- Sandoval-Huerta E.R., X. Madrigal-Guridi, A. García-Meraz, N.I. Dimas-Mora y O. Domínguez-Domínguez. 2012. Nuevo registro de *Pterygoplichthys disjunctivus* (Actinopterygii: *Loricariidae*) en la desembocadura del río Coahuayana, Coahuayana, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83.(1) 294-297p.
- Sarmiento C.E. (2009). Más allá de la Selección Natural. *Acta Biológica Colombiana*, 14. 187-198p.

- Schmitter-Soto J.J., M.E. Valdez-Moreno y R.L.H Pavón. (2014). Evaluación del riesgo de invasión de pez diablo (*Pterygoplichthys sp.*) desde el río Bravo, Belice, hasta el cauce principal del río Hondo, México. 31p.
- Taylor J.N, D.B Snyder y W.R Courtenay. (1986). Hybridization between two introduced, substrate-spawning tilapias (Pisces:Cichlidae) in Florida. *Copeia*. 903-909p.
- Toro-Ramírez A., A.T. Wakida-Kusunoki, L.E. Amador-del Ángel y J.L. Cruz-Sánchez (2014). Common snook [*Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)] preys on the invasive Amazon sailfin catfish [*Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau. 1855)] in the Palizada River, Campeche, southeastern México. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(3). 534p.
- Trujillo G.M. (2018). Fecundidad por desove y comportamiento reproductivo en el gobio de cabeza roja, *Elacatinus puncticulatus*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C Tesis de maestría 16-80p. disponible en <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/944>. (Consulta 20 marzo 2017).
- Vega Rodríguez B.I., L.A. Ayala-Pérez, G.J., Terán González, G.E. Martínez Romero y J.A. Chávez Valades. (2016). El pez diablo en México, protocolo de prevención, respuesta rápida y control. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Ciudad de México. México. 15-152p.
- Wakida-Kusunoki A.T. y A. Toro-Ramírez. (2016). El robalo prieto (*Centropomus poeyi*), nuevo depredador del pez diablo (*Pterygoplichthys pardalis*). *Hidrobiológica*, 26(1), 147-149p.
- Wakida-Kusunoki, A.T y L.E. Amador del Angel. 2009. Nuevos registros de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau 1855) y *P. disjunctivus* (Weber 1991) (Siluriformes: *Loricariidae*) en el sureste de México. *Hidrobiológica* 18 (3). 251-256p.
- Wakida-Kusunoki, A.T. y L.E. Amador-del Ángel. 2008. Nuevos registros de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) y *P. disjunctivus* (Weber, 1991) en el sureste de México. *Hidrobiológica* 18(3). 251-255p.
- Weber C. 1992. Revision du genre *Pterygoplichthys* sensu lato (Pisces, Siluriformes, *Loricariidae*). *Revue Française d'Aquariologie et Herpetologie* 19: 1-36p.
- Wirgin I., C. Grunwald, E. Carlson, J. Stabile, D.L. Peterson y J. Waldman. (2005). Range-wide population structure of shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum* based on sequence analysis of the mitochondrial DNA control region. *Estuaries*, 28(3). 406-421p.
- Wu L.W. C.C. Liu y S.M. Lin. (2011). Identification of exotic sailfin catfish species (*Pterygoplichthys*, *Loricariidae*) in Taiwan based on morphology and mtDNA sequences. *Zoological Studies*. 50(2). 235-246p.

Capítulo 3. Determinación de edad y parámetros de crecimiento del pez diablo por frecuencia de tallas y estructuras duras.

Resumen

Los parámetros de crecimiento en peces determinan el tamaño corporal que éstos presentan en función de su edad. Los estudios de edad y crecimiento son importantes ya que con ellos se determinan parámetros como: estructura de la población; edad de primera madurez; frecuencia de freza; respuestas a cambios en el hábitat y el reclutamiento. El objetivo de este capítulo es presentar los parámetros de crecimiento de los peces del género *Pterygoplichthys* capturados en la PEZ y el río Amacuzac de marzo 2017 hasta mayo de 2018, el método de captura se explica en el capítulo 2. Fueron capturados 324 organismos en la PEZ y 56 en el río. Se registraron peces con una longitud total que osciló entre los 13.5 a los 55 cm y un peso total de 70 a 981 g. La relación peso-talla presentó un factor de condición de 0.0192 con un coeficiente de alometría de 2.74, el cálculo de los parámetros de crecimiento se realizó con el programa STATA dando como resultado: $L_{\infty} = 791.64$, $k = 0.1363$ y $t_0 = -1.413$, con un intervalo de confianza del 95%. El cálculo de la edad se realizó en vertebras transparentadas por diafanización y posteriormente teñidas con alizarina. Posteriormente se realizó el conteo de líneas de crecimiento, identificándose 7 clases de edad, cabe mencionar que el número de anillos no coincidió en todos los casos con el tamaño del organismo, no obstante, la tendencia se inclinó a que organismos más grandes presentaron la mayor cantidad de anillos de crecimiento, así mismo, al hacer el cálculo con la longitud patrón se obtuvo un crecimiento promedio de 10 cm por año, el cual se acentúa más en los primeros años de vida.

Palabras clave: edad, crecimiento, factor de condición, diafanización, anillos.

Abstract

The growth parameters in fish determine the body size that they present depending on their age. Age and growth studies are important since they determine parameters such as: population structure; age of first maturity; spawning frequency; responses to changes in habitat and recruitment. The objective of this chapter is to present the growth parameters of the fish of the genus *Pterygoplichthys* captured in the PEZ and the Amacuzac River from March 2017 to May 2018, the capture method is explained in chapter 2. 324 organisms were captured in the PEZ and 56 in the river. Fish with a total length ranging from 13.5 to 55 cm and a total weight of 70 to 981 g were recorded. The weight-height relationship presented a condition factor of 0.0192 with an allometry coefficient of 2.74, the calculation of the growth parameters was carried out with the STATA program, resulting in: $L_{\infty} = 791.64$, $k = 0.1363$ and $t_0 = -1.413$, with a 95% confidence interval. Age calculation was performed on transparent vertebrae by diaphanization and subsequently stained with alizarin. Subsequently, the counting of growth lines was carried out, identifying 7 age classes, it is worth

mentioning that the number of rings did not coincide in all cases with the size of the organism, however, the trend was that larger organisms presented the greatest number of growth rings, likewise, when calculating with the standard length, an average growth of 10 cm per year was obtained, which is more accentuated in the first years of life.

Keyword: age, growth, condition factor, diaphanization, rings.

Introducción

El estudio de los parámetros de crecimiento en peces determina el tamaño corporal que estos presentan en función de su edad, (Sparre y Venema 1995; Tagliafico 2008). Este tipo de estudios son importantes para el entendimiento de la biología y ecología de las especies de peces, ya que con ellos pueden determinarse: la estructura de la población; la edad de primera madurez; la frecuencia de freza; las respuestas individuales y poblacionales frente a cambios en el hábitat; y el reclutamiento (Sánchez 2016). Además, los datos de edad y crecimiento permiten determinar los cambios en la población causados de explotación (Agüero 2007). La mortalidad y crecimiento son la base de los modelos de dinámica de poblaciones utilizados en el análisis de pesquerías (Alarcón *et al.*, 2017).

La aplicación de los métodos directos para la determinación de la edad y el crecimiento incluyen la lectura de anillos de crecimiento en partes duras como escamas, otolitos y huesos, mientras que los indirectos se basan en la distribución de la frecuencia de tallas (Raya *et al.*, 2002; Tagliafico 2008; Aguilar 2008).

Se sabe poco de los patrones de edad y crecimiento de los loricáridos y los estudios existentes que determinan estos parámetros, los realizan a partir de la estructura por tallas (Hoover *et al.*, 2004; Liang *et al.*, 2005; Page y Robbins 2006). De acuerdo con Sánchez (2016) cuando los peces no cuentan con estructuras bien definidas

para realizar el cálculo de edad, ésta puede ser determinada por medio de la lectura de anillos de crecimiento en vertebras.

Con la finalidad de sentar las bases de control y aprovechamiento es necesario calcular los parámetros de edad y crecimiento del pez diablo, por tal motivo, el objetivo de este capítulo es determinar estos parámetros.

Objetivo

Determinar la edad y los parámetros de crecimiento del pez diablo mediante el análisis de frecuencia de tallas y por la lectura de líneas de crecimiento en estructuras duras.

Materiales y métodos

En el capítulo 2 se describe el método, fechas de captura, conservación y traslado. Los organismos fueron pesados con ayuda de una balanza digital marca OHAUS, con precisión de 0.1 g y peso máximo de 5000 g. Posteriormente estos fueron medidos con ayuda de un ictiómetro de ± 0.1 mm de precisión para determinar su longitud total (Lt) y su longitud estándar (Le).

Posteriormente, se realizó un submuestreo estratificado para obtener 2 ejemplares por grupo de talla por cada una de las campañas de muestreo. Es necesario mencionar que se realizó una clasificación de tres clases de edad (chico, mediano y grande) con el programa Statistica 10.0 (Tabla 3.1). A estos organismos les fue extraída una sección de la columna vertebral de la región media (sinarcual) de entre 5 y 7 vértebras según el método usado por Zavatteri-Anabela (2010). Una vez

obtenidas estas estructuras fueron etiquetadas y conservadas en frío dentro de un congelador.

Tabla 3.1. Tabla de intervalos de talla calculados con el programa Statística 10.0

Denominación de tamaño por análisis estratificado por tallas		
Intervalo de talla en centímetros (cm)	Denominación de tamaño	# Organismos
[13.5cm-25.12 cm)	Chico	12
[25.13 cm-33.42 cm)	Mediano	21
[33.43 cm-55 cm]	Grande	18

Las vértebras fueron preparadas para la observación al microscopio y lectura de líneas de crecimiento (Figura 3.1), dichas bandas fueron clasificadas en opacas y translúcidas con base en sus características ópticas (Sánchez 2016). La limpieza de las vértebras se realizó mediante la inmersión de éstas en una solución preparada a partir de 20 g de cristales de NaOH⁺ (sosa cáustica común) diluidos en 100 ml de NaClO (hipoclorito de sodio) al 6% (Albares *et al.*, 2014). Las estructuras óseas fueron sumergidas por periodos de 10, 5 y 2 minutos, dependiendo del tamaño de la vértebra.

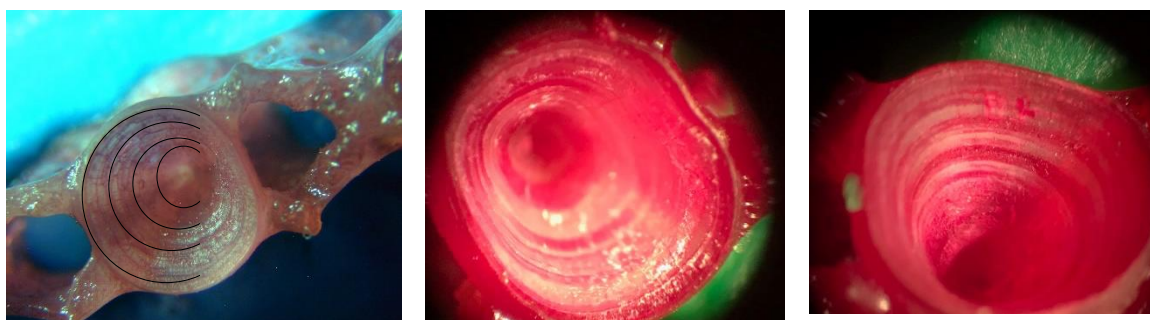


Figura 3.1. Anillos de crecimiento en vertebras teñidas con rojo de alizarina.

Las vértebras de organismos con menor talla generalmente requirieron menor tiempo de inmersión en la solución, así mismo, las estructuras de organismos con

mayor talla, presentaron mayor resistencia a la solución, debido a que presentaban una elevada cantidad de tejido muscular circundante; posteriormente fueron limpiadas con un cepillo dental, hasta que éstas ya no presentaban rastros de tejido muscular.

El procedimiento de limpieza continuó hasta que se pudieron observar los anillos de crecimiento. Posteriormente, se lavaron en agua y se dejaron secar por 24 horas en charolas con papel estroza de acuerdo con los métodos de Villavicencio (2000), para posteriormente usar la técnica de diafanización propuesta por Rivera *et al.*, (2015).

La técnica de diafanización es usada con la finalidad transparentar tejidos óseos. El objetivo de esta técnica de transparentación es: el estudio fácil de estructuras óseas profundas, previamente teñidas con colorantes especializados (Rodríguez-Ibarra *et al.*, 2013). Cabe mencionar que se realizó una pequeña variante de la técnica de transparentación descrita por Rivera *et al.*, (2015).

Corrosión superficial: Se realizó mediante el uso de una solución de KOH al 2% en agua. El KOH es un químico sólido, inodoro, corrosivo con un pH de 13.5 y una solubilidad de 1.120 g por litro de agua a 20°C, el propósito de la solución de KOH es formar fisuras y poros para facilitar el paso de la alizarina del tejido blando superficial a las estructuras óseas.

Impregnación y tinción: Las vértebras fueron sumergidas por 10 minutos en una solución de alizarina al 0.1% en agua destilada, la cual se preservó previamente en refrigeración y el contenedor se envolvió en papel aluminio para evitar el paso de la luz a la solución ya que esta es fotosensible.

Transparentación: El proceso de transparentación, tiene como objetivo final, la visualización y diferencia de los centros de osificación teñidos con rojo de alizarina a través de la diafanización o transparentación de los tejidos blandos por acción del KOH al 2% en agua, para conservación de las vértebras se le adicionó glicerina al 50%.

Observación de muestras: La observación de los anillos de crecimiento se realizó por medio de los criterios propuestos por Sparre y Venema (1975); Villavicencio (2000); Sánchez (2016). Las vértebras fueron revisadas en dos ocasiones por tres personas con un microscopio estereoscópico. Se tomaron en cuenta las distancias entre las marcas para determinar el patrón de formación; una vez definidas se contaron las bandas en pares, translúcida y opaca, hasta que se alcanzó un consenso.

El criterio fue el siguiente: si dos o más lecturas son idénticas, se emplea ese valor, de lo contrario se utilizó el valor medio y cuando existió discrepancia entre los lectores, se realizó otra ronda de observación, cuando no se logró llegar a un acuerdo, la vértebra no fue tomada en cuenta (Sánchez 2016).

Actividades de gabinete

Se construyó una tabla talla-edad, el proceso consiste en ajustar un modelo a datos de talla a la edad (Cerdenares-Ladrón De Guevara *et al.*, 2011; Cruz-Jiménez *et al.*, 2014). Posteriormente, se realizó una estimación de los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy (Sparre y Venema 1997; Tagliafico *et. al.*, 2008):

$$Lt = L\infty \left[1 - e^{(-k(t-t_0)) - \left(\frac{ck}{2\pi}\right) \sin(2\pi(t-ts))} \right]$$

Donde:

- L_t : es la talla a un determinado tiempo (t)
- L_{∞} : es la longitud máxima asintótica
- k : es la constante de crecimiento
- t_0 : es la edad de los peces cuando, hipotéticamente, tienen “longitud cero” o época de nacimiento.

Con ayuda del programa Stata 14.0 se generó automáticamente la prueba de t -Student implícita en la rutina de función de crecimiento de Von Bertalanffy implementado por Salgado-Ugarte *et al.*, (2005).

Resultados

Se analizaron un total de 380 individuos, la talla media fue de 340 mm y las tallas mínimas y máximas fueron de 135 mm y 555 mm, encontrándose los organismos más grandes en el río, por el contrario, en la PEZ se encontraron las menores tallas con organismos desde 135 mm.

La distribución y estructura de las tallas del pez diablo están representadas en la Figura 3.2. Los peces fueron agrupados en 26 intervalos de clase de 16.6 mm de L_t , con marca de clase menor de 143.3 mm y la mayor de 541.7 mm. La clase de talla de mayor frecuencia está representada por organismos que se encontraban entre los 301 y 317.6 mm L_t (Figura 3.2).

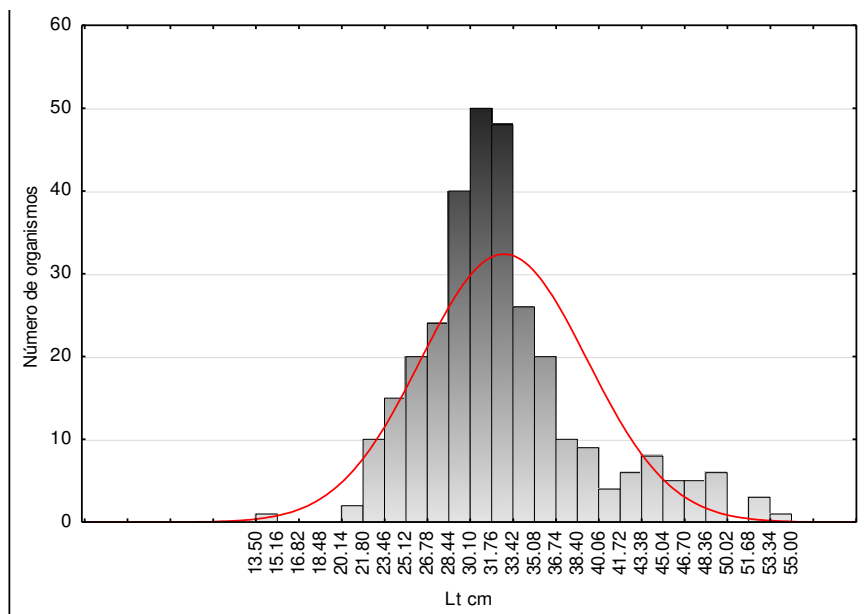


Figura 3.2. Gráfica de frecuencias de los organismos del género *Pterygoplichthys* capturados en la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac.

Por otro lado, las gráficas de la relación talla-peso de ambas poblaciones, indican un crecimiento alométrico negativo ($b < 3$), el valor es de 2.5575 ($r^2 = 0.778$) para la población del río y de 2.5573 ($r^2 = 0.8609$) para la población de la PEZ, así como, un valor conjunto de 2.7384 ($r^2 = 0.9293$) (Figuras 3.3, 3.4 y 3.5).

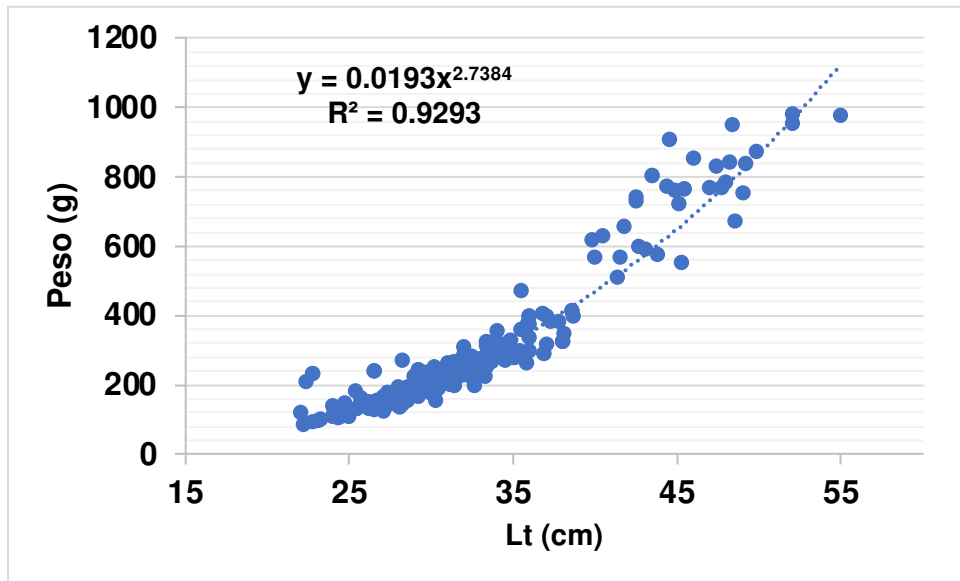


Figura 3.3. Relación talla peso de los organismos de pez diablo de las poblaciones del río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata.

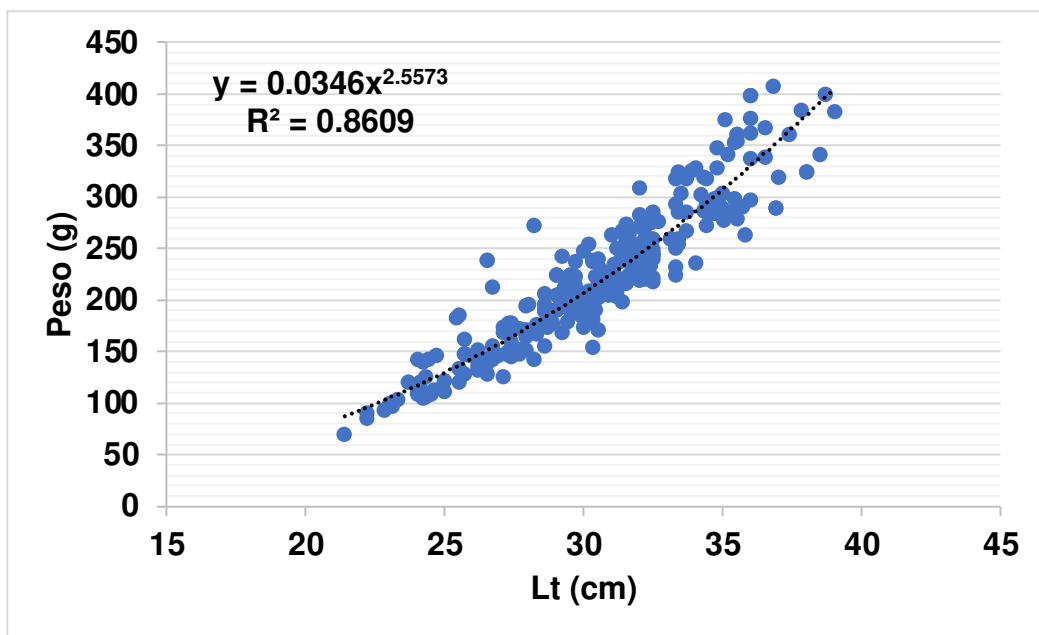


Figura 3.4. Relación talla peso de los organismos de pez diablo en la presa Emiliano Zapata.

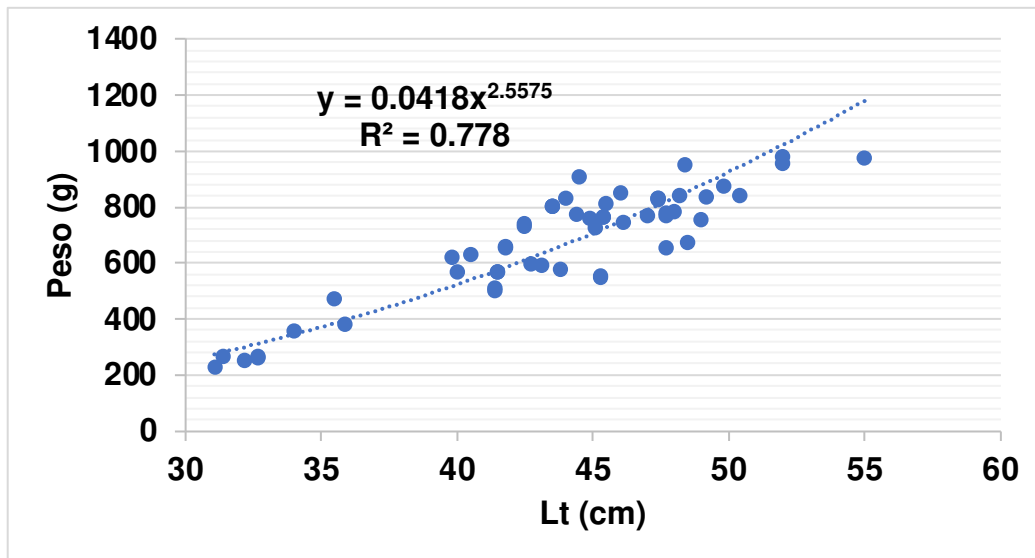


Figura 3.5. Relación talla peso de los organismos de pez diablo en el río Amacuzac.

El análisis de las vértebras dio como resultados entre 0 y 6 anillos respectivamente, es decir, 7 clases de edad (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Clave talla-edad de los organismos del género *Pterygoplichtys* en la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac.

Talla en (mm)	Edad del pez diablo en años						
	0	1	2	3	4	5	6
130-184	4						
185-237	1	8	2				
238-290		1	5	3			
291-343			5	3			
344-396			2	4	2		
397-449				4	2		
450-550					3	1	1
Media	2.5	4.5	3.5	3.5	2.3	1	1
Desviación típica	2.1	4.9	1.7	0.5	0.5	N/A	N/A

Los conteos de anillos arrojaron como resultado, que aproximadamente el 50% de los peces presentaron 2 y 3 anillos de crecimiento, por otro lado, el 4 % corresponde a organismos con 5 y 6 anillos (Figura 3.6).

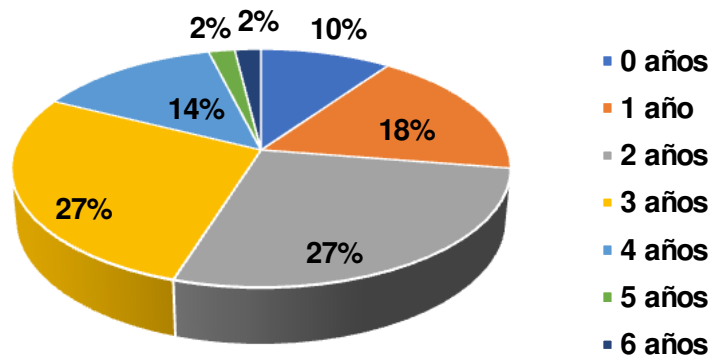


Figura 3.6. Porcentaje de organismos del género *Pterygoplichthys* por clase de edad obtenidos de la lectura de vertebras.

El modelo de crecimiento de Von Bertalanffy presentó diferencias significativas a un 95% de confianza (Tabla 3.3 y Figura 3.7), fue posible identificar que la variable que afecto directamente al pez durante toda su vida fue K o el coeficiente de crecimiento, ya que esta presentó un valor P de 0.007 presentando diferencias significativas.

Tabla 3.3. Parámetros de crecimiento para *Pterygoplichthys* sp. L_{∞} = longitud asintótica (cm); k = coeficiente de crecimiento; t_0 = longitud a la edad cero; los errores estándar, valores P, intervalos de confianza y correlaciones son aproximaciones asintóticas.

Source	SS	df	MS			
Model	921056.845	3	307018.948	Number of obs =	7	
Residual	207.15533	4	51.7888326	F(3, 4) =	5928.28	
Total	921264	7	131609.143	Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.9998	
				Adj R-squared =	0.9996	
				Root MSE =	7.196446	
				Res. dev. =	43.57805	

von Bertalanffy growth function, mblen=b0*(1-exp(-b1*(age-b2)))

mblen	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
b0	791.6401	86.35209	9.17	0.001	551.8883	1031.392
b1	.1363879	.0264243	5.16	0.007	.0630222	.2097536
b2	-1.413465	.1659619	-8.52	0.001	-1.874249	-.9526805

(SEs, P values, CIs, and correlations are asymptotic approximations)

. sum

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
mblen	7	341.7143	131.5823	138	502
age	7	3	2.160247	0	6

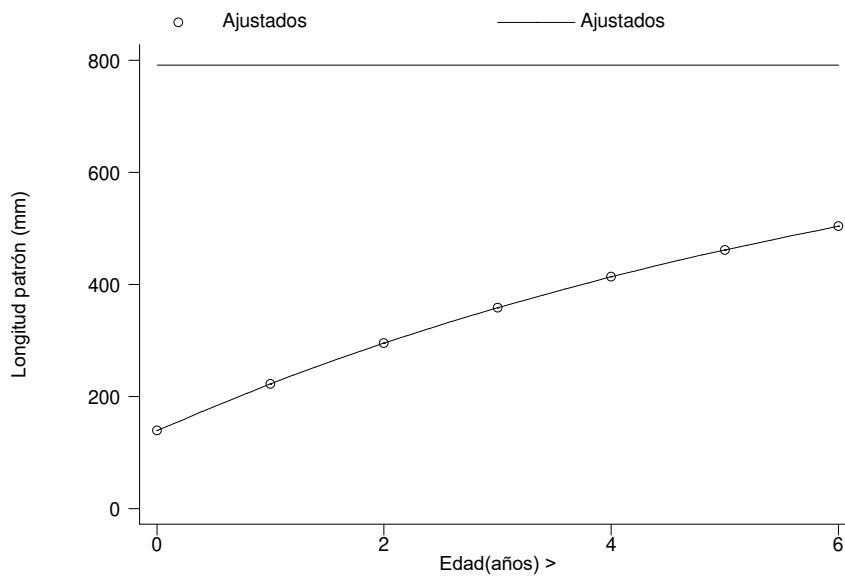


Figura 3.7. Gráfica de crecimiento en longitud de *Pterygoplichthys* sp.

Tabla 3.4. Resultados obtenidos del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy para *Pterygoplichthys* sp. k (tasa intrínseca de crecimiento), valor P, MSE (error cuadrático medio), Longitud patrón Máxima en L^∞ y la edad en L^∞ .

Modelo	Máxima LP (Mm)	Máxima edad (Años)	k	P	MSE
VBGF	791	38	.136	<0.001	7.19

Los valores, obtenidos mediante programa Stata 14 presentan un valor de L^∞ de 791, un valor de k de 0.13, y una t_0 de -1.41, indicando un crecimiento rápido en sus primeros años de vida, sin embargo, el coeficiente K disminuye posterior a los 6 años de vida. Posterior a los 6 años el crecimiento de pleco se hace más lento, lo que genera que alcance su longitud asintótica a edades avanzadas, en este caso a los 38 años de vida según el modelo calculado de VBGF.

Discusión

En este estudio la talla mínima fue de 130 mm y la máxima de 555 mm de Lt, Cruz-León (2016) menciona que los organismos de este género reportados a nivel nacional no superan los 535 mm. Sin embargo, los datos de la longitud máxima que puede alcanzar en vida libre, aún se siguen modificando debido a que se siguen presentado nuevos reportes.

La distribución por frecuencia de tallas observada, indica que el 94% de la muestra estuvo integrada por organismos adultos, ya que el pez diablo alcanza esta etapa de desarrollo alrededor de los 116 mm de longitud total, según estudios realizados por Wakida-Kusunoki *et al.*, (2011). Los intervalos de talla predominantes estuvieron integrados por peces cuya Lt osciló entre los 200 mm y los 350 mm, lo cual es común en esta especie (Cruz-León 2013).

La tendencia a capturar solo tallas medias puede deberse directamente al arte de pesca utilizada, ya que estas son selectivas y su especificidad repercute en las tallas de los peces capturados (Montesino 2013).

Por otro lado, existen otros parámetros que afectan la estructura de tallas de las poblaciones de peces. Un ejemplo, es la proporción de sexos, ya que las hembras presentan mayor tamaño con respecto a los machos, es decir, dimorfismo sexual (Saborido-Rey 2008). La diferenciación hembra-macho puede presentarse en las características físicas y hábitos propios de cada especie (Benavides-Morera 2017). Los resultados de la relación talla-peso indican un crecimiento alométrico negativo (valor de b entre 2.5 y 2.7). Cruz-León (2013) determinó un coeficiente de alometría de 2.7 en una población de pez diablo en la microcuenca del río Chacalapa; posteriormente Cruz-León (2016) estableció un coeficiente de alometría de 2.9 para una población de pez diablo en Veracruz-Boca del Río-Medellín. Valores de coeficiente de alometría menores a 3 indican que los *Pterygoplichthys* ganan menos peso por unidad de talla (Cifuentes *et al.*, 2012; Correa-Herrera *et al.*, 2013). Delgadillo-Calvillo *et al.*, (2012) menciona que en los peces el volumen o masa total del cuerpo es directamente proporcional al cubo de su longitud.

En el análisis de las vértebras se observaron bandas opacas y hialinas (transparentes), sin embargo, también se pudieron observar conglomerados de bandas opacas. Este fenómeno es común en organismos acuáticos como las rayas (Aguilar 2008). Las bandas entre más se acercan a la periferia de la vértebra son más delgadas, esto puede deberse a que se encuentran en proceso de formación (Mendez-Loeza 2008).

Por otro lado, las conglomeraciones de bandas son el reflejo de las condiciones ambientales, que prevalecen donde habita el organismo (temperatura, salinidad, profundidad, oxígeno, etc.), la cantidad y calidad del alimento, así como, las condiciones fisiológicas del individuo (Alcaraz-García 2012).

En este estudio se obtuvieron organismos con un máximo de 6 anillos de crecimiento, cuya longitud total fue de 555 mm. Lo anterior podría sugerir que éste ejemplar oscilaba entre los 5 y 6 años de edad.

El coeficiente de crecimiento determinado en este estudio se fue calculado de manera directa, reflejando una $k = 0.1301$, lo que indica que es una especie con un crecimiento rápido en los primeros años de vida (Barreto *et al.*, 2015). Por lo cual, es probable que tenga una mortalidad natural elevada, mientras que un pez que crece lentamente (k bajo), presenta una baja mortalidad natural (Morales 2010). Gibbs *et al.*, (2013) mencionan que el pez diablo puede llegar a crecer hasta 10 cm por año, proporción casi similar a la obtenida en este estudio, que fue de 9.1 cm por año. Barreto (1996) indica que es común que los peces tropicales presenten este tipo de crecimiento. Dicho patrón de crecimiento puede tener relación con la presión ambiental ejercida al organismo (Pauly 1979; Carpenter 2002; Morales 2010).

La familia de los loricaridos es amplia, por lo que las características de edad y crecimiento son difíciles de definir entre una especie y otra, no obstante, se sabe que su longitud asintótica puede estar alrededor de 75 cm (Gibbs *et al.*, 2013), además en algunas especies de los coeficientes k pueden oscilar entre los 0.2 y 0.5 (Barreto *et al.*, 2015). Por otro lado, los peces analizados en este estudio en algunos casos superaron las longitudes reportadas en diversos estudios de edad, ya que se registraron ejemplares de 555 mm de longitud total, lo que indica que los parámetros

de crecimiento presentan variaciones que van de la mano con la latitud, ya que las condiciones ambientales limitan o favorecen el crecimiento de los peces (Tisseaux 2019).

Los valores de los cálculos realizados con el modelo de crecimiento de Von Bertalanfi reflejan que el pez alcanza su L_{∞} a los 38 años, lo que indica que después de cumplir entre 6 y 10 años el crecimiento del pez se ralentiza en la mayoría de los peces disminuyendo los valores para k conforme pasan los años (Gibbs *et al.*, 2013).

Conclusiones

- La estructura de tallas estuvo influenciada por el arte de pesca que se usó para la captura de los peces.
- El crecimiento de los peces diablo es marcadamente alométrico negativo, sobre todo en las primeras etapas de vida donde el crecimiento es más rápido, haciéndose más lento conforme pasa el tiempo.
- El uso de vértebras para el cálculo de la edad, es un método efectivo para el determinar longevidad y parámetros de crecimiento en *Pterygoplichthys* ya que se pueden distinguir anillos de crecimiento de forma sencilla sobre todo si se usa en conjunto con la técnica de diafanización.
- El cálculo de los patrones de crecimiento de *Pterygoplichthys* es de suma importancia ya que permite conocer las características de las poblaciones de organismos, para posteriormente generar modelos que reflejen momentos de vulnerabilidad y poder tomar decisiones que repercutan en estrategias

acertadas de control poblacional como incentivar a la captura de pez diablo en la talla de su primera reproducción.

Literatura Citada

- Agüero M. (2007). Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. FAO. 423p.
- Aguilar C.G. (2008). Análisis reproductivo de la raya blanca (*Dasyatis americana* Hildebrand y Schroeder, 1928) en Punta Antón Lizardo, Alvarado, Veracruz, México. 3er Simposium nacional de tiburones y rayas. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Sociedad Mexicana de Peces Cartilaginosos, A.C. (SOMEPEC). Ciudad Universitaria. CDMX. México. 256p.
- Alarcón M.J., N. Eslava, L.W. González y F. Guevara. (2017). Crecimiento y mortalidad del pez *Canthidermis sufflamen* (Perciformes: Balistidae) de los archipiélagos Los Frailes y Los Testigos, Venezuela. Revista de Biología Tropical. Venezuela. 65(3). 860-865p.
- Alcaraz-García, Z.T.D.J. (2012). Edad, Crecimiento y Mortalidad natural del bonito *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) en el suroeste del Golfo de México. Universidad Veracruzana. Instituto de ciencias marinas y pesquerías. Maestría en ecología y pesquerías. Tesis de grado. Boca del río, Veracruz, México. 62p.
- Álvarez R.J.J., B.C Avellaneda, J.A. Chávez-Valades, Duarte C.L., G.J.R López y J.V. López. (2014). Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Xochimilco, CDMX. México. 33p.
- Anderson. E. D. 1990. Fishery models applied to elasmobranch fisheries. In Pratt, Jr., S.H- Gruber & T. Taniuchi, (Eds) Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematic, and the status of the fisheries. U.S. Dep: Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 427-443.
- Barreto C. 1996. Edad y crecimiento de *Haemulon steindachneri*, capturados en la costa norte del estado Sucre, Venezuela. Tesis de Grado, Licenciatura en Biología, Universidad de Oriente, Venezuela.
- Barreto C.G., A. Ortega-Lara, D.F. Córdoba-Rojas, M.R. Rangel-Duran, A.C Amado-Loaiza, y V. Puentes. (2015). Fisheries biology of the main species of ornamental continental fish of Colombia. Serie Recursos pesqueros de Colombia, Autoridades Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP. Fundación FUNINDES. 154p.
- Benavides-Morera R., C.L. Brenes-Rodríguez y A. Márquez-Artavia. (2017). Proporción sexual, relación talla-peso y distribución geográfico-batimétrica de

- Squalus cubensis* (Squaliformes: Squalidae) en la costa Caribe de Centroamérica. *Uniciencia*. 31(2). 50p.
- Carpenter K. 2002. The living marine resources of the western central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication 5:1375-2127. 301-335p.
- Carpenter K.E. (2002). The living marine resources of the Western Central Atlantic. v. 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. -v. 2: Bony fishes. pt. 1 Acipenseridae to Grammatidae-v. 3: Bony fishes, pt. 2, Opistognathidae to Molidae sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Field Guide for Fishery Purposes (FAO) Special Publication-American Society of Ichthyologists and Herpetologists (USA). 1286-1293p.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara G., E. Morales-Bojórquez y R. Rodríguez-Sánchez. (2011). Age and growth of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae) in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Marine Biology Research*, 7(5). 488-499p.
- Cifuentes R., J. González, G. Montoya, A. Jara, N. Ortiz, P. Piedra y E. Habit. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*. Chile. 76. 86-100p.
- Correa-Herrera T. y L.F. Jiménez-Segura. (2013). Biología reproductiva de *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) en el parque nacional natural Utría, Pacífico colombiano. *Biología Tropical*. 61(2): 1-12p.
- Cruz-jiménez C.S., y G. Cerdenares-ladrón De Guevara. (2014). Descripción del crecimiento del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis*, capturado en Oaxaca: inferencia a partir de modelos múltiples. *Ciencias Marinas* 22: 47–59p.
- Cruz-León Z.I. (2013). Dinámica poblacional del pez invasor del género *Pterygoplichthys* en la cuenca de Chacalapa y primeros registros de su distribución en la cuenca baja de Coatzacoalcos, Veracruz, México. Tesis de para obtener el grado de ingeniero Agropecuario. 1-53p.
- Cruz-León Z.I. (2016). 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. Tesis para obtener el grado de maestro en Ecología y pesquerías. Universidad Veracruzana. Jamapa-Cotaxtla. Veracruz. México. 12-60p.
- Daza P.V., M.A.L Parra y A.I.S. Ochoa. (2005). *Reproducción de peces en el trópico*. Universidad Nacional de Colombia. 1-4p.

- De la Cruz Z.H. (2007). Edad y crecimiento del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839). Registrado en el golfo de Tehuantepec. instituto tecnológico de Boca del Río. Boca de Río Veracruz México. 65p.
- Delgadillo-Calvillo A.C., C.A. Martínez-Palacios, J.M. Berruecos-Villalobos, R. Ulloa-Arvizu, R. López-Ordaz y C.G. Vásquez-Peláez. (2012). Caracterización de la curva de crecimiento en dos especies de pez blanco *Chirostoma estor*, *C. promelas* y sus híbridos. Revista Veterinaria. México. 43(2) 116-121p.
- Fernández J.P.L. y R.E. Malo. (2013). Especies invasoras plagas, enfermedades y otras calamidades. ECOSUR. Colegia de la frontera sur. Chiapas México. ECOFRONTERAS, 47. enero-abril 2013. 1-2p.
- Gibbs M.A., B.N. Kurth y C.D. Bridges. (2013). "Age and growth of the loricariid catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida", en Aquatic Invasions, 3(8): 1-10p.
- Hoover J.J., K.J. Killgore y A.F. Cofrancesco. (2004). Suckermouth catfishes: Threats to aquatic ecosystems of the United States. Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin. 4(1). 1-5p.
- Liang S., H. Wu y B. Shieh. (2005). Sizestructure, reproductive phenology, and sex ratio of an exotic armored catfish (*Liposarcus multiradiatus*) in the Kaoping River of southern Taiwan, Zoological Studies, 44(2). 1-10p.
- Méndez-Loeza I. (2008). Edad y crecimiento del cazón pardo, *Mustelus henlei* (Gill, 1863), en la región norte del Golfo de California (Doctoral disertación, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas). 40-65p.
- Miranda R., D. Galicia, G. Pulido-Flores y S. Monks. (2008). First record of *Girardinichthys viviparus* in Lake Tecocomulco, México. Journal of Fish Biology, 73(1). 2-5p.
- Montesino G.L. (2013). Edad y crecimiento de *Girardinichthys viviparus* en el lago urbano de la Alameda Oriente, DF (Disertación doctoral) Universidad Nacional Autónoma de México). 25-60p.
- Morales M. y L.W. González. (2010). Edad y crecimiento del pez *Haemulon steindachneri* (Perciformis: Haemulidae) en el suroeste de la isla de Margarita, Venezuela. Revista de Biología Tropical, 58(1). 299-310p.
- Page, L.M. y R.H. Robins (2006). Identification of sailfin catfishes (Teleostei: Loricariidae) in southeastern Asia. The Raffles Bulletin of Zoology, 54(2). 455-457p.
- Pauly D. (1979). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. ICES journal of Marine Science 39(2). 175-192p.
- Raya A.M. y L. Cubillos. (2002). El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana (Concepción)*. 66(2): 161-179p.

- Rivera C.G.A., A. García y A.M. Gómez. (2015). Técnica de diafanización con alizarina para el estudio del desarrollo óseo. *Revista Colombiana Salud Libre*. Medellín, Colombia. 2-7p.
- Rodríguez-Ibarra L.E., G. Aguilar-Zárate, G. Velazco-Blanco y L. Ibarra-Castro. *Industria Acuícola*. (2013). Tinción de tejidos óseos y cartilagosos del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* para evaluar malformaciones esqueléticas. 5p.
- Saborido-Rey F. (2008). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC) Universidad de Vigo. Curso doctorado. Pontevedra, España. 3-65p.
- Salgado-Ugarte I.H., J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. (2005). Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. FES-Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 253p.
- Samat A., M.N. Shukor, A.G. Mazlan, A. Arshad y M.Y. Fatimah. (2008). Length-weight relationship and condition factor of *Pterygoplichthys pardalis* (Pisces: Loricariidae) in Malaysia Peninsula. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*. 3(2). 48-52p.
- Sánchez C.J.B. (2016). Edad y crecimiento de la raya mariposa, *Gymnura marmorata* (Cooper, 1864) en la porción sur de la costa occidental de Baja California Sur, México (Doctoral Dissertation, Instituto Politécnico Nacional). D.F México. 58-63p.
- Sparre P. y S.C. Venema, (1975). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales: manual. FAO. Documento Técnico de Pesca. 306p.
- Sturges H.A. (1926). The choice of a class interval. *Journal of the American statistical association*, 21(153), 65-66p.
- Tagliafico A., L.W. González y N. Eslava. (2008). Estimación de los parámetros de crecimiento y reproducción de la sardina (*Sardinella aurita*) del Sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. 3-13p.
- Tisseaux Navarro, A. (2019). Aspectos biológicos de una especie introducida de pez diablo *Hypostomus sp.* (Loricariidae), en el sureste del Lago de Nicaragua. Universidad Nacional Facultad de Ciencias exactas y naturales Escuela de Ciencias biológicas Licenciatura en Biología con Énfasis en manejo de recursos marinos y dulceacuícolas. Heredia. Costa rica 75p.
- Toro-Ramírez A., A.T. Wakida-Kusunoki, L.E. Amador-del Ángel y J.L. Cruz-Sánchez (2014). Common snook [*Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)] preys on the invasive Amazon sailfin catfish (*Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855)] in the Palizada River, Campeche, southeastern Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(3). 535-534p.
- Villavicencio G.C.J. (2000). Taxonomía, abundancia estacional, edad y crecimiento y biología reproductiva de *Narcine entemedor* Jordan y Starks (Chondrichthyes; Narcinidae), en Bahía Almejas, BCS., México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). 50p.

- Wakida-Kusunoki A.T. y A. Toro-Ramírez. (2016). El robalo prieto (*Centropomus poeyi*), nuevo depredador del pez diablo (*Pterygoplichthys pardalis*). *Hidrobiológica*, 26(1), 147-149p.
- Wakida-Kusunoki, A.T. y L.E. Amador-del Ángel. 2011b. Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: *Loricariidae*) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82(3). 869-879p.
- Zavatteri, A. (2010). Estudio de edad y crecimiento de la raya hocicuda *Dipturus chilensis* (Guichenot, 1848) en el Atlántico Sudoccidental (34-55 LS y 52-69 LW). Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 11-50p.

Capítulo 4. Estimación de la capacidad reproductiva del pez diablo, determinación de la proporción hembra-macho, la fase de madurez gonádica y fecundidad.

Resumen

La capacidad reproductiva es la condición indispensable de toda especie para preservarse. El pez diablo *Pterygoplichthys sp* es un reproductor precoz, prolifero y al acrecentarse su establecimiento en nuevas latitudes, está aumentando su capacidad reproductiva y extendiendo sus periodos de desove. El objetivo de este capítulo es analizar la capacidad reproductiva en la PEZ y el río Amacuzac. Se realizaron 12 muestreos, uno por mes entre marzo de 2017 hasta mayo de 2018. Se procesaron 380 ejemplares, con un intervalo de tallas de 135 a 550 mm, de longitud total (Lt) y un peso de 13.5 y 981 g. El factor de condición promedio fue de 0.1072 con un pico estadístico entre marzo y mayo, el coeficiente de alometría fue de 2.74 con una correlación entre el peso y la talla de 0.91. Se encontraron todas las fases reproductivas, con una predominancia de la fase V en marzo a mayo, sin embargo, se encontraron hembras grávidas en todos los muestreos. El cálculo de la fecundidad se llevó a cabo mediante el análisis de 22 hembras, con una Lt de entre 255 mm y 494 mm y un peso de 186 gr a 842 gr, las hembras se encontraban en fases grávidas; se obtuvo un valor promedio de 980 ± 20 ovocitos, con un mínimo de 387 para las hembras pequeñas con un máximo de 1454 ovocitos hidratados. Por otro lado, la proporción sexual fue 6 a 1 con predominancia de hembras, lo que le confiere una gran capacidad reproductiva durante todo el año, y por tanto la capacidad de competencia por espacio y otros recursos.

Palabras clave: capacidad reproductiva, desove, fecundidad, ovocitos.

Abstract

Reproductive capacity is the indispensable condition for any species to preserve itself. The devilfish *Pterygoplichthys sp* is a prolific early breeder and as its establishment increases in new latitudes, its reproductive capacity is increasing and its spawning periods are being extended. The objective of this chapter is to analyze the reproductive capacity in the PEZ and the Amacuzac River. Twelve experimental samplings were carried out, one per month between March 2017 and May 2018. 380 specimens were processed, with a size range of 135 to 550 mm, total length (Lt) and a weight of 13.5 and 981 g. The average condition factor was 0.1072 with a statistical peak between March and May, the allometry coefficient was 2.74 with a correlation between weight and height of 0.91. All reproductive phases were found, with a predominance of phase V in March to May, however, gravid females were found in all sampling campaigns. Fecundity calculation was carried out through the analysis of 22 females, with an Lt of between 255 mm and 494 mm and a weight of 186 g to 842 g, the females were in gravid phases; an average value of 980 ± 20 oocytes was

obtained, with a minimum of 387 for small females with a maximum of 1454 hydrated oocytes, with a total of 21744. On the other hand, the sexual ratio was 6 to 1 with predominance of females, which gives it a great reproductive capacity throughout the year, and therefore the ability to compete for space and other resources.

Keywords: reproductive capacity, spawning, fecundity, Oocytes.

Introducción

La capacidad reproductiva es indudablemente la condición indispensable de toda especie para preservarse; en producción animal tiene un significado central, por el interés comercial (Palma 2009). Mientras que las especies introducidas se reproducen exitosamente induciendo importantes efectos acumulativos que causan perturbaciones a los ecosistemas nativos (Gibbs *et al.*, 2008). El pez diablo no es la excepción pues una de sus características más importantes es su capacidad reproductiva (Mendoza *et al.*, 2009; Da Cruz *et al.*, 2009). Por ejemplo, los organismos del género *Pterygoplichthys* presentan reproducción precoz ya que, suelen reproducirse a edades tempranas, poseen alta tasa de fecundidad y sobrevivencia (Cruz-León 2016).

Existen varios estudios sobre la reproducción de peces donde se menciona que la reproducción sexual confiere a los organismos el beneficio evolutivo (Brido *et al.*, 2003); dicho proceso aumenta la recombinación genética, ya que permite incorporar adaptaciones a través de las generaciones (Saborido-Rey 2017).

Gibbs *et al.*, (2008) realizó estudios relacionados con la reproducción del pez diablo en Volusia Blue Spring, aseverando que su reproducción de tipo sexual le permite

agregar nuevas características, como el aumento de su capacidad reproductiva y ampliación de la duración de su estación reproductora.

Cruz león (2016) realizó un estudio en Veracruz donde asegura que dichos parámetros son indicadores de la frecuencia y distribución mensual de las etapas de desarrollo gonadales para las hembras; lo que indica aumentos de la actividad reproductiva (Gibbs *et al.*, 2008), ya que el contenido de los ovarios puede presentar ovocitos de distintos tamaños mostrando que el pez presenta desoves múltiples (Suzuki *et al.*, 2000).

Jumawan *et al.*, 2016 realizó diversos estudios de fecundidad del pez diablo en Filipinas en los cuales pueden observarse las estrategias reproductivas y el rendimiento fisiológico general de los plecos y cómo son influenciados por el ambiente no nativo incitando su proliferación hasta conseguir la dominancia en los ambientes acuáticos en los que logra establecerse.

El pez diablo se distingue entre otros peces por su asincronía de desoves en los cuales puede depositar más de 1000 huevos (Gibbs *et al.*, 2008). Lo anterior es sumado a estrategias de cuidado parental y territorialidad aumentando su éxito reproductivo (Tello *et al.*, 1992); debe considerarse que estos organismos tienen una longevidad de alrededor de 5.25 años, lo que asegura un alto repoblamiento (Gibbs *et al.*, 2013 y Vega *et al.*, 2016).

Objetivo

Estimar la capacidad reproductiva del pez diablo mediante la determinación de la proporción hembra-macho, la fase de madurez gonádica y el cálculo de la fecundidad.

Materiales y métodos

En el presente estudio fueron capturados organismos del género *Pterygoplichthys*, el método se observa en el capítulo 2. Se realizó un "análisis estratificado por tallas" para obtener submuestras de aproximadamente 2 ejemplares por talla por cada una de las campañas de muestreo. Los organismos seleccionados fueron pesados con una balanza analítica marca OHAUS, con precisión de 0.1 g y peso máximo de 5000 gr, más tarde estos fueron medidos con ayuda de un ictiómetro de +/- 0.1 mm de precisión para determinar su longitud total (Lt) y su longitud estándar (Le).

Posteriormente estos fueron disectados con la finalidad de realizar las determinaciones de sexo correspondiente a cada uno de los individuos, también se consideró la ubicación y madurez de acuerdo con el tamaño, color y forma que presentaron las gónadas (Cailliet *et al.*, 1996). Cabe mencionar que estas observaciones se realizaron a nivel macroscópico, registrando el estadio de madurez gonádica de cada pez, tomando en cuenta la escala de maduración propuesta por Nikolsky (1963) (Anexo 5).

Las gónadas fueron pesadas, después fueron preservadas con solución Davison y a las 72 horas fueron cambiadas a frascos con alcohol al 70% donde permanecieron hasta su análisis (Maldonado 2004; Hernández 2008).

El cálculo del Índice Gonadosomático (IGS) se llevó a cabo mediante la fórmula planteada por Cailliet *et al.*, (1996) y Vazzoler (1996) la cual fue utilizada para indicar el IGS de los organismos del género *Pterygoplichthys* a través de los diferentes meses de colecta, dicha ecuación matemática se expresa:

$$IGS = \frac{Wg}{Wt} \times 100$$

Donde:

- IGS = Índice gonadosomático
- Wg, Peso de la gónada
- Wt, peso total del organismo

La fecundidad se calculó a partir del método gravimétrico, el cual consiste en retirar tres submuestras del ovario de 1g; es importante secar el exceso de solución con papel absorbente, para posteriormente realizar los conteos de huevos con ayuda de un estereoscopio.

El número medio de huevos obtenido de las submuestras fue relacionado directamente con el peso total del ovario (Saborido 2002; Cruz-Gómez *et al.*, 2010). La fecundidad se determinó en hembras que contenían ovocitos vitelogénicos es decir ovocitos en estadio IV y V según Nikolsky (1963), así mismo, se realizó una correlación de Spearman (Statistica versión 10.0) con el fin de observar la relación entre el peso del organismo eviscerado y el peso de las gónadas de los peces.

Resultados

De 380 organismos, 271 fueron hembras (H), 46 machos (M) y 63 se interpretaron como indefinidos (I) (Figura 4.1).

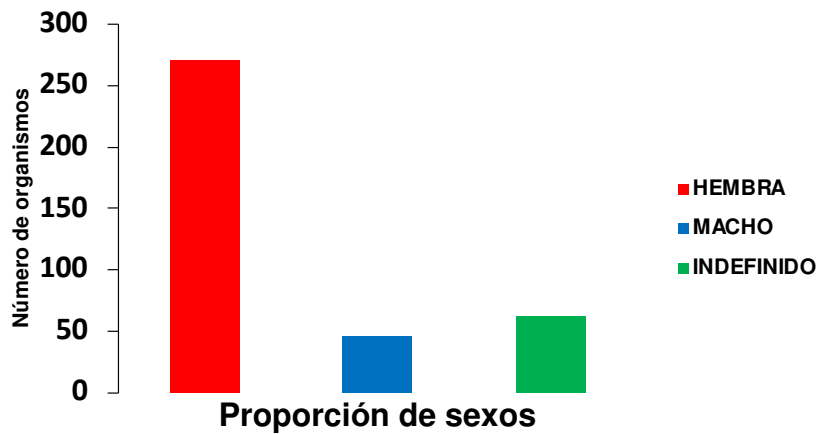


Figura 4.1. Proporción de sexos de los organismos colectados en la presa Emiliano Zapata y el río Amacuzac.

En relación a las fases de madurez gonádica, la V fue la que más se encontró, presentando un 26% en la presa y un 38% en los organismos del río, los menores porcentajes estuvieron constituidos por las fases I y II con porcentajes por debajo del 6% (Figura 4.2 y 4.3).

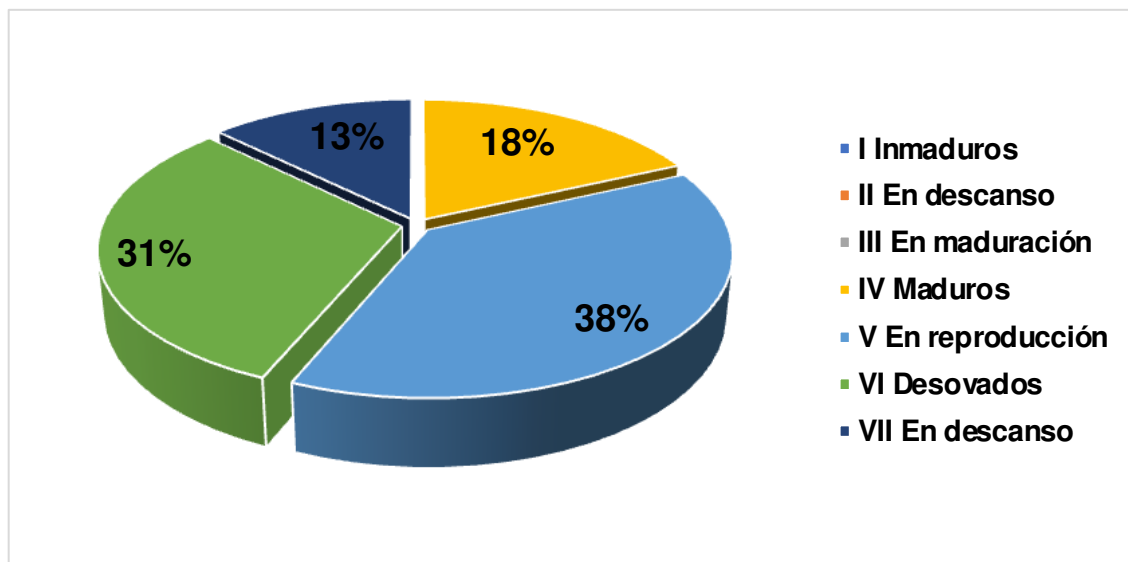


Figura 4.2. Porcentaje de fases de madurez gonádica de los organismos colectados en el río Amacuzac.

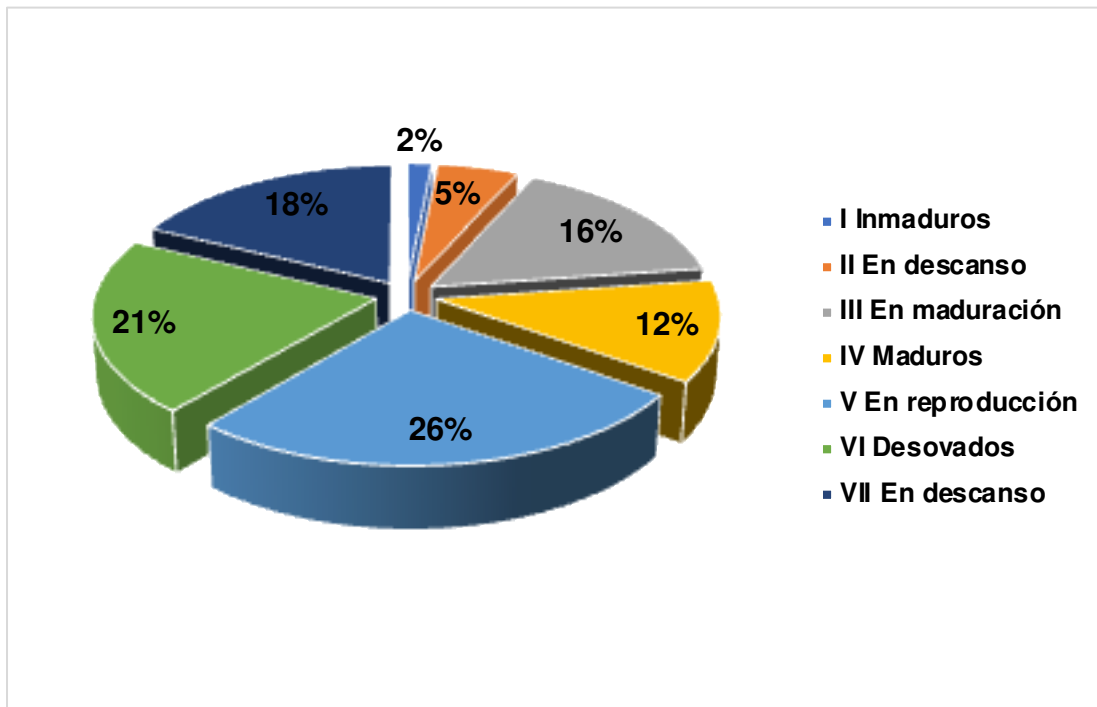


Figura 4.3. Porcentaje de fases de madurez gonádica de los organismos colectados en la presa Emiliano Zapata.

En la figura 4.6 se muestran las comparaciones de las fases de madurez gonádica de los organismos recolectados en el río Amacuzac y PEZ ajustados a un ciclo anual. Para los resultados del río Amacuzac solo se presentan los meses marzo, abril, mayo junio, noviembre y diciembre, ya que, las lluvias imposibilitaron las capturas. Sin embargo, los resultados obtenidos de los muestreos (Figura 4.4 y 4.5) demuestran que no existe una distribución homogénea de las fases de madurez en los meses de estudio, no obstante, en los meses de marzo, abril y mayo se observan incrementos en las etapas V y VI, y en el mes de abril específicamente ambas poblaciones, coinciden en el incremento de organismos en etapa reproductiva, en los meses de temporada seca como se muestra en la (Figura 4.6).

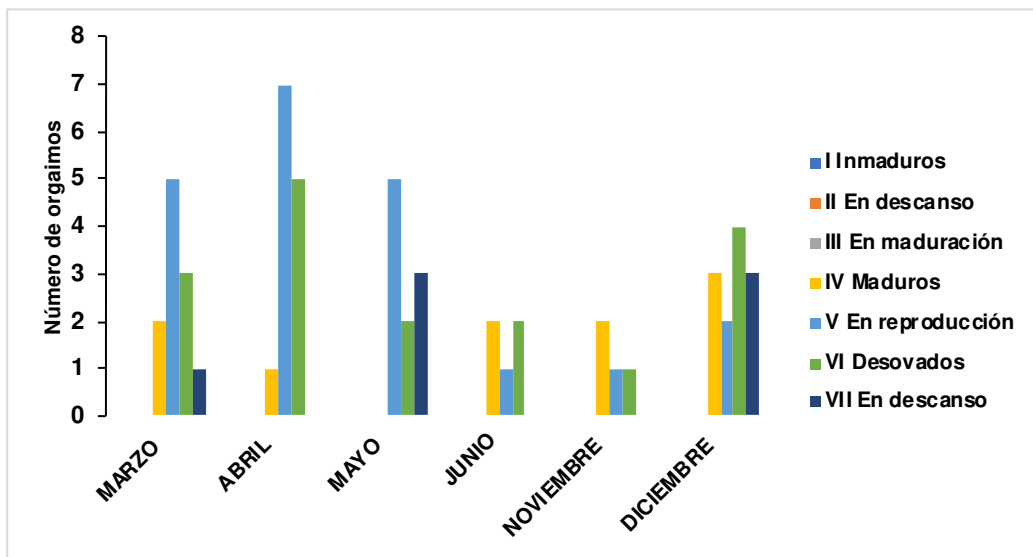


Figura 4.4. Fases de madurez gonádica de los organismos colectados en el río Amacuzac.

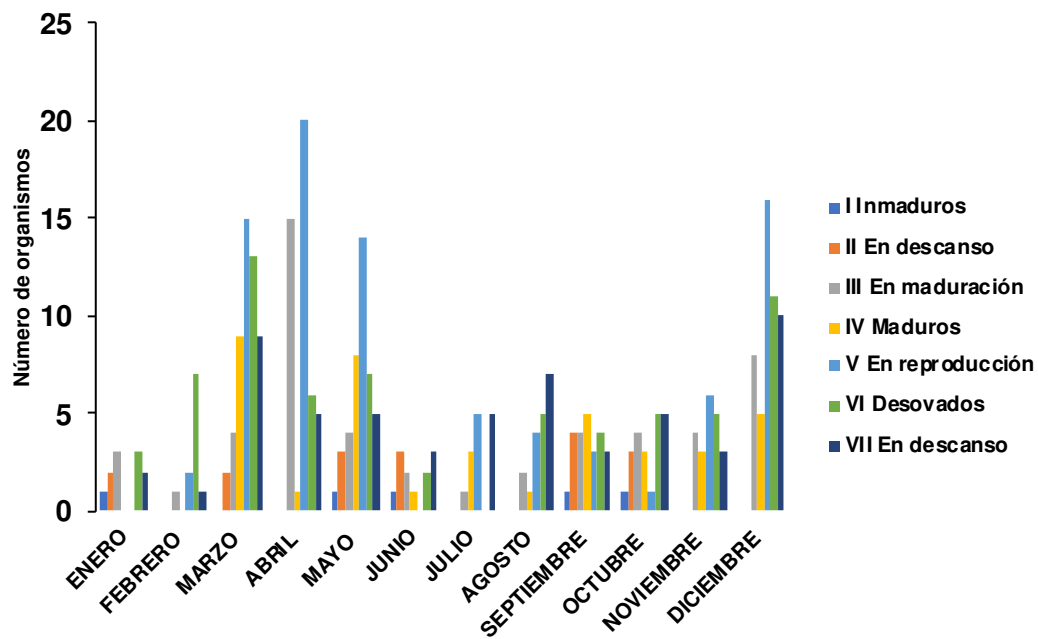


Figura 4.5. Fases de madurez gonádica de los organismos colectados en la presa Emiliano Zapata.

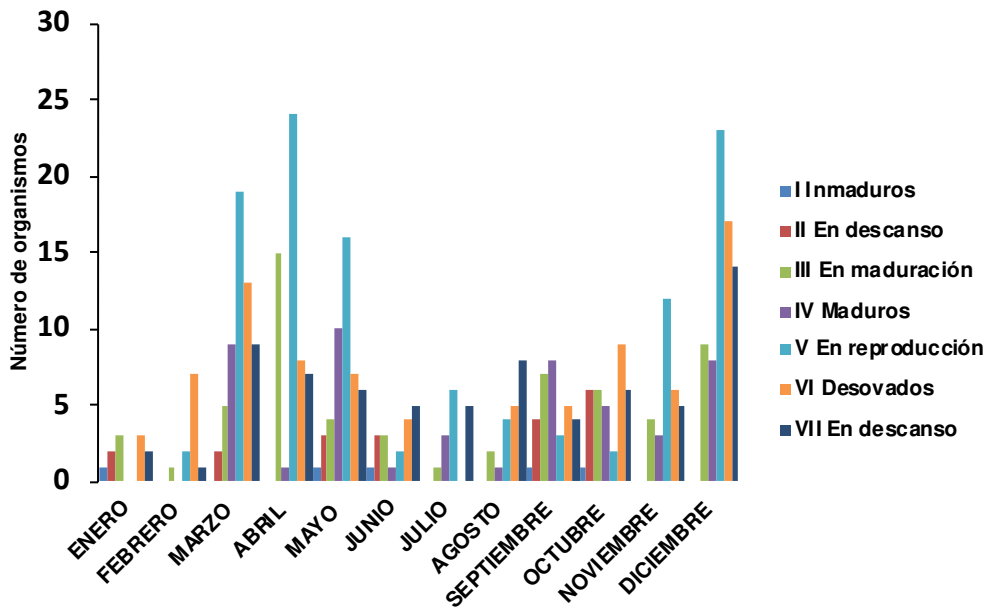


Figura 4.6. Comparación Fases de madurez gonádica de los organismos colectados en el río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata.

Se puede apreciar que el IGS en la población de la PEZ presenta un marcado aumento en el peso de las gónadas con respecto al peso del cuerpo en marzo (1.69%), abril (5.36%) y mayo (6.46%); posteriormente, se percibe una disminución de octubre (0.7%) a enero (0.7%) (Figura 4.7). Tanto la población del río Amacuzac como la de la PEZ presentaron un comportamiento similar; reflejando incremento en el porcentaje del IGS de marzo a mayo y un par de pulsos más en julio y diciembre (Figura 4.8). De marzo a mayo, se observa que ambas poblaciones presentan alrededor del 50% de los organismos en etapa reproductiva, decayendo súbitamente de junio a octubre (Figura 4.9).

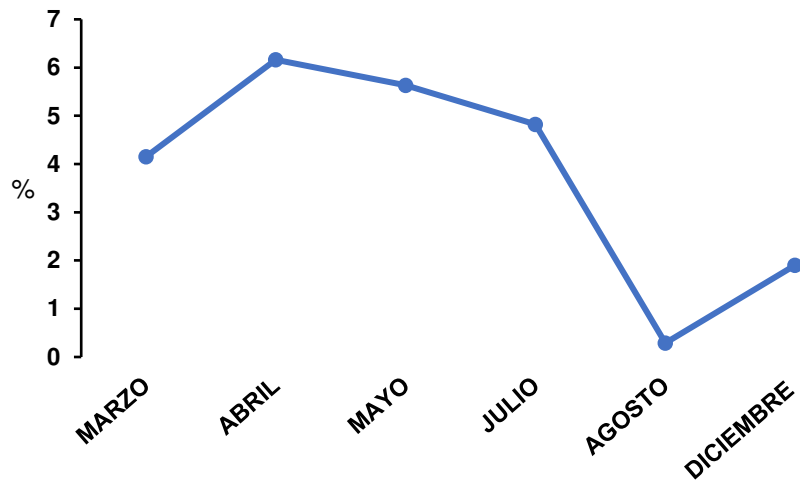


Figura 4.7. Variación porcentual del índice gonadosomático de la población de pez diablo de río Amacuzac.

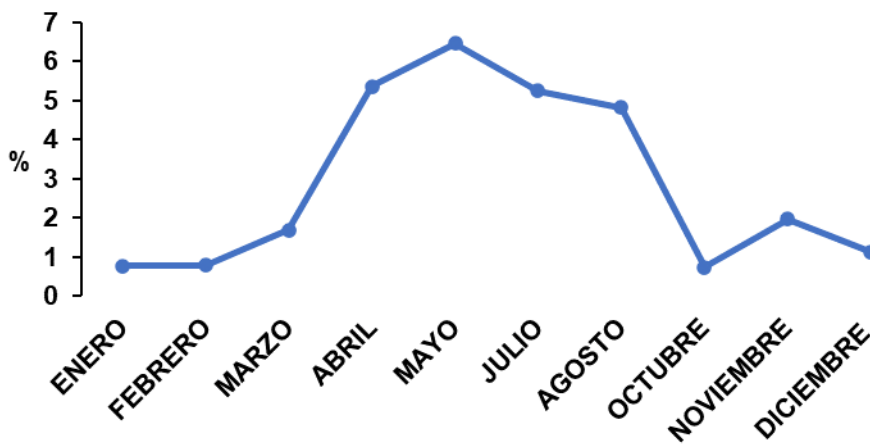


Figura 4.8. Variación porcentual del índice gonadosomático de la población de pez diablo de la presa Emiliano Zapata.

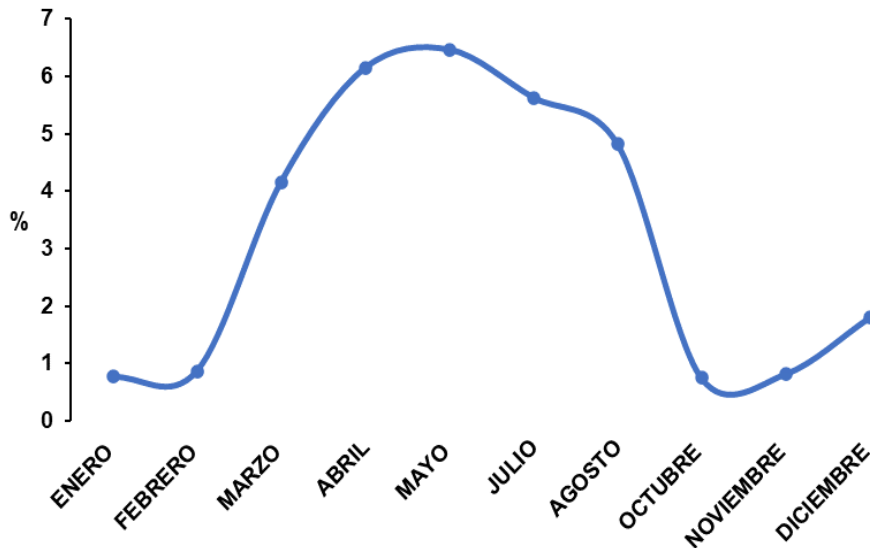


Figura 4.9. Variación porcentual del índice gonadosomático del río Amacuzac y la presa Emiliano Zapata del pez diablo.

El cálculo de la fecundidad se llevó a cabo mediante el análisis de 22 hembras de pez diablo, con una Lt de entre 255 mm y 494 mm, así como un peso de entre 186 a 842 g. Todas las hembras se encontraban en fase de madurez gonádica IV o V.

El valor promedio fue de 980 ± 20 ovocitos, con un mínimo de 387 para las hembras más pequeñas y con un máximo de 1454 ovocitos hidratados, la estimación fue de 21744.

Discusión

La longitud total máxima del pez diablo registrada en este estudio fue de 555 mm para los organismos del río, en cuanto a los organismos de la PEZ registraron tallas máximas de 390 mm, presentando una marcada diferencia en el tamaño. Maya *et al.*, (2001) y Govinda-Das (2010), menciona que en los sistemas naturales la relación entre la longitud, el peso y proporción de sexos puede variar debido a las condiciones ambientales. Además, autores como Cruz-León (2016) encontraron

que la diferencia de tallas entre machos y hembras es amplia, no obstante, en este caso los organismos que presentaron mayor tamaño fueron los machos.

Los registros de la proporción hembra/macho indican que las hembras presentaron mayor frecuencia de aparición que los machos en ambas zonas de estudio. Algunos autores mencionan que la proporción de sexos para esta especie suele oscilar entre 2:1 a favor de las hembras, mientras que otros consideran que esta proporción puede ser mayor. Ayala-Pérez *et al.*, (2014) hace referencia a esta problemática, mencionando que la proporción hembra/macho es de 2:1. Sin embargo, autores como Wakida y Amador del Ángel (2009) aseguran que estas proporciones son de 3:1. No obstante, la proporción sexual de este estudio mostró una proporción 6:1.

La proporción sexual es uno de los factores importantes dentro de las poblaciones de peces (Nikolsky 1963, Santamaría-Miranda *et al.*, 1997 Santamaría-Miranda *et al.*, 2003 y Govinda-Das 2010). Cuando existe diferencia entre el número de hembras y el número de machos puede atribuirse a la supervivencia diferencial de uno de los sexos o a la distribución que prefiere cada uno de estos, así como, a las estrategias reproductivas de la especie en cuestión (Morlans 2004; Lucano-Ramírez *et al.*, 2005; Pascual *et al.*, 2010).

En esta especie se cree que el macho es quien se queda en las madrigueras para cuidar los huevos como sucede con otras especies de peces, evitando que éstos sean capturados por las artes de pesca o sean depredados (Contreras *et al.*, 2012). El cuidado parental por parte de los machos sugiere una ventaja reproductiva y adaptativa (Carranza 2002).

Gibbs *et al.*, (2008) menciona que la capacidad reproductiva del pez diablo es alta y que la talla de primera madurez se encuentra alrededor de los 300 mm de Lt. Aunque, estos peces pueden reproducirse antes de esta talla, cuando las condiciones ambientales son favorables (Gibbs *et al.*, 2008 y Ayala-Pérez *et al.*, 2014).

Se registraron hembras maduras (fase V) de 233 mm de Lt, sin embargo, se encontró un organismo de 130 mm de Lt en fase IV dicho registro es consistente con reportes en otras partes del mundo. En Malasia, se han registrado organismos maduros desde tallas mucho más pequeñas, a los 140 mm de Lt (Samat *et al.*, 2016).

El pez diablo es una especie tropical que suele reproducirse en los meses cálidos del año (Reynalte-Tataje *et al.*, 2018). No obstante, otros autores mencionan que es una especie asincrónica que se reproduce durante todo el año (Valeiras 2006; Samat *et al.*, 2016). Este comportamiento reproductivo se presenta en Malasia, Filipinas y Sudamérica (Jumawan y Herrera 2014). Lo anterior es comparable con los resultados registrados en este estudio, se encontraron organismos en todas las fases de maduración ovárica durante todo el año, sin embargo, las fases que más fueron registradas en ambos sitios de muestreo fueron la V y VI. De acuerdo con Nikolsky (1963) corresponden a organismos en fase reproductiva.

Aunque el pez diablo presenta pulsos reproductivos durante todo el año, es de resaltar que los peces del río no presentaron las etapas I, II y III. Esto podría explicarse a que es un sistema mucho más abierto, con una mayor circulación de agua, además de que las características propias de esta zona hacen complicado

capturar ejemplares en estas etapas de madurez. Debe recordarse que fueron capturados ejemplares de entre 130 y 555 mm.

La escala de Nikolsky (1963), hace referencia a organismos en todos los estadios reproductivos, tanto juveniles en proceso de maduración como individuos cuyos ovocitos ya fueron expulsados y las gónadas se retrajeron. No obstante, la escala maneja dos estadios denominados en descanso las fases II y VI, la principal diferencia entre estos estadios es que el II se refiere a individuos "vírgenes". Las gónadas se observan pequeñas y filamentosas, son translúcidas y la irrigación sanguínea no es visible. En el caso de los ovarios, son finos y redondeados, con una leve coloración rosácea; ovocitos no visibles a simple vista. Testículos finos, aplanados y blanquecinos (Chiappa 1989).

La fase gonádica VII hace referencia a peces que han terminado su periodo de desove, estos presentan gónadas retraídas (parecidas a globos desinflados). La inflamación alrededor de la abertura genital ha disminuido hasta desaparecer. Las gónadas han vuelto a tener un tamaño muy pequeño no hay presencia de ovocitos (Nikolsky 1963; Figuerola 2001).

El IGS reflejó que la época de mayor actividad gonádica se presentó en marzo, abril y mayo en las dos zonas de muestreo, con una disminución en junio y octubre. Duarte y Araujo (2002) y Liang *et al.*, (2005) también observaron que este parámetro se eleva en dichos meses. Querol *et al.*, (2002) y Echevarría *et al.*, (2015) mencionan que calculando el IGS es posible predecir periodos de desove, incluso en especies asincrónicas. La actividad reproductiva del pez diablo se acentúe en la época de secas, ya que en dicho periodo concentra sus reservas energéticas en la

reproducción por efecto de la disponibilidad de alimento (Castillo-Rivera *et al.*, 2001).

La fecundidad es de vital importancia en los estudios reproductivos y la dinámica poblacional. Este parámetro fluctúa en función del tamaño de las hembras, aumentando con su desarrollo y se encuentra íntimamente relacionado con la longitud (González *et al.*, 2013). Este es el resultado de un proceso evolutivo del pez diablo donde este canaliza la energía obtenida de su alimento hacia su crecimiento y la reproducción, resultando en una alta tasa de fecundidad que le permite aumentar sus poblaciones. Un ejemplo de esto es la PEZ, donde la disponibilidad de alimento y falta de depredadores le permiten elevar dicha tasa con respecto a otros organismos que se encuentran menos beneficiados por el ambiente (Fredes *et al.*, 2010).

El pez diablo presentó una fecundidad de 387 a 1454 ovocitos, con indicios de desoves múltiples y una relación directa con la longitud y peso de las gónadas. Duarte y Araujo (2002) aseguran que estos organismos poseen una fecundidad total de 276 a 560 ovocitos, con un promedio de 367. Por el contrario, en este estudio se obtuvo un promedio de 980 ± 20 .

Conclusiones

- El periodo reproductivo del pez diablo se acentúa a partir de marzo extendiéndose por tres o incluso cuatro meses con desoves múltiples desde etapas tempranas.

- El pez diablo es un desovador asincrónico y este puede presentar estadios reproductivos durante varias épocas del año, propiciando que se encuentren diferentes tallas de este organismo a lo largo del año.
- Si los organismos del género *Pterygoplichthys* siguen reproduciéndose y aumentando sus poblaciones, la expansión de estos organismos continuará, afectando directamente al ecosistema y la pesca de especies comerciales.
- La información contenida en este estudio debe incentivar a los pescadores de la zona a realizar capturas masivas de estos organismos, principalmente en meses donde se presentan los picos reproductivos (marzo, abril y mayo).
- Para un control efectivo y disminución poblacional considerable del pez diablo, es necesario un plan de manejo integral, el cual debe incluir capacitación a los usuarios de recurso (pescadores), que les permita conocer e implementar estrategias efectivas para su control.

Literatura citada

- Ayala-Pérez, L.A., A.D. Pineda-Peralta, H. Álvarez-Guillen y 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 estudio en ecosistemas de México*, 313-336p.
- Cailliet G. M. y L.A. Ferry. (1996). Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly. *Moss Landing Marine Laboratories* 70-79p.
- Carranza A.J.F.C. (2002). La evolución del cuidado parental. In *Evolución: la base de la biología* (pp. 193-212). Proyecto Sur. Coord. por Manuel Soler Cruz, 2002, ISBN 84-8254-139-0. 193-212p.
- Castillo-Rivera M. y R. Zárate-Hernández. (2001). Patrones espacio-temporales de la abundancia de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. *Hidrobiológica*, 11(1), 75-84p.

- Chiappa X., M. Gallardo y M. Jacob. (1989). Análisis del régimen alimentario de tres poblaciones de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard (Pisces: *Engraulidae*), en el norte de Baja California. In Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad. Nacional Autónoma de México. 16.2. pp. 361-378p.
- Contreras M., Anguas, B., González, P. G., y R.E. Martínez. (2012). Reproductive behavior of *Opistognathus rosenblatti* (Perciformes: *Opistognathidae*) in captivity. Revista de biología tropical, 60(3).1303-1315p
- Cruz-Gómez A., A.D.C. Rodríguez-Varela y H. Vázquez-López. (2010). Madurez sexual y reproducción de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) en un embalse del poblado de San Martín, Querétaro, México. Biocyt, 1-13p.
- Cruz-León Z.I. (2016). 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. Tesis para obtener el grado de maestro en Ecología y pesquerías. Universidad Veracruzana. Jamapa-Cotaxtla. Veracruz. México. 12-60p.
- Da Cruz A.L., A.C.E. Pedretti y M.N. Fernandes 2009. Stereological estimation of the surface area and oxygen diffusing capacity of the respiratory stomach of the airbreathing armored catfish *Pterygoplichthys anisitsi* (Teleostei: Loricariidae). Journal of Morphology, 270(5). 601-614.
- Duarte S. y F.G. Araújo. (2002). Fecundity of the *Hypostomus affinis* (Siluriformes, Loricariidae) in the Lajes Reservoir, Río de Janeiro, Brazil. Revista de biología tropical. 50(1). 193-197p.
- Echevarria G., N. González y C.A. Lasso. (2015). Biología reproductiva de las comunidades de peces en dos lagunas de inundación del bajo Orinoco, Venezuela. Memoria de la fundación la Salle de ciencias naturales. 25-50p.
- Figuerola M., W. Torres-Ruiz y A.R. Jimenez. (2001). Reproducción en el mero mantequilla (*Cephalopholis fulva*) en Puerto Rico. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales Negociado de Pesca y Vida Silvestre Laboratorio de Investigaciones Pesqueras. Mayagüez. Puerto Rico. 32p.
- Fredes N.A. y P.A. Martínez. (2010). Tamaño corporal y fecundidad de *Hemileius suramericanus* (Acari: Oribatida) en un bosque nativo del sudeste de Buenos Aires. Ecología austral. 20(3). 293-301p.
- Gibbs M.A., B.N. Kurth y C.D. Bridges. (2013). "Age and growth of the loricariid catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida", en Aquatic Invasions 8(2). 207-218p.
- Gibbs M.A., J.H. Shields, D.W. Lock, K.M. Talmadge y T.M. Farrell. (2008). Reproduction in an invasive exotic catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida, USA. Journal of Fish Biology, 73(7). 1562-1572p.
- Gibbs MA, Mallinger M, Martin D, Ross M (2010) Disturbance of the Florida Manatee *Trichechus manatus latirostris* by an invasive catfish (*Pterygoplichthys disjunctivus*). Southeastern Naturalist 9(4): 635–648p.

- González M.T. V. Henríquez y Z. López. (2013). Variations in the fecundity and body size of *digenean* (*Opecoelidae*) species parasitizing fishes from Northern Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*. 48(3). 421-429p. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000300002>.
- Govinda-Das H. (2010). Biología reproductiva de la especie exótica invasora *Pterygoplichthys pardalis* (*Siluriformes: Loricariidae*) en los humedales de La Libertad (sitio RAMSAR No. 79), río Usumacinta. Chiapas, México. Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Villahermosa, México.
- Hernández S.M. (2008). Aspectos reproductivos del loricárido *Pterigoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855), en la Laguna de las Ilusiones. Tabasco, México (Doctoral dissertation, Tesis profesional de licenciatura en biología. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco). 34-40p.
- Jumawan C.J., A.H.A Annabelle, H.J Jumawan y B.J Vallejo. 2016. Size structure and reproductive phenology of the suckermouth sailfin catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* (WEBER 1991) from marikina river, Philippines. Department of Biology, Caraga State University, Butuan City, Philippines Institute of Biology, University of the Philippines-Diliman, Quezon City, Philippines Institute of Environmental Science and Meteorology, University of the Philippines-Diliman, Quezon City Philippines. *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*, 11(1). 2-6p.
- Jumawan J.C. y A.A. Herrera. (2014). Ovary morphology and reproductive features of the female suckermouth sailfin catfish, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber 1991) from Marikina River, Philippines. *Asian Fisheries Science*, 27(1). 75-89p.
- Liang SH, H.P. Wu y B.S. Shieh. (2005). Size structure, reproductive phenology, and sex ratio of an exotic armored catfish (*Liposarcus multiradiatus*) in the Kaoping River of southern Taiwan. *Zoological Studies*, 44(2). 252-259p.
- Lucano-Ramírez G., S. Ruiz-Ramírez y J.A. Rojo-Vázquez. (2005). Biología reproductiva de *Prionotus ruscarius* (Pisces: Triglidae) en las costas de Jalisco y Colima, México. *Revista Digital Universitaria*, 6(8). 1-13
- Maldonado G.M.C. (2004). Estudio de la biología reproductiva del robalo paleta *Centropomus medius* (Günther 1864) para su aplicación en acuicultura. Tesis de doctorado. Centro de investigaciones biológicas del noreste. Programa de estudios de posgrado. La Paz, Baja California. 139p.
- Mendoza R., J.P. Fisher, W. Courtenay, C. Ramírez, A. Orbe, C. Escalera y S. Contreras. (2009). Evaluación trinacional de riesgos de los plecos (*Loricariidae*). Commission for Environmental Cooperation. Montréal (Québec) Canadá. 50-80p.
- Morlans M.C. (2004). Introducción a la ecología de poblaciones. Área ecología. Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. ISSN: 1852-3013. 16p.

- Nikolsky G. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. New York.
- Palma G.A. (2009). Biotecnología de la reproducción 1. Biología de la reproducción. CONICET - Universidad Nacional de Santiago del Estero - National Scientific and Technical Research Council. No. V395. 5 PALb. 35p.
- Pascual L., S. Saber, M.J. Gómez-vives y D. Macías. (2010). Estimación de dos parámetros reproductivos: edad y talla de primera madurez y fecundidad; en el bonito atlántico (*Sarda sarda*) capturados en almadrabas del Mediterráneo Español durante 2008-2009. Joint GFCM/ICCAT Expert meeting on small tunas fisheries in the Mediterranean, Madrid, 2010. SCRS/2010/129.
- Querol M., E. Querol y N. Gomes. (2002). Fator de condição gonadal, índice hepatossomático e recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platimetopon* (Osteichthyes, Loricariidae), bacia do rio Uruguai médio, sul do Brasil. Iheringia, Porto Alegre. serie Zoología 92(3). 1-26p.
- Reynalte-tataje, D., B. Esquivel, J. Esquivel y E. Zaniboni-filho. (2018). Reproducción inducida del piauçu, *Leporinus macrocephalus* Garavello y Britski, 1988 (Characiformes, Anostomidae). Boletim do Instituto de Pesca, 28(1). 11-18p.
- Saborido R.F. (2002). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. www.iim.csic.es/pesquerias/ficheros/curso.pdf.
- Saborido-Rey F. (2017). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC) Universidad de Vigo. Vigo. España 72p.
- Samat A., F.M. Yusoff, A., Arshad, M.A. Ghaffar, S.M. Nor, A.L.B. Magalhaes y S.K. Das. (2016). Reproductive biology of the introduced sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Pisces: Loricariidae) in Peninsular Malaysia. Indian Journal of Fisheries. 63(1). 35-41p.
- Santamaría-Miranda A. y J.F. Elorduy-Garay. (1997). Hábitos alimenticios del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1992) de la costa de Guerrero. In México. In Mem. V Congreso Nacional de Ictiología, Mazatlán, México. 59p.
- Santamaría-Miranda A., J.F. Elorduy Garay y A.A. Rojas Herrera. (2003). Hábitos alimentarios de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en las costas de Guerrero, México. Revista de Biología Tropical, 51(2). 5-16p.
- Simpson G.G. (1961). Principles of Animal Taxonomy. Columbia University Press, New York. DOI: 10.1126/science.133.3464.1589. 247p.
- Suzuki H.I., A.A. Agostinho y K.O. Winemiller. (2000). Relationship between oocyte morphology and reproductive strategy in loricariid catfishes of the Parana River. Brazil. Journal of Fish Biology. 57, 791–807p.

- Tello-Martín, J.S., V.H. Montreuil-Frias, J.T. Maco-García, R.A. Ismiño-Orbe y R. Sánchez- H. (1992). Bioecología de peces de importancia económica de la parte inferior de los ríos Ucayali y Marañón-Perú. *Folia Amazónica*. núm. 44(2). 87-107p.
- Valeiras J. y E. Abad. (2006). 2.1. 10.4 Descripción del “carita lucio” (KGM) 1. Nombres 1. a. Clasificación y taxonomía. Manual Comisión Internacional para la Conservación Del Atún Atlántico. Disponible en línea en: https://www.iccat.int/Documents/SCRS/Manual/CH2/2_1_11_4_KGM_SPA.pdf. 9p.
- Vazzoler A.E.A.M. (1996). *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Eduem. Saopablo. Brasil.171p.
- Vega Rodríguez B.I., L.A. Ayala-Pérez, G.J., Terán González, G.E. Martínez Romero y J.A. Chávez Valades. (2016). El pez diablo en México, protocolo de prevención, respuesta rápida y control. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Ciudad de México. México. 152p.
- Wakida-Kusunoki, A.T y L.E. Amador del Angel. 2009. Nuevos registros de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau 1855) y *P. disjunctivus* (Weber 1991) (Siluriformes: Loricariidae) en el Sureste de México. *Hidrobiológica* 18 (3): 251-256p.
- Wakida-Kusunoki, A.T. y L.E. Amador-del Ángel. 2008. Nuevos registros de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) y *P. disjunctivus* (Weber, 1991) en el sureste de México. *Hidrobiológica* 18(3):255p.

Capítulo 5. Aprovechamiento y control del pez diablo en la presa Emiliano Zapata.

Resumen

En la actualidad, el pez diablo ha logrado invadir diversos ambientes acuáticos naturales, por lo que se considera una de las mayores amenazas para la biodiversidad acuática y las pesquerías de agua dulce. Implementar estrategias y herramientas que permitan controlar sus poblaciones es de suma importancia, una de estas es la implementación de talleres de transferencia de conocimiento, donde el conocimiento representa una forma de tecnología. El objetivo de este capítulo fue diseñar e implementar un taller de transferencia de conocimientos dirigido a la cooperativa de pescadores de Tilzapotla Morelos, así como, a las autoridades encargadas de la toma de decisiones. El taller se realizó en 5 pasos: acercamiento con los pescadores, identificación de los pescadores más interesados en el tema, planeación del taller, exposición de resultados y propuestas de aprovechamiento. El taller se impartió el 15 de octubre 2018 en el centro de reuniones de la cooperativa de pescadores. En el taller se trataron temas relacionados con la biología y ecología del pez diablo, efectos de este en los sistemas naturales y artificiales, su relación con el desplazamiento de especies nativas y comerciales. Los pescadores participaron activamente, expresando dudas e inquietudes llegando a la conclusión de que la disminución de sus ingresos económicos es debido a la desaparición de especies de uso comercial causada en gran medida por el establecimiento del pez diablo. Los pescadores concluyeron que una de las mejores alternativas para el control de las poblaciones de pez diablo, el consumo directo y su utilización en alimentos para animales.

Palabras clave: biodiversidad, pesquerías, pescadores, biología, ecología, pez diablo.

Abstract

Currently, the devil fish has managed to invade various natural aquatic environments, which is why it is considered one of the greatest threats to aquatic biodiversity and freshwater fisheries. The implementation of strategies and tools to control their populations is of the utmost importance, one of these is the implementation of technology transfer workshops. The objective of this chapter was to design and implement a knowledge transfer workshop aimed at the fishermen's cooperative of Tilzapotla Morelos, as well as the authorities in charge of decision-making. The workshop was carried out in 5 steps: rapprochement with the fishermen, identification of the fishermen most interested in the subject, planning of the workshop, presentation of results and proposals for use. The workshop was held on

October 15, 2018 in the meeting center of the fishermen's cooperative. The workshop discussed issues related to the biology and ecology of the devil fish, its effects on natural and artificial systems, and its relationship with the displacement of native and commercial species. The fishermen actively participated, expressing doubts and concerns, reaching the conclusion that the decrease in their economic income is due to the disappearance of species for commercial use, caused largely by the establishment of the devil fish. The fishermen concluded that the solution for the control of devil fish populations, direct consumption and its use in animal feed.

Keywords: biodiversity, fisheries, fishermen, biology, ecology, devil fish.

Introducción

La transferencia de tecnología a través de las generaciones es de suma importancia para la resolución de problemáticas ambientales y sociales. La palabra tecnología puede definirse como el conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico (RAE 2022). La tecnología puede referirse a cosas tangibles como aparatos e incluso a cosas intangibles como saberes o conocimiento (García-Córdoba 2010).

La transferencia de conocimientos es de suma importancia en el cambio de paradigmas de los seres humanos. Ya que exige a los involucrados que participen de manera significativa, favoreciendo procesos de enseñanza-aprendizaje para generar, adaptar y transferir los conocimientos que se requiere para la resolución de problemas (Gilsing *et al.*, 2011; Solano 2013). Con ayuda de este estudio, el sector pesquero podría mejorar y sustentar sus actividades mediante el control y aprovechamiento del pez diablo.

Para que exista una transferencia de conocimientos exitosa, la problemática del pez diablo debe englobar varios factores: el primero debe estar constituido por la comunidad directamente impactada (cooperativa de pescadores de Tilzapotla); la

segunda debe involucrar a las autoridades y tomadores de decisiones de la localidad; y la tercera parte debe estar conformada por los investigadores, estos últimos se encargaran de generar y sentar bases sólidas que engloben diagnósticos y alternativas de control (Velázquez-Velázquez *et al.*, 2013).

Los programas de transferencia de conocimientos consisten en promover códigos de conducta orientados a prevenir problemáticas, con la participación de las comunidades locales y toda aquella persona o agente que pueda estar interesado (Aguirre-Muñoz 2009; Mendoza-Alfaro 2011; Callejas 2017).

En la actualidad, las estrategias implementadas para el control de las especies exóticas invasoras resultan ser insuficientes porque cada una de ellas presenta características distintas; además, la cantidad de información que se difunde es poca y en algunas comunidades nula. En este caso particular, se tratan problemáticas relacionadas con el pez diablo. Por lo anterior, surge la necesidad de proponer estrategias de control que ayuden a concientizar y sensibilizar aún más a las comunidades, principalmente la de pescadores afectados. La implementación de talleres de transferencia de conocimientos también tiene el fin de conservar sus recursos naturales (Tinoco-Navarro 2013), permitiendo mejorar su economía y salud pública (DOF 2010).

Objetivo

Generar propuestas de aprovechamiento y control de la invasión del pez diablo mediante la integración de un reporte técnico y la organización de un taller de transferencia de conocimientos dirigido a las cooperativas de pescadores de la presa Emiliano Zapata.

Materiales y métodos

Se integró un reporte técnico en el cual se abordaron detalles sobre el método de trabajo y los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. Este fue entregado el día 22 de mayo del 2018 al presidente de la cooperativa de pescadores (Antonio Coronel Bahenas), quien se encargó de repartirlo a los integrantes de dicha cooperativa (Anexo 6). Finalmente, se realizaron cinco ponencias y una mesa de debate con los pescadores para intercambiar opiniones y propuestas de control para el pez diablo.

Resultados

El taller de transferencia de tecnología se llevó a cabo a través de contacto directo con la cooperativa de pescadores; además, se extendió una invitación de participación a la comunidad en general. El taller se organizó con base en la carta descriptiva (Tabla 1) donde se plantearon los objetivos, los motivos, la coordinación de las actividades a desarrollar y los puntos fundamentales que garantizaron la participación de los asistentes (Figura 5.1).

Tabla 5.1. Programas del taller de transferencia de conocimientos.

Desglose y descripción de ponencia del taller de transferencia de conocimientos: "El pez diablo en la presa Emiliano Zapata, Tilzapotla, Morelos. Problemática y alternativas de uso"

1ª Ponencia: Biól. José Augusto Chávez Valades "Características biológicas y ecológicas del pez diablo en la presa Emiliano Zapata".

- En la primera exposición se reforzó la información sobre la biología y ecología del pez diablo, enfatizando los resultados obtenidos en este estudio; trato de aplicar el panorama general; así como, el conocimiento de la especie por parte de los pescadores, enfatizando el hecho de lo perjudicial que el pez diablo puede ser en los ecosistemas acuáticos, presentando puntos importantes como su tipo de reproducción y la velocidad con la que se lleva a cabo ésta, así como los meses en los que se presentan los pulsos reproductivos de este pez.

2ª Ponencia: Dra. Brenda Iliana Vega Rodríguez. "Descripción taxonómica y características adaptativas del pez diablo en la presa Emiliano Zapata".

- En esta ponencia se describen las distintas especies de pez diablo reportadas en México, así como sus características generales, el punto principal de esta ponencia fue dar a conocer la importancia de la identificación a nivel taxonómico de la o las especies de pez diablo presentes en la PEZ, ya que la identificación hará posible generar estrategias de control más eficientes.
-

3ª Ponencia: Biól. Ezel Jacome Galindo Pérez. “Caracterización ambiental de la presa Emiliano Zapata”.

- En la tercera ponencia se describe de manera sencilla y entendible para los pescadores las características ambientales de la PEZ, se presentan resultados de los análisis de temperatura oxígeno y pH, así como, rangos de tolerancia de las especies de peces encontradas en la presa.

4ª Ponencia: Dr. Luis Amado Ayala Pérez. “Aprovechamiento del pez diablo como estrategia de control poblacional”.

- En la ponencia número cuatro se expusieron las principales técnicas de aprovechamiento del pez diablo, haciendo énfasis en los grupos de pescadores que han llevado a cabo con éxito estas técnicas, es decir, los casos de las cooperativas de pescadores de Campeche, Sinaloa y Michoacán, donde el pez diablo se aprovecha de diversas maneras, que van desde el consumo directo hasta la realización de embutidos. Esta ponencia exhorta a consumir al pez sin ningún tipo de restricción, puesto que presenta muy buenas características nutricionales, afirmación avalada por resultados de análisis bromatológicos realizados al pez diablo en varios estados de la república mexicana.

5ª Ponencia: Dr. José Antonio Ocampo Cervantes. “Panorama general y situación actual de la tilapia en la presa Emiliano Zapata”.

- En esta ponencia se dio a conocer el estado actual de la tilapia (*Oreochromis sp.*) en la PEZ, con base en los estudios que fueron realizados durante los 12 meses de muestreo realizados por el Dr. José Antonio Ocampo Cervantes. Se pudo llegar a la conclusión de que las características acuáticas de la presa no son aptas para la crianza de tilapia, por el contrario, favorecen al pez diablo gracias a sus altos niveles de tolerancia a condiciones ambientales adversas. Fueron expuestas distintas soluciones y alternativas para la crianza de tilapia, notándose un mayor interés en el cultivo con estanques en la periferia de la presa; ya que otras técnicas como la crianza en jaulas metálicas fue probada sin mucho éxito. Finalmente, los pescadores y tomadores de decisiones coincidieron en que deben mejorar las condiciones de la presa si se quiere cultivar tilapia, ya que por el momento es poco o nada rentable (Ponencia solicitada por parte de la cooperativa de pescadores adicional a la información sobre el pez diablo).

La especificidad y diversidad del taller permitió un buen proceso de aprendizaje y adquisición de información por parte de los asistentes. Los pescadores presentaron interés en las temáticas expuestas en las ponencias, expresando dudas relacionadas con el estado de la presa y participando activamente con su experiencia y vivencias.

Posterior a las conferencias se llevó a cabo una serie de preguntas realizadas por los pescadores a cada uno de los ponentes y funcionarios públicos que asistieron al taller (Figura 5.2). De esta manera se resolvieron las inquietudes de los pescadores con respecto al pez diablo, la presa y el cultivo de cualquier especie de uso comercial que se quisiera producir en este cuerpo de agua (Figura 5.3).

Los representantes de cada sector plantearon las problemáticas relacionadas con el pez diablo desde su punto de vista. Todos los asistentes concordaron en que la presencia del pleco repercute directamente en la disminución de sus ingresos económicos, debido a la desaparición de especies endémicas y de valor comercial. Las alternativas de solución estuvieron en función del consumo y la pesca periódica durante las etapas de mayor actividad reproductiva del pez diablo (capítulo 4).

Por otro lado, una de las más grandes inquietudes fue el tema relacionado con la tilapia, donde se desglosaron y comentaron los resultados obtenidos y expuestos por el Dr. José Antonio Ocampo, quien aseguró que la presa no está en condiciones de ser repoblada con tilapia. Dichos datos no fueron bien aceptados por la comunidad de pescadores, por lo que se dieron algunas propuestas de solución a este problema tratando de involucrar a los tomadores de decisiones.



Figura 5.1. Memoria fotográfica del taller “El pez diablo en la Presa Emiliano Zapata, Tilizapota, Morelos. Problemática y alternativas de uso”. Asistentes al taller, cooperativa de pescadores.



Figura 5.2. Memoria fotográfica del taller “El pez diablo en la Presa Emiliano Zapata, Tilzapotla, Morelos. Problemática y alternativas de uso”. Autoridades, SAGARPA Morelos.



Figura 5.3. Memoria fotográfica del taller “El pez diablo en la Presa Emiliano Zapata, Tilzapotla, Morelos. Problemática y alternativas de uso”. Ponentes.



Figura 5.4. Memoria fotográfica del taller “El pez diablo en la Presa Emiliano Zapata, Tilzapotla, Morelos. Problemática y alternativas de uso”. Participantes.

Discusión

Los talleres son una excelente alternativa educativa ya que parten de las premisas de participación, creatividad y autonomía fundamentales en la adquisición de conocimientos; lo anterior logra reflexiones sobre conceptos y metodologías que pueden ser aplicados a la vida real en la resolución de problemáticas ambientales (Rengifo-Rengifo *et al.*, 2012 y Callejas 2017).

El éxito de estos talleres radica en la generación de un clima de confianza, permitiendo a los participantes conocer el objetivo y los puntos a seguir para la resolución de problemas y a los ponentes tener control y manejar los tiempos, asegurando el desarrollo óptimo del taller (Cuevas-Rossete 2015).

Los talleres de transferencia de conocimientos son de suma importancia en temas relacionados con especies invasoras. Algunos ejemplos son los de Ayala-Pérez *et al.*, (2015), quienes realizaron un taller de transferencia de conocimientos en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y un segundo taller en la Universidad Tecnológica de Campeche. Se llevaron a cabo pláticas y capacitación de pescadores, alumnos y público en general. Los principales resultados de estos talleres fueron: 1) la integración de personas de distintas edades, intereses y formación académica; 2) se destacó la necesidad de realizar este tipo de eventos, de manera periódica; 3) la importancia informar sobre aspecto biológicos y ecológicos del pez diablo; y 4) la importancia de controlar al pez diablo mediante capturas periódicas y consumo humano. En el taller desarrollado en Tilzapotla se obtuvieron resultados similares a los antes mencionados, aunque hubo reticencia hacia el consumo directo del pez.

Conclusiones

- Los talleres de transmisión de conocimientos son herramientas fundamentales en la lucha y control de especies exóticas invasoras, ya que éstos sientan bases informativas en los diferentes agentes involucrados en la conservación de los recursos naturales.
- El taller realizado en Tilzapotla fue exitoso, ya que fue ampliamente aceptado por los asistentes quienes se involucraron activamente, expresando dudas e inquietudes. Los pescadores aseguraron que se les proporcionó información valiosa que ayudará a controlar al pez diablo.

- Existe un amplio conocimiento empírico de los pescadores con respecto al pez diablo, sin embargo, no se ha logrado la sinergia con los tomadores de decisiones, ya que éstos no se involucran activamente en la problemática.

Literatura citada

- Aguirre-Muñoz A. y Mendoza-Alfaro R. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. *Capital Natural de México. Estado de conservación y tendencias de cambio/Sarukhán, J. (Coord. gen.). (2). 277-318p.*
- Ayala-Pérez L.A, B.I. Vega Rodríguez, G.J. Terán González y G.E. Martínez Romero 2015. Mapa interactivo del pez diablo en México. UAM-X. (Consulta 20 de marzo de 2018). Disponible en: <<http://labea.xoc.uam.mx/>>.
- Callejas C.A. 2017. Educación ambiental como estrategia de control del pez diablo en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco. CDMX México. 70p.
- Cuevas-Rossete L. (2015). Mujeres liderando su autonomía y empoderamiento económico. Manual para facilitadoras. Instituto de las Mujeres del Distrito Federal. D. F. México. 1-34p.
- DOF. (2010). Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de http://www.cec.org/sites/default/files/submissions/2011_2015/17361_nota_4_7_reglamento_interior_semarnat.pdf.
- Gilsing V., R. Bekkers, I.M.B Freitas y M. Van der Steen. (2011). Differences in technology transfer between science-based and development-based industries: Transfer mechanisms and barriers. *Technovation*. 31(12). 1-11p.
- Mendoza-Alfaro R., P. Koleff-Osorio, C. Ramírez-Martínez, y A. Orbe-Mendoza. (2011). La evaluación de riesgos por especies acuáticas exóticas invasoras: una visión compartida para Norteamérica. *Ciencia Pesquera*. 19(2) 75p.
- Morales-Reyes E., I.N. Gutiérrez-Cedillo, J. Gastó, A. Nemiga-Xanat y M.A Balderas-Plata. (2015). Educación ambiental popular para el manejo sustentable de recursos naturales en una localidad rural del Subtrópico mexicano. *Sociedade y Natureza*. 28 (1) 39p.
- Rengifo-Rengifo B.A., Quitiaquez-Segura L. y F.J. Mora-Córdoba. (2012). La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. En XII Coloquio de Internacional de Geocrítica. Colombia. 16p.
- Solano E., M. Arzola, M. Durán y F. Chacón. (2013). Modelo para transferencia de tecnología en empresas públicas. Caso de estudio: Siderúrgica Alfredo Maneiro SIDOR. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 3(10),1-17p.
- Tinoco-Navarro M. (2013). Manual; programa de educación ambiental para la sustentabilidad de la microcuenca La Joya, Querétaro. Recuperado de http://fcn.uaq.mx/crcc/docs/13_progeduc_ambiental.pdf.

Velázquez-Velázquez E., J.M. López-Vila y E.I. Romero-Berny. (2013). El pez diablo: especie invasora en Chiapas. Lacandonia. 7(1). 99p.



Reporte técnico sobre la presencia e impactos generados por el pez diablo, dirigido a la cooperativa de pescadores de la presa Emiliano Zapata, en Tilzapotla, Morelos.



Antonio ~~Coronel~~ Coronel

Cooperativa de pescadores de la presa Emiliano Zapata

Biól. José Augusto Chávez Valades

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco

Presente

22 de mayo de 2018

Sírvase la presente para acusar de recibido del informe técnico titulado: "Caracterización ambiental e impactos generados por la presencia del pez diablo en la Presa Emiliano Zapata Tilzapotla Morelos", en el cual se encuentran impresas las actividades realizadas durante el periodo de marzo de 2017 a abril de 2018, relacionadas con la invasión y reproducción del pez diablo en la zona.

Sin más por el momento reciba un cordial saludo,

Antonio Coronel Díaz

Presidente de vigilancia de la cooperativa de pescadores de la presa Emiliano Zapata.

ANTONIO CORONEL

Cooperativa de pescadores de la presa Emiliano Zapata

Biól. José Augusto Chávez Valades

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco

Presente

22 de mayo de 2018

Sírvase la presente para acusar de recibido del informe técnico titulado: "Caracterización ambiental e impactos generados por la presencia del pez diablo en la Presa Emiliano Zapata Tlzapotla Morelos", en el cual se encuentran impresas las actividades realizadas durante el periodo de marzo de 2017 a abril de 2018, relacionadas con la invasión y reproducción del pez diablo en la zona.

Sin más por el momento reciba un cordial saludo,




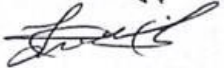



Alfonzo Marquina



Presidente de la cooperativa de pescadores de la presa Emiliano Zapata.

lista de asistentes al Taller "El pez diablo en la presa Emiliano Zapata, Tilzapotla, Morelos.

Problemática y alternativas de uso"

Nombre	15-Oct-18, Taller Tilzapotla
Juan Jesús Ortiz Mancilla	
Miguel Coronel Lara	
Bruno Samano Hernandez	Bruno Samano Her ^{dez} nan
ALFONSO MARQUINA BAHENA	
JUAN MANUEL FIGUEROA GOMEZ	
Juan Samano Celis	
Miguel Moruena	
Mario Rebollos Ocampo	
Antonio Coronel Diaz	
Fernando Ortiz Izoteco	