

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**Tolerancia del estadio juvenil de *Petenia splendida* Günther 1862 a diferentes
salinidades**

Informe de Tesis Presentado por

Manuel Francisco Cano Alfaro

Para optar al título de

Biólogo

Guatemala, junio de 2008

ÍNDICE

	Página
1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	4
3. ANTECEDENTES.....	5
3.1 Cuenca del Lago Petén Itzá.....	5
3.2 Características físicas y químicas del Lago Petén Itzá.....	6
3.3 Diversidad de la Ictiofauna del Lago Petén Itzá.....	7
3.4 Provincias Ictiológicas	7
3.4 Los Cíclidos y el género <i>Petenia</i>	9
3.5 Estudios Relacionados de <i>Petenia splendida</i>	10
4. JUSTIFICACIÓN.....	13
5. OBJETIVOS.....	14
6. HIPÓTESIS.....	15
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
7.1 Materiales.....	16
7.2 Metodología.....	17
7.2.1 Área de estudio.....	17
7.2.2. Diseño experimental.....	17
7.2.3. Obtención de juveniles y preparación de estanques.....	18
7.2.4. Procedimiento del trabajo experimental.....	19
7.2.5. Análisis Estadístico.....	21
8. RESULTADOS.....	22
8.1. Efecto de la tolerancia del estadio Juvenil de <i>P. splendida</i> a distintas concentraciones de cloruro de sodio.....	22

8.2 Efecto de las distintas concentraciones de cloruro de sodio en el desarrollo de alevines juveniles de <i>P. splendida</i>	25
8.3 Medición de Temperatura y análisis del agua.....	29
9. DISCUSIÓN	30
9.1 Tolerancia del estadio juvenil de pez blanco a distintas concentraciones de cloruro de sodio.....	30
9.2 Efecto del cloruro de sodio en el desarrollo de juveniles de pez blanco...	31
9.3 Medición de temperatura y análisis del agua.....	33
10. CONCLUSIONES.....	34
11. RECOMENDACIONES.....	35
12. REFERENCIAS.....	36
13. ANEXOS.....	40

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

Dr. Oscar Cobar Pinto	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto	Secretario
Lcda. Lillian Raquel Irving Antillón	Vocal I
Lcda. Liliana Vides de Urizar	Vocal II
Lcda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez	Vocal III
Br. Mariesmeralda Arriaga Monterroso	Vocal IV
Br. José Juan Vega Pérez	Vocal V

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES

Manuel Cano y Mirtala de Cano, por el ejemplo y guía que me han dado siempre

A MIS HERMANAS

Mirtha y Sophia por su apoyo

A MIS TIOS

Por el cariño y afecto que siempre me han brindado

A MIS PRIMOS

Con cariño

A MIS AMIGOS

Por sus muestras de cariño y apoyo incondicional

Y A USTED

Especialmente

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Producción y Capacitación Acuícola “El Remate”, Flores Petén y a su equipo de trabajadores por el apoyo en el trabajo de campo.

A la T. A. Goldín Melchor por su apoyo incondicional para la realización de este trabajo de tesis.

A Su Jin Shij de la Misión de Taiwán por financiar y facilitar el equipo para la realización del trabajo de campo.

A la Lcda. Alfy Morales y a la M. en C. Lucía Prado por su valiosa asesoría.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y en especial a la Escuela de Biología por permitir ser mi casa de estudios.

1. RESUMEN

Petenia splendida (Pez Blanco), es una especie endémica de Guatemala que se encuentra amenazada debido a razones antropogénicas como lo son: la sobrepesca, pérdida y destrucción de hábitat (Oliva y Pérez, 2005; Yalibat, 2002). Esta especie ha sido incluida en programas de acuicultura para su reproducción y de esta forma ayudar a resguardar las poblaciones dentro del lago. En este trabajo se investigó la tolerancia que presentan los juveniles de pez blanco a distintas concentraciones de cloruro de sodio, así como su límite de tolerancia y desarrollo óptimo.

Los resultados de esta investigación indican que la tolerancia máxima para soportar ambientes salinos se encuentra en el rango de 12 ‰ a 15 ‰ de cloruro de sodio. Se determinó que todas las concentraciones de cloruro de sodio no presentaron diferencias estadísticamente significativas en la variable peso ($P= 0.75$) e índice de crecimiento específico ($P= 0.78$). La variable longitud si presentó diferencias estadísticamente significativas ($P= 0.006$) en el desarrollo de los alevines de *P. splendida*. Se observó que la concentración de 6 ‰ presentó los valores más altos en diferencia de peso, longitud e índice de crecimiento específico (ICE) en comparación con las concentraciones restantes y la concentración control (0 ‰) los valores más bajos.

Este estudio demostró que a pesar de que el pez blanco es un pez secundario (Miller, 1966; Ródiles, 1999), la capacidad que presentó para soportar concentraciones de cloruro de sodio arriba de 12 ‰ fue muy reducida. Sin embargo, la ocurrencia de una enfermedad conocida como ichthyophthiriosis en la concentración control (0 ‰) (Melchor, 2007), confirma que la aplicación de cloruro de sodio en el medio puede ser un método eficaz para el control de enfermedades sin afectar la capacidad de ingesta diaria y la capacidad de conversión de alimentos, ya que todas las concentraciones presentaron un patrón muy similar en relación a la ganancia de peso, longitud e índice de crecimiento específico.

2. INTRODUCCIÓN

El Pez Blanco (*Petenia splendida*) es una especie endémica de gran importancia que se encuentra presente en el Lago Petén Itzá. Este lago es considerado como el principal reservorio de agua del departamento del Petén, además de ser un refugio de fauna acuática endémica regional. El incremento poblacional y la continua migración de personas a este departamento han generado un aumento en las comunidades que se encuentran ubicadas en las áreas ribereñas, las cuales tienen un impacto en las poblaciones de especies endémicas del área (Yalibat, 2002; Ruíz y Pineda, 2005).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la tolerancia que presenta el estadio juvenil del pez blanco a diferentes concentraciones de cloruro de sodio, además de identificar rangos de salinidad para obtener un crecimiento óptimo con la mínima tasa de mortalidad. Con este estudio se propone un método natural que a partir de concentraciones salinas se favorezca el desarrollo de esta especie y a su vez, reducir la presencia de enfermedades por microorganismos que no soportan ambientes salinos. Asimismo, la implementación de métodos naturales y amigables con el ambiente, evitara la utilización de productos químicos que puedan alterar el material genético en etapas tempranas de desarrollo, favoreciendo su desarrollo en cautiverio. Este podría ser un método eficiente en la producción de alevines, ya sea para poblar los cuerpos de agua (luego de realizar estudios poblacionales) o comercializarlos (evitando así la sobreexplotación de los recursos silvestres de los cuerpos de agua). La metodología consistió en la implementación de siete concentraciones (0 ‰, 3 ‰, 6 ‰, 9 ‰, 12 ‰, 15 ‰ y 18 ‰ a 27 ± 2 °C) para identificar el límite de tolerancia y las concentraciones más bajas (0 ‰, 3 ‰, 6 ‰, 9 ‰ y 12 ‰) para identificar el desarrollo óptimo. Cada tratamiento presentó un total de 30 juveniles de *P. splendida*, alimentados por 30 días. Se midió la longitud y peso de cada espécimen al inicio y final de la fase experimental para identificar la concentración que presentó a los individuos con mejor desarrollo.

3. ANTECEDENTES

3.1. Cuenca del Lago Petén Itzá

La cuenca del lago está situada entre los meridianos 89° 31' y 90° 10' longitud oeste y los paralelos 16° 49' y 17° 07' de latitud norte y es tributaria de la vertiente del Golfo de México. La estructura geológica de la zona, definida por el arco de la libertad y el graben del lago, se originó por repetidos esfuerzos tectónicos de la corteza terrestre de la porción sur contra la del norte, definiendo el cinturón plegado en el borde sur de la plataforma de Yucatán (Yalibat, 2002). El graben se forma por la falla denominada Petén Itzá en el norte del lago y otra inferida en el Sur (Escobar, 2002).

La mayor parte del área de la cuenca se encuentra dentro de la Plataforma de Yucatán. Esta plataforma la define Burkart, *et al.* (1987) como un área que durante su historia geológica se ha mantenido como una masa rígida, con una extensión de topografía baja que comprende la Península de Yucatán y la parte central y norte de El Petén.

La zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM) incluye toda la parte norte del lago Petén Itzá, siendo este, el cuerpo de agua más grande de la reserva, conformando el 8 % del total de la cuenca (Escobar, 2002). La cuenca del Lago Petén Itzá tiene una extensión de 1,300 Km²; mientras que el lago cuenta con un área de 108.5 Km² a un nivel de 110 metros sobre el nivel del mar. Este se alimenta principalmente de aguas subterráneas, desde una cuenca de 1,200 Km² perteneciente al drenaje del Río San Pedro. Además recibe agua únicamente de los ríos Ixlu e Ixpop. La fuente de agua dulce del lago con sus sitios recreacionales, pequeños ríos tributarios, arroyos, lagunetas y aguadas, conforman los principales elementos acuáticos de conservación de la cuenca (Yalibat, 2002).

Gran parte de los materiales que conforman el subsuelo de la cuenca, son rocas carbonatadas que han sufrido un proceso de carstificación y disolución de dichos materiales. Las rocas en las que se da esta acción disolvente del agua son las rocas calizas, dolomitas, yesos, sal común y gran mayoría de rocas evaporíticas (Escobar, 2002).

3.2. Características Físicas y químicas del Lago Petén Itzá

El Lago Petén Itzá se encuentra localizado en el departamento de El Petén, al norte de Guatemala (16° 55 'N, 89° 50' W) siendo el principal cuerpo de agua que conforma la Cuenca del Lago Petén Itzá. Es uno de los lagos más extensos (aproximadamente 100 km²) a una altura de 110 msnm, con una profundidad máxima de 160 metros por debajo del nivel del mar. Presenta una gran depresión cárstica que consiste en una serie de fallas escalonadas y alineadas de este a oeste (Anselmetti, *et al.*, 2006). El lago es cálido monomítico, estratificado posiblemente de febrero a noviembre, con termoclina alrededor de los 20 metros en junio (Basterrechea 1988).

Este lago cuenta con una concentración de sales bastante diluida (12.22 meq^{l-1}). Esta condición de menor salinidad puede deberse a que el agua que entra al lago en forma subterránea sufre una pequeña dilución por el agua almacenada en el lago (INSIVUMEH, 1985). Asimismo, las fluctuaciones que ha presentado este lago a través del tiempo en su volumen, sugiere que la composición química del agua se encuentra en respuesta de los cambios del balance en la precipitación y evaporación, lo cual se evidencia en los registros de sedimentos (Anselmetti, *et al.*, 2006). Por aparte, Basterrechea (1988) indica que los cationes que permanecieron dominantes durante estudios realizados desde 1969 a 1974 fue el magnesio y de 1975 a 1988, el calcio. Basterrechea (1988) sugiere que el cambio en la concentración de calcio se debió a que los valores se duplicaron debido al aumento del nivel del lago y al taponamiento de las salidas de agua subterránea., fluctuando muy poco los valores de magnesio y otros iones, mientras que el anión sulfato fue el que

presentó mayor concentración durante todo el periodo. En la tabla 1 (anexo 1) se describe la presencia y concentración de iones para el Lago Petén Itzá obtenidos por Anselmetti *et al.* (2006).

Por aparte, la composición isotópica de oxígeno del lago Petén Itzá presenta un promedio de 2.6 ‰ y es enriquecida a aproximadamente 3.6 ‰, por el producto de la precipitación pluvial. Esto sugiere que una fracción substancial anual del lago se pierde por evapotranspiración (Anselmetti, *et al.*, 2006).

3.3. Diversidad de la Ictiofauna del Lago Petén Itzá

Las primeras muestras de ictiofauna del lago Petén Itzá se realizaron según Kihn (2007) por Bocourt en 1846. Posteriormente Carl Hubbs, en 1935 hizo una colecta completa de la ictiofauna del lago, en base a los cuales Rosen y Bailey (1978) realizaron una nómina con anotaciones de los peces nativos del lago (Basterrechea 1988). Por aparte, Kihn (2001) citado por Basterrechea (1988) desarrolló un estudio de la ictiología de las aguas del lago Petén Itzá que colindan con el Biotopo. En este estudio encontró 10 especies de peces pertenecientes a cinco familias. Recientemente Kihn (2007) actualizó la nómina de los peces que se encuentran presentes en el lago Petén Itzá a partir de colectas y revisiones en distintos museos. Esta nómina resume un total de 19 especies, agrupadas en 7 familias, las cuales se resumen en la tabla 2 (anexo 2).

3.4. Provincias Ictiológicas

De acuerdo con Kihn, *et al.* (2006), Günther (1968) fue el primer ictiólogo que diseñó un escenario biogeográfico de los peces de Guatemala y Centroamérica, dividiendo la región centroamericana en seis provincias ícticas: A) Norte de los lagos de Managua y Nicaragua, llegando

hasta el pacífico. B) Norte de los lagos de Managua y Nicaragua, llegando hasta el atlántico; C) Lago Petén Itzá; D) Lago de Managua; E) Lago de Nicaragua; y F) Sur de los lagos de Managua y Nicaragua hacia el Istmo de Darién. Más tarde, Miller (1966) concibió un esquema de provincias asumiendo que los patrones de distribución de los peces deben coincidir con la geografía de los grandes sistemas hidrográficos, proponiendo cuatro provincias ícticas: Usumacinta, Ístmica, Chiapas-Nicaragua y San Juan (Kihn, *et al.*, 2006). Además, concibió este sistema de provincias de acuerdo al ensamblaje de peces que presentan rangos geográficos y ecológicos similares, tomando en cuenta a especies endémicas y autóctonas de ciertas áreas.

Por último, Bussing (1985) realizó una modificación de las provincias propuestas por Miller reconociendo tres ensamblajes de peces de agua dulce para Centroamérica de acuerdo a su distribución: 1) El viejo hemisferio sur, extendiéndose desde la parte baja de América Central hacia el sur de los Estados Unidos y fragmentándose en cinco centros de endemismo en la América media; 2) El nuevo hemisferio sur, esencialmente una extensión de los taxa de Suramérica hacia Centroamérica hasta el norte y sur de Costa Rica; y 3) La baja penetración de peces de climas templados del hemisferio norte hasta el norte y sur de Costa Rica. Este sistema de clasificación se realizó de acuerdo a diseños generalizados de distribución utilizando grupos monofiléticos (usualmente a nivel de género). Sin embargo, este sistema de provincias según Kihn (2007) debería ser utilizado para clasificación de peces a nivel continental o la parte sur de Centro América, debido a que existen demasiadas especies presentes en Sur América y pocas en Centro América, por lo que se estaría prolongando todas las especies de la provincia íctica del Usumacinta con la provincia San Juan.

Utilizando el sistema de clasificación de Miller (1966), ya que según Kihn (2007), es el más adecuado para explicar la distribución actual de los cíclidos, el Lago Peten Itzá se encuentra incluido dentro de la Provincia íctica del Usumacinta. Esta provincia se caracteriza por presentar un centro fuerte de evolución con un alto endemismo de peces de agua dulce que derivaron de ancestros

marinos. Otra de las características de esta zona es el hecho que del total de la diversidad de la ictiofauna, el 84 % de los peces secundarios (con capacidad de tolerar ambientes salinos) lo comprenden los cíclidos y los poecílicos (Miller, 1966). Estas dos familias, según Rodiles (1999), presentan un centro de radiación adaptativo alto para esta región tropical de Centroamérica.

3.5. Los Cíclidos y el Género *Petenia*

Una de las familias de mayor importancia por su valor social y económico es la Cichlidae. Esta familia está compuesta por aproximadamente 1,405 especies descritas, agrupadas en 105 géneros a nivel mundial (Thoney, *et al.*, 2003). Se caracteriza por ser un grupo secundario de agua dulce, lo cual le permite desplazarse por una gran variedad de ambientes.

Los cíclidos han sido conocidos desde hace mucho tiempo como especies eurihalinas o tolerantes de amplios rangos de salinidad (Oldfield, 2004). A estas especies se les conoce también como especies secundarias de agua dulce, debido a que derivaron de ancestros marinos y pueden desplazarse por ambientes salinos para ampliar su área de distribución (PNUMA, 1987; Myers, 1949).

En esta familia se incluye al género *Petenia* que contiene una única especie, *Petenia splendida*, la cual pertenece al grupo de los cíclidos del neotrópico. Es una especie depredadora que llega a alcanzar tamaños de hasta 60 cm. de longitud, encontrándose en hábitats riparios y lacustres. Su alimentación es principalmente piscívora, tiene una mandíbula que es extraordinariamente protractil, lo que le permite cazar peces de menor tamaño, como poecílicos y carácidos (Waltzek y Wainwright, 2003; Borstein, 2005).

Rodríguez (2006) realizó una revisión del género, mencionando las siguientes características distintivas:

- Dientes caniniformes, muy curvados.
- Poro coronal y canal ausentes.
- Proceso premaxilar ascendente que alcanza entre el borde posterior de la órbita (Juveniles) y el borde posterior del cráneo.
- Aleta dorsal y anal sin escamas.

Su distribución se encuentra confinada desde la vertiente atlántica del río Grijalva (México), río Usumacinta (Norte de Guatemala) y Belice (Conkel, 1993). En Guatemala se ha reportado en los ríos Sacluc, San Pedro, Usumacinta (Barrientos, 1999; Ruíz y Pineda, 2005; Rodiles, 1999), Lago Petén Itzá (Baldizón, 2004); Río Salinas, Río Icbolay, Río Pasión, Río Lacantun y Benemerito Benito Juárez (Conkel, 1993) gráfica 1 (anexo 3).

3.6. Estudios relacionados de *Petenia splendida*

En Guatemala la información generada sobre la biología del pez blanco es muy escasa (Com. Pers. Kihn, 2007), sin embargo, hay un poco de información acuícola. El Centro de Producción y Capacitación Acuícola “El Remate” (Melchor, 2007) indica que el pez blanco puede alcanzar longitudes de 60 cm y llegar a pesar hasta 3.5 lb. En sus hábitos reproductivos la hembra puede llegar a desovar cada 30 días con un rango de temperatura de 25 a 31 °C. El tipo de incubación es externa, adhiriéndose a una superficie sólida (nidos), donde depositan los huevos que posteriormente son fecundados por el macho (Melchor, 2007).

Estudios relacionados con la reproducción en cautiverio han sido llevados a cabo principalmente a través de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). González y

Contreras (2006), estudiaron la actividad de las enzimas digestivas durante la ontogenia inicial de *P. splendida* utilizando extractos multienzimáticos. Este estudio demostró que desde el momento de la eclosión, la actividad de las proteasas alcalinas, amilasa, lipasa y fosfatasa se encuentran presentes, infiriendo que es posible administrar alimento artificial a *P. splendida* en etapas tempranas de desarrollo. Asimismo, Pérez-Vega, *et al.* (2004) ha estudiado la crianza de pez blanco para establecer un módulo de reproducción de alevines de *P. splendida*, obteniendo hasta el momento resultados favorables.

Por aparte, no existen hasta el momento publicaciones relacionadas con la salinidad y su efecto en el Pez Blanco. No obstante, existen trabajos similares en donde se ha estudiado la salinidad en otras especies de cíclidos, debido a que éste es un factor importante en la supervivencia, metabolismo y distribución de muchas especies. De hecho, su presencia en etapas tempranas de desarrollo puede dar resultado a uno o más factores, como es el efecto de la concentración osmótica total e incidencia y concentración de iones particulares (Hoar y Randall, 1969; Oldfield, 2004).

En la familia de los cíclidos, se ha demostrado que muchas especies soportan altos grados de salinidad, por lo cual se les ha considerado como especies secundarias de agua dulce (PNUMA, 1987; Myers, 1949; Ayala, 1989). Esta capacidad para soportar condiciones salinas les confiere ciertas características. Por ejemplo, en estudios realizados por Zale y W. Richard (1989) se demuestra que la tolerancia de ciertos cíclidos a la temperatura está influenciada por los ambientes salinos. Se afirma que a salinidades isosmóticas el pez es capaz de tolerar mayores temperaturas. Esto se debe a que se reduce el estrés de la osmorregulación al igualar el gradiente osmótico.

Por otro lado, se han realizado varios estudios sobre tolerancia salina en diferentes especies de cíclidos, debido a su potencial como fuente de alimento. En un estudio se tomaron juveniles de cíclidos de la península de Yucatán criados en laboratorio a 25 °C. Estos fueron aclimatados

aumentando 2 ‰ por día hasta llegar a una concentración de 30 ‰ de cloruro de sodio sin dañar su sistema fisiológico (Stauffer y Boltz, 1994). De igual forma, Martínez Palacios, *et al.* (1990) ha investigado extensivamente la fisiología de los ciclidos de México. Describió una aclimatación exitosa a salinidades por arriba de 35 ‰ incrementando la salinidad a 5 ‰ cada 48 horas. Sin embargo encontró que presentaron un mejor desarrollo a salinidades de 10 a 20 ‰.

Por aparte, De Silva y Perera (1985) evaluaron la asimilación de la dieta artificial con distintos porcentajes de proteína en distintas salinidades. De Silva y Perera (1984) observaron que los efectos de la salinidad en el crecimiento y alimentación para el ciclido *T. nilotica* fueron mejores a una salinidad de 10 ‰ de tres salinidades utilizadas (5 ‰, 10 ‰ y 15 ‰). Asimismo, reporta que la digestibilidad de alimentos en el ciclido *T. nilotica* no es afectada por la salinidad a concentraciones de 5 ‰, 10 ‰, 15 ‰ y 20 ‰.

En la actualidad existen estudios en ejecución, como el de Ruíz y Pineda (2005) donde se determinan los ciclos reproductivos de peces con importancia alimenticia del Río San Pedro, Petén, Guatemala. En este trabajo se realizaron análisis morfométricos y una relación del tamaño del espécimen y madurez gonadal para el establecimiento de temporadas de veda. Se reporta que para las hembras, el mes de mayor actividad fue agosto y para los machos agosto y octubre, sugiriendo una mayor actividad reproductiva durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. Por aparte, apunta que la fertilidad de las hembras no guarda ninguna relación con el peso.

La evidencia de la literatura y de otros experimentos ha mostrado que muchas especies de ciclidos de Centro América han podido adaptarse y sobrevivir en distintos rangos de salinidad, observando que ciertas especies no se ven afectados a bajas salinidades mientras que otros prefieren ambientes salobres y salinos (Olfield, 2004).

4. JUSTIFICACIÓN

El Pez Blanco (*Petenia splendida*) es una especie endémica de gran importancia que se encuentra presente en el Lago Petén Itzá. Las actividades tradicionales de pesca de subsistencia, comercial y deportiva han aumentado considerablemente la presión sobre estas comunidades de peces y de otros recursos hidrobiológicos (Yalibat, 2002). Además, la pérdida y destrucción de hábitat por razones antropogénicas y la falta de recursos humanos y económicos por parte de las instituciones encargadas de velar por el manejo de los recursos hídricos agravan la situación de esta especie (Oliva y Pérez, 2005; Yalibat, 2002).

Debido a la situación en que se encuentra este pez, surge la necesidad de realizar programas que contribuyan a su conservación, como la realización de proyectos que tiendan a la producción sostenible de esta especie. Sin embargo, para poder llevar a cabo este tipo de proyectos, bajo condiciones controladas, es necesario conocer la biología de la especie ya que la información que se tiene hasta el momento es muy escasa.

El presente trabajo generó información valiosa para esta especie al evaluar la tolerancia que presenta el estadio juvenil del pez blanco (*P. splendida*) a diferentes concentraciones de cloruro de sodio. Con este estudio se propone un método natural utilizando concentraciones salinas para favorecer el desarrollo de esta especie y a su vez, reducir la presencia de enfermedades por microorganismos que no soportan estos ambientes. De esta forma, la implementación de un método natural amigable con el ambiente, evita el uso de productos químicos que alteren el material genético en etapas tempranas de desarrollo, favoreciendo su desarrollo en cautiverio. Conjuntamente, se estaría obteniendo un método eficiente en la producción de alevines, ya sea con fines de repoblación en los cuerpos de agua (luego de realizar estudios poblacionales) o comercializarlos (evitando la sobreexplotación de los recursos silvestres de los cuerpos de agua).

5. OBJETIVOS

5.1 General:

5.1.1 Evaluar la tolerancia del estadio juvenil de *Petenia splendida* Günther 1862 bajo diferentes concentraciones de cloruro de sodio.

5.2 Específicos:

5.2.1 Identificar el límite de tolerancia al cloruro de sodio para el estadio juvenil de *P. splendida*.

5.2.2 Determinar el rango de salinidad para el desarrollo óptimo de *P. splendida*.

6. HIPÓTESIS

El estadio juvenil de *P. splendida* presenta valores altos de tolerancia a concentraciones salinas, favoreciendo su desarrollo a una concentración de 12 ‰.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Materiales

MATERIAL	CANTIDAD	MATERIAL	CANTIDAD
Juveniles de <i>P. splendida</i>	500	Concentrado de Tilapia (lb)	1
Bomba de aire marca Atec AR-8500	2	Bandejas Plásticas	2
Termómetro flotante marca Thermo- Temp con precisión ± 1 °C.	4	Manguera para sifón	1
Piedras difusoras de aire marca Elite	8	Bolsas de NaCl	150 lb.
Ictiómetro de PVC con 60 cm de longitud precisión de ± 0.1 cm.	1	Recipientes de agua (50 lt.)	4
Redes con tamaño de 1 * 1.5 mt.	2	Kit Aqua Chek 6 Pool & Spa test Strips.	1
Botes plásticos de 38 X 14 X 12.5 pulgadas	8	Libreta de Campo	1
Refractómetro salino marca Milwaukee MR100ATC con precisión de ± 1 %.	1	Equipo para extracción de Agua	
Balanza Analítica marca Sartorius cp224s con precisión de ± 0.1 g.	1	Equipo de Laboratorio	
Estanques de concreto de 1 * 1.83 * 1 mt.	4	Equipo de Laboratorio	

7.2. Metodología

7.2.1. Área de estudio:

El presente trabajo se realizó en el Centro de Producción y Capacitación Acuícola “El Remate”, departamento de El Petén, municipio de Flores. Este centro se localiza a una distancia de 35 Km de la cabecera municipal, colindando con el Lago Petén Itzá, Carretera a Tikal, Aldea El Remate (área urbana) (Melchor, 2007) gráfica 2 (anexo 4).

7.2.2. Diseño Experimental

El tiempo destinado para la ejecución del experimento fue de ocho semanas.

Tratamientos

- Fase 1: Consistió en seis recipientes de 0.50 x 0.20 x 0.50 m con distintas concentraciones de cloruro de sodio durante 48 horas. Se utilizó como base del experimento la metodología propuesta por Martínez Palacios, *et al.* (2004) para la aplicación de las concentraciones.

[C0]= 0 ‰ (Control)

[C1]= 3 ‰ (150g NaCl/50 l H₂O)

[C2]= 6 ‰ (300g NaCl/50 l H₂O)

[C3]= 9 ‰ (450g NaCl/50 l H₂O)

[C4]= 12 ‰ (600 g NaCl/50 l H₂O)

[C5]= 15 ‰ (750 g NaCl/50 l H₂O)

[C6]= 18 ‰ (900 g NaCl/50 l H₂O)

- Fase 2: Consistió en piletas de concreto de 1 x 0.20 x 1.5 m con distintas concentraciones de cloruro de sodio durante 30 días.

[C0]= 0 ‰ (Control)

[C1]= 3 ‰ (300 g NaCl/100 l H₂O)

[C2]= 6 ‰ (600 g NaCl/100 l H₂O)

[C3]= 9 ‰ (900 g NaCl/100 l H₂O)

[C4]= 12 ‰ (1200 g NaCl/100 l H₂O)

Unidad experimental: 30 Juveniles de *P. splendida* por tratamiento

7.2.3. Obtención de juveniles y preparación de estanques.

La primera etapa del experimento, consistió en la adquisición de individuos juveniles de *P. splendida*. La etapa juvenil se reconoció por la formación completa de las aletas, a diferencia del estado larvario en donde el esqueleto axial no se ha formado completamente; en su apariencia tienen las características de un pez adulto en miniatura. Estos a su vez se diferencian de la etapa adulta al no presentar una formación completa de las gónadas, la cual se refleja en el desarrollo de estructuras reproductivas, cambios de coloración y comportamiento para desove (Moyle y Cech, 2004).

Los individuos se obtuvieron en el Centro de Producción y Capacitación Acuícola El Remate. Se seleccionaron alevines de mes y medio de crecimiento con talla de aproximadamente 3 cm de longitud. En la primera fase experimental se trabajó con un total de 30 individuos de pez blanco a una densidad de 1 alevín por 1.71 l de agua. Esto se debió a que el tiempo de permanencia de los alevines fue de 48 horas, período en el cual los alevines no se ven afectados por un cambio en la calidad del agua. En la segunda fase se trabajó con una población de 30 individuos a una densidad de 1 alevín por 3.3 l de agua. Se utilizó esta densidad de acuerdo a las prácticas de manejo que se dan en

el centro de producción y capacitación acuícola El Remate, el cual trabaja a densidades de 250 a 350 alevines de pez blanco por m³ (3 a 4 alevines por m³) para etapas tempranas de desarrollo (Melchor, 2007). Esto se debe a que a una mayor densidad las condiciones del agua se deterioran por la acumulación de desechos y restos de alimento.

La obtención de agua del Lago Petén Itzá que se utilizó en la ejecución de la fase experimental, fue a través del equipo de extracción de agua y almacenamiento presente en el Centro de Producción y Capacitación Acuícola “El Remate”. El equipo de extracción consistió en la toma de agua del lago por medio de una bomba de agua de 15 caballos de fuerza. El agua bombeada fue transportada por una tubería de 3 pulgadas hacia las instalaciones donde se encuentran los estanques de almacenamiento (Melchor, 2007). La pileta donde se situaron los alevines, previo a su colocación en las distintas concentraciones de sal, presentó un flujo de agua constante proveniente de los estanques de almacenamiento, manteniendo una aireación continua. Al mismo tiempo, se realizó una medición diaria de la temperatura por medio de un termómetro. Asimismo, se realizó una medición del pH, cloritos libres y totales, dureza y alcalinidad del agua, utilizando el equipo Aqua Check 6 pool & spa strips al inicio y final del diseño experimental. Estos parámetros permitieron conocer las características químicas del agua y su variabilidad durante la fase experimental. Se midió la concentración salina una vez por semana por medio de un refractómetro salino marca Milwaukee MR100ATC. Los individuos se alimentaron por tres semanas con concentrado de tilapia triturado y se realizó un sifonado diario del estanque para eliminar el excedente de alimento no consumido por los alevines (Melchor, 2007).

7.2.4. Procedimiento del trabajo experimental

Fase 1: Determinación del límite de tolerancia

Se utilizó concentraciones de cloruro de sodio (Sal común) en juveniles de *P. splendida* a salinidades de 0 ‰, 3 ‰, 6 ‰, 9 ‰, 12 ‰, 15 ‰ y 18 ‰ a 27 ± 2 °C, para identificar su límite de tolerancia. Estas concentraciones se basaron en la metodología implementada por Martínez Palacios, *et al.* (2004), De Silva y Perera (1984), De Silva y Perera (1985) y Zale y W. Richard (1989) en estudios similares. Las concentraciones se realizaron mezclando el peso exacto de sal para cada tratamiento en los distintos recipientes con un volumen de agua de 50 litros. Para establecer la concentración exacta de cada tratamiento se utilizó un refractómetro salino marca Milwaukee MR100ATC con medición de salinidad de 0 a 100 ‰ con precisión de ± 1 ‰. Se midió la concentración de cada recipiente después de 24 horas, con tal de que el soluto, en este caso la sal, estuviera totalmente disuelto (Martínez-Palacios, *et al.*, 2004).

Una vez establecidas las concentraciones para cada tratamiento se colocaron 30 individuos en cada recipiente de plástico de 0.50 x 0.20 x 0.50 m. Cada recipiente presentó aireación constante a través de una piedra difusora de aire conectada a una bomba de aire marca Atec AR-8500. En cada tratamiento, los individuos permanecieron sumergidos durante 48 horas, ya que según Hoar y Randall, (1969) el tiempo necesario para que los peces se adapten fisiológicamente a distintas salinidades es de 24 a 48 hrs. Se tomó un registro de la mortalidad de individuos por tratamiento. Los juveniles que lograron adaptarse a las concentraciones más bajas (3, 6 y 9 ‰) se utilizaron en la segunda fase del diseño experimental en las mismas concentraciones.

Fase 2: Determinación del rango de salinidad para el crecimiento óptimo

Una vez establecido el límite de tolerancia en juveniles de *P. splendida* (fase 1 del diseño experimental) se utilizó las concentraciones que presentaron la menor tasa de mortalidad. Se trabajó con las concentraciones de 0 ‰, 3 ‰, 6 ‰ 9 ‰ y 12 ‰ de cloruro de sodio debido a que no se reportó mortalidad de los juveniles al identificar su límite de tolerancia. Además, a concentraciones igual o por arriba de 15 ‰ se da más del 50 % de mortalidad de los alevines. Las concentraciones se realizaron al igual que en la primera fase experimental, mezclando el peso exacto de sal para cada tratamiento en estanques de 1.5 x 1 x 1 m con un volumen de agua de 100 l. Se midió la concentración de cada tratamiento pasado 24 horas después de su mezcla. Cada tratamiento presentó un total de 30 juveniles de *P. splendida*. Antes de introducir los juveniles en los estanques, se tomó una muestra de 20 juveniles de cada tratamiento y se midió la longitud y peso individual con ayuda de un ictiómetro y balanza analítica respectivamente. A cada estanque donde se encontraba cada tratamiento se le proporcionó aireación constante por medio de una bomba de aire marca Atec AR-8500. Asimismo, se realizó una medición diaria de temperatura y salinidad. Los peces fueron alimentados por 30 días con concentrado de tilapia. Se reportó la mortalidad de individuos por tratamiento y se anotó las observaciones. Pasados los 30 días se tomó registro de longitud y peso final de una muestra de 20 juveniles para cada tratamiento.

7.2.5. Análisis estadístico:

El análisis de los datos se calculó a través de estadística descriptiva. Se trabajó con modelos porcentuales para identificar la concentración con la menor tasa de mortalidad, utilizando el programa Microsoft® Excel 2007. Se realizó un análisis de varianza para identificar diferencias significativas en la ganancia de peso, longitud e índice de crecimiento específico por concentraciones de cloruro de sodio. Además, se realizó una prueba de cajas (Tukey) para observar la variabilidad de

la longitud y peso de las muestras y un análisis de correlación para medir la relación existente entre las variables longitud y peso de cada tratamiento utilizando el paquete estadístico Palaeontological Statistics, ver. 1.38.

Se aplicó la fórmula propuesta por Moyle y Cech, (2004) para medir el índice de crecimiento específico (ICE) para cada tratamiento (distintas concentraciones). Este índice mide la ganancia de peso diario para cada tratamiento.

$$\text{ICE} = \{(\log_e P_2 - \log_e P_1) / \Delta T\} \times 100$$

Donde, P_2 = Peso final en mg, P_1 = Peso inicial en mg y T = tiempo en días.

Tabla 1. Muerte de juveniles de *P. splendida* por concentración

Concentración	Porcentaje de muertes por concentración	
	Fase 1	Fase 2
0 ‰	0 %	0 %
3 ‰	0 %	0 %
6 ‰	0 %	0 %
9 ‰	0 %	0 %
12 ‰	3.3 %	0 %
15 ‰	60 %	-
18 ‰	100 %	-

Fuente; Datos experimentales

No se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($P= 0.75$) entre las distintas concentraciones de cloruro de sodio para la variable peso. Sin embargo, la concentración de 6 ‰ obtuvo un mayor incremento en peso (Fig. 2).

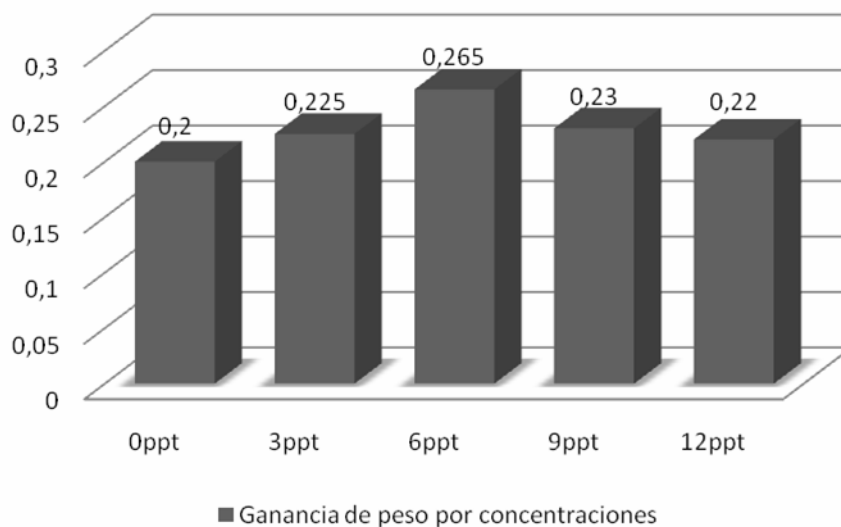


Fig. 2. Peso promedio ganado en las distintas concentraciones de cloruro de sodio.

El incremento en la longitud de los alevines de *P. splendida* presentó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ($P= 0.006$). La concentración de 6 ‰ de cloruro de

sodio presentó un mayor incremento, mientras que la concentración de 0 ‰ los valores más bajos en el incremento de longitud (Fig. 3).

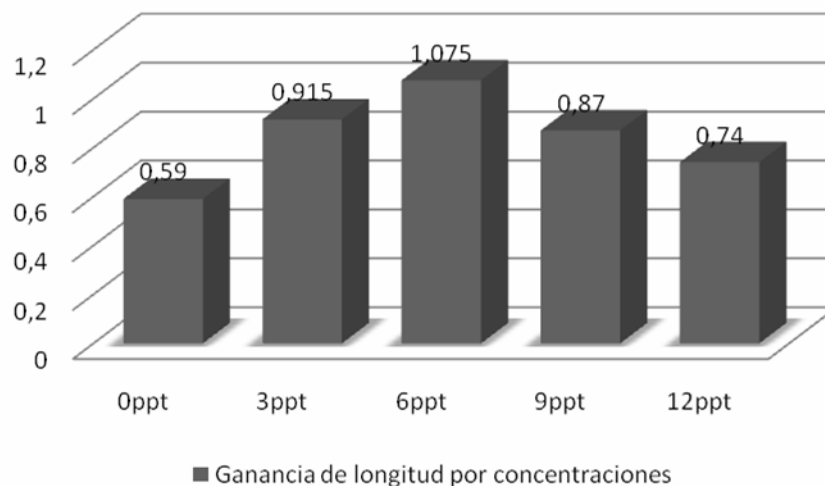


Fig. 3. Longitud promedio ganado en las distintas concentraciones de cloruro de sodio.

De acuerdo al índice de crecimiento específico, la ganancia de peso diario no presentó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ($P = 0.78$). No obstante, se observó que la concentración de 6 ‰ presentó los valores más altos y la concentración de 0 ‰ los valores más bajos (Fig. 4).

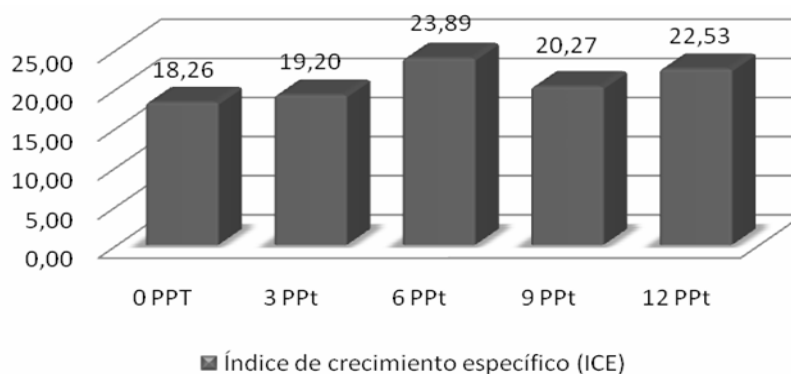


Fig. 4. Índice de Crecimiento Específico (ICE) para cada concentración. Valor promedio para cada concentración

8.2 Efecto de las distintas concentraciones de cloruro de sodio en el desarrollo de alevines juveniles de *P. splendida*.

Se realizó un análisis de cajas para observar las diferencias de peso y longitud de los alevines de *P. splendida* bajo las diferentes concentraciones de cloruro de sodio (Fig. 5). Se observó que todas las concentraciones presentaron valores de peso y longitud muy similares. No obstante, a pesar que los datos fueron logarítmicamente transformados, los valores de longitud para las concentraciones de 0 ‰, 3 ‰ y 12 ‰ presentaron la mayor variabilidad de datos (0 ‰: Min = 0.17, X = 0.31, Max = 0.43; 3 ‰: Min = 0, X = 0.37, Max = 0.49 y 12 ‰: Min = 0.14, X = 0.34, Max = 0.54).

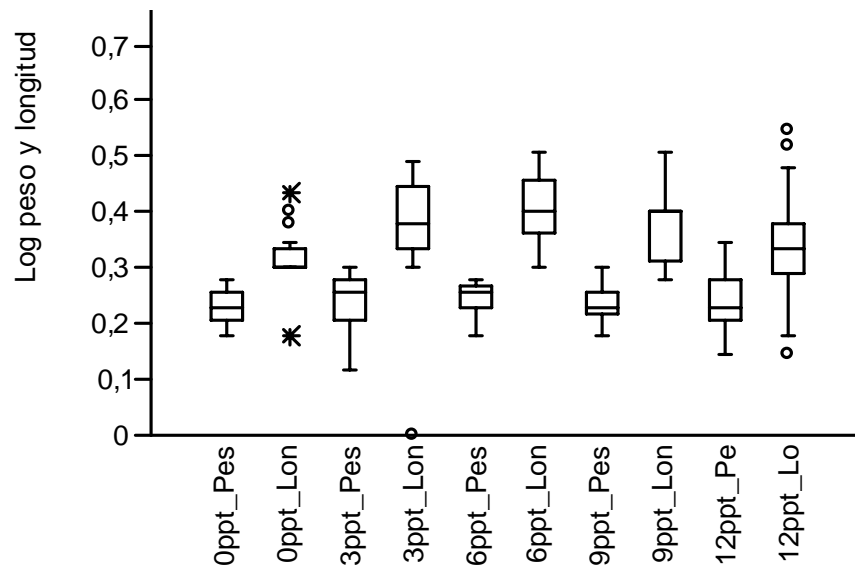


Fig. 5. Análisis de cajas mostrando la ganancia de pesos y longitud por concentración.

Se realizó un análisis de correlación entre las distintas concentraciones de cloruro de sodio para identificar si existe una relación en la longitud y peso de los individuos de *P. splendida*. La concentración de 0 ‰ de cloruro de sodio no presentó correlación en el aumento de peso y longitud ($n = 20$, $r = -0.046$; Fig. 5), observando que el peso de los alevines de *P. splendida* a esa concentración no incrementa a medida que aumenta su longitud.

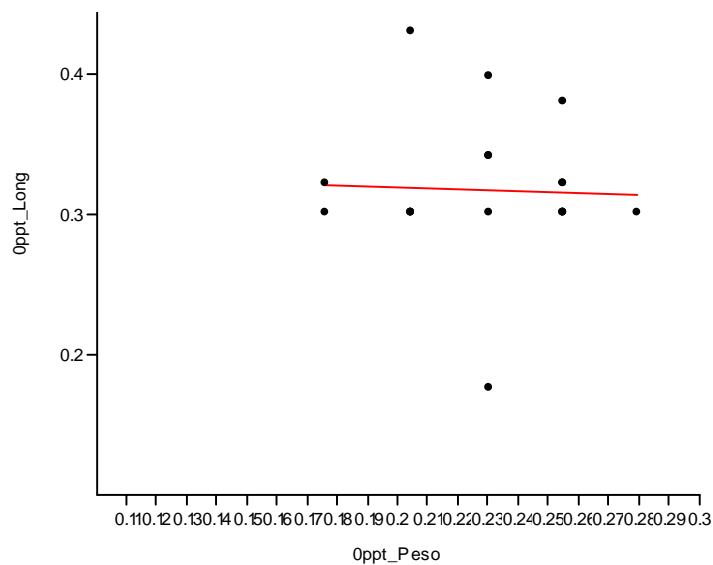


Fig. 5. Relación Peso-Longitud en alevines de *P. splendida* en concentración de 0 ‰ de cloruro de sodio. Datos logarítmicamente transformados.

La concentración de 3 ‰ al igual que en la concentración control (0 ‰), no presentó correlación en las variables de peso y longitud ($n = 20$, $r = 0.35$). Por lo tanto, los valores de peso no incrementan a medida que aumenta la longitud a esta concentración.

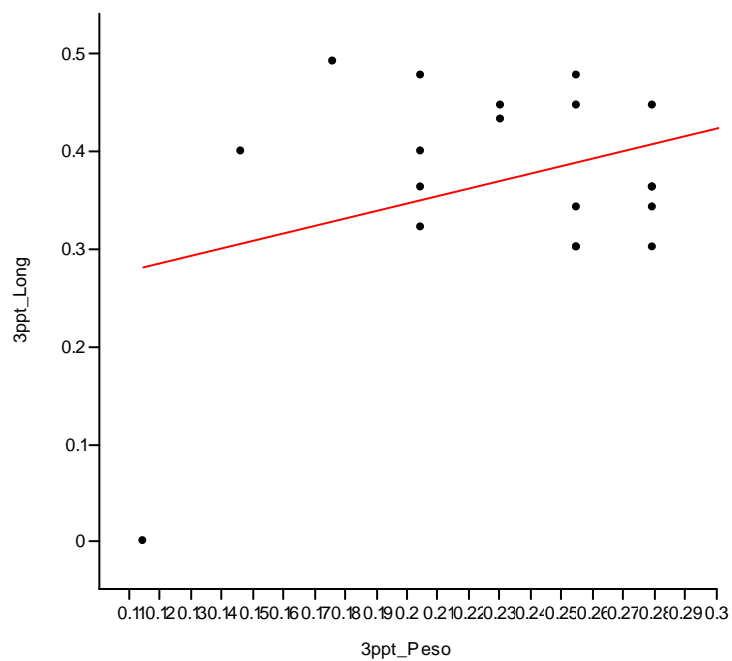


Fig. 6. Relación Peso-Longitud en alevines de *P. splendida* en concentración de 3 ‰ de cloruro de sodio. Datos logarítmicamente transformados.

Al igual que en las concentraciones anteriores, la concentración de 6 ‰ no presentó correlación entre las variables peso y longitud ($n = 20$, $r = 0.19$; Fig. 7) por lo tanto, la variable peso no se ve afectado por el incremento en longitud de los juveniles de *P. splendida*.

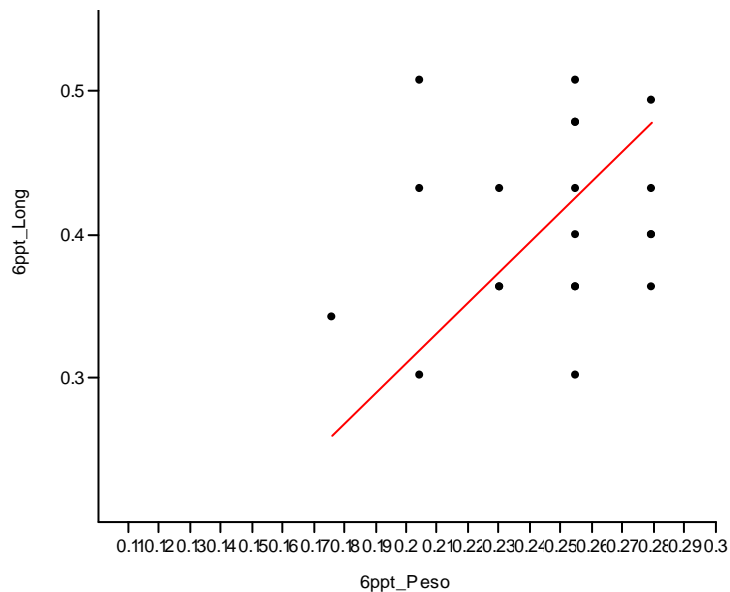


Fig. 7. Relación Peso-Longitud en alevines de *P. splendida* en concentración de 6 ‰ de cloruro de sodio. Datos logarítmicamente transformados.

La concentración de 9 ‰ de cloruro de sodio presentó tendencia a una correlación positiva ($n = 20$, $r = 0.61$; Fig. 8). Se observa un incrementando de peso de los juveniles de *P. splendida* a medida que aumenta su longitud. Sin embargo, los valores de peso se encuentran muy dispersos para confirmar esta tendencia.

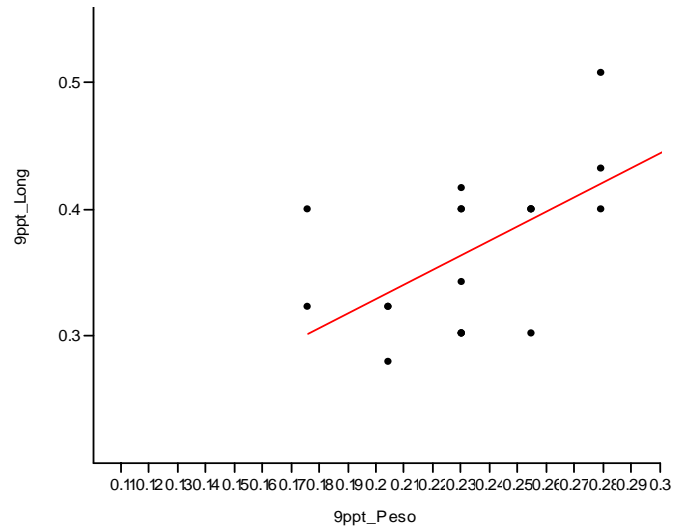


Fig. 8. Relación Peso-Longitud en alevines de *P. splendida* en concentración de 9 ‰ de cloruro de sodio. Datos logarítmicamente transformados.

La concentración de 12 ‰ presentó un coeficiente de regresión de $r = 0.33$ ($n = 20$; Fig. 9). Se observa que los valores de peso exhiben cierta tendencia hacia una ganancia de peso a medida que aumenta la longitud de los alevines ($n = 20$, $r = 0.33$; Fig. 9). No obstante, los valores se encuentran al igual que en la concentración de 9 ‰, muy dispersos para confirmar dicho comportamiento.

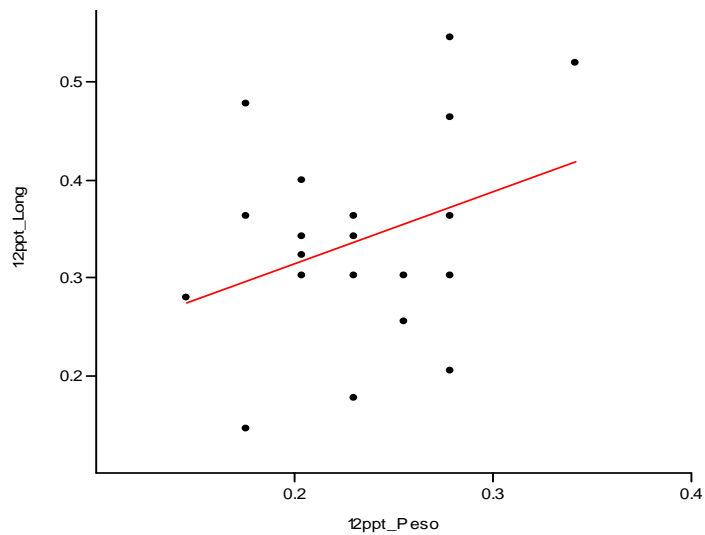


Fig. 9. Relación Peso-Longitud en alevines de *P. splendida* en concentración de 12 ‰ de cloruro de sodio.

8.3 Medición de Temperatura y análisis del agua.

La temperatura del espejo de agua en los recipientes donde se situaron los juveniles de *P. splendida* presentó rangos de temperatura óptima para su desarrollo, con una temperatura mínima de 25 °C y una máxima de 29 °C. La temperatura promedio a lo largo de la fase experimental fue de 28 °C.

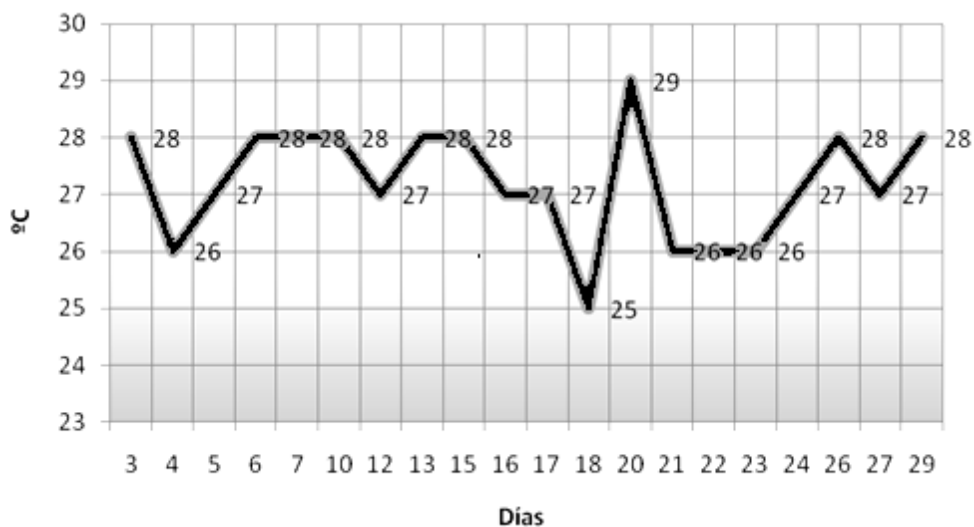


Fig. 10. Cambios de la temperatura durante el tiempo de establecido el experimento.

El espejo de agua en los recipientes donde se situó a los juveniles de *P. splendida* presentó los valores más bajos de cloritos libres y totales. La alcalinidad y dureza del agua presentaron los valores más altos (130 y 500 ppm respectivamente), dándole un carácter básico a la calidad del agua (pH = 8).

9. DISCUSION

9.1 Tolerancia del estadio juvenil de pez blanco a distintas concentraciones de cloruro de sodio

La etapa juvenil del pez blanco presentó capacidad para soportar ambientes salinos a una concentración menor a 15 ‰ de cloruro de sodio a densidades de 1 individuo por cada 1.7 l de agua. A esta concentración ocurrió un 60 % de mortalidad y a concentraciones mayores el 100% (Fig 1. Tabla 1). Se observó que el rendimiento y sobrevivencia disminuye conforme aumenta la concentración debido al impacto osmótico (Hoar y Randall, 1969; Martínez Palacios, *et al.*, 1990). Se identificó que la tolerancia máxima para soportar ambientes salinos se encuentra en el rango de 12 ‰ a 15 ‰.

Esta limitante para soportar altas concentraciones de sal puede estar marcada por una reducción en la disponibilidad de oxígeno, como se observó en la concentración de 15 ‰, donde los juveniles de pez blanco permanecieron en la superficie del espejo de agua, lugar donde la concentración de oxígeno es mayor (Melchor, 2007; Noga, 2000). De la misma forma, las concentraciones de cloruro de sodio en dosis altas pudieron alterar la tasa metabólica por diferencias en el gradiente osmótico afectando el funcionamiento de varios sistemas fisiológicos (Hoar y Randall, 1969, Olfield, 2004).

A pesar de que el pez blanco es un pez secundario (PNUMA, 1987; Myers, 1949), su capacidad para soportar concentraciones altas fue muy reducida. Ésta tolerancia se encuentra ligada a la madurez del pez, ya que según Hoar y Randall (1969) la maduración del sistema osmorregulatorio se encuentra controlado por los factores que regulan el crecimiento. De esta forma, un pez en estado adulto presenta mejor respuesta fisiológica en comparación de un estado juvenil. Por otro lado, el pez

blanco presenta hábitos alimenticios preferencialmente carnívoros (Waltzek y Wainwright, 2003) y el suministro de alimento artificial en su dieta pudo afectar directamente su capacidad de tolerancia a mayores concentraciones de cloruro de sodio.

9.2 Efecto del cloruro de sodio en el desarrollo de juveniles de pez blanco

El análisis de cajas (Tukey) mostró un patrón similar en la ganancia de peso por concentraciones y ganancia de longitud por concentraciones (Fig. 5). Estos resultados sugieren que el aumento de peso y longitud no se encuentran afectados a medida que aumenta el gradiente salino para una densidad de 1 individuo por cada 3 l de agua. No obstante, se observó una diferencia estadísticamente significativa en la variable longitud pudiéndose deber a los valores extremos que presentaron las concentraciones de 0 ‰, 3 ‰ y 12 ‰ de cloruro de sodio.

Se determinó que la concentración de 0 ‰ presentó los valores más bajos en la ganancia de peso, longitud e índice de crecimiento específico, sugiriendo que los juveniles de *P. splendida* se ven beneficiados al existir un incremento de cloruro de sodio en su ambiente. Por aparte, se reportó para esta concentración la ocurrencia de una enfermedad común de agua dulce conocida como ichthyophthiriosis ocasionada por un protozoo que afecta el sistema epitelial (Melchor, 2007). Esta enfermedad se distingue visualmente por la presencia de puntos blancos en el cuerpo del pez. Su presencia ocasiona irritación y rompimiento de las células epiteliales pudiendo causar su muerte (Noga, 2000). Esta enfermedad no ocasionó muertes pero su presencia pudo afectar el crecimiento del pez (Melchor, 2007).

Las concentraciones de 3 ‰, 9 ‰ y 12 ‰ presentaron la mayor similitud en el aumento de peso (Fig. 2) y longitud (Fig. 3), con un índice de crecimiento específico similar (Fig. 4). Estos resultados sugieren que la capacidad de ingesta diaria y la capacidad de conversión de alimentos no se

ven afectadas por el incremento de sal. No obstante, esta semejanza puede deberse también a que el lapso de tiempo que pasaron los juveniles de pez blanco en las distintas concentraciones fue muy corto para obtener cambios notables de longitud y peso.

A excepción de la concentración de 9 ‰, el análisis de regresión para cada una de las concentraciones restantes, no mostró correlación entre la variable de peso y longitud. Esta falta de correlación sugiere que los juveniles de *P. splendida* no presentan un incremento de peso proporcional a su longitud para este estudio. Sin embargo, esta desproporción pudo estar ocasionada principalmente por el tipo de alimento implementado, ya que a pesar de que existen estudios como el de González y Contreras (2006) donde se establece que *P. splendida* es capaz de alimentarse con dieta artificial, estudios como el de Waltzek y Wainwright (2003) establecen que *P. splendida* es un pez con hábitos carnívoros desde la primera etapa larvaria, por lo que la alimentación con dieta artificial puede llevar a una deficiencia proteica y desnutrición en el pez.

La concentración salina de 6 ‰ presentó los valores más altos en diferencia de peso, longitud e índice de crecimiento específico (Fig. 2, 3 y 4). Sin embargo, los resultados no permiten descartar la hipótesis planteada debido a que no existe una diferencia estadísticamente significativa en las variables peso e índice de crecimiento específico, para las distintas concentraciones de cloruro de sodio. La hipótesis establecía que el estadio juvenil de *P. splendida* presenta valores altos de tolerancia a concentraciones salinas, favoreciendo su desarrollo a una concentración de 12 ‰.

En la concentración salina de 9 ‰ (Fig. 8) existió una tendencia positiva en la ganancia de peso y longitud. Sin embargo se observó que a partir de esta concentración disminuyó el rendimiento físico del pez, mostrando un comportamiento sésil o de poco movimiento. Del mismo modo, en la concentración de 12 ‰ (Fig. 9.) se evidenció a los alevines de *P. splendida*, con un comportamiento de poca actividad física, además de presentar un crecimiento similar a la concentración control (0 ‰).

Estos resultados sugieren que a esta concentración salina, los juveniles de *P. splendida*, presentan dificultad para excretar o metabolizar el alto contenido de sal, afectando su sistema osmorregulatorio (Hoar y Randall, 1969; Moyle y Cech, 2004).

A pesar que la tolerancia del estadio juvenil del pez blanco se encuentra en un rango menor a 15 ‰, todas las concentraciones presentaron un patrón similar de crecimiento. No obstante, los juveniles de *P. splendida* presentaron el menor desarrollo en la concentración control (0 ‰) y la ocurrencia de la enfermedad conocida como ichthyophthiriosis (Melchor, 2007). Por lo tanto, la aplicación de cloruro de sodio a una concentración baja en el medio puede ser un método eficaz para el control de esta enfermedad sin afectar el desarrollo del pez.

9.3 Medición de temperatura y análisis del agua

El registro de temperatura permaneció constante durante el tiempo que permanecieron los juveniles de *P. splendida* en las diferentes concentraciones (Fig. 10). Se obtuvo un valor mínimo de 25 °C y un valor máximo de 29 °C. Sin embargo, estos valores permanecieron dentro del rango óptimo para el desarrollo de los peces, ya que un aumento brusco de temperatura conlleva a la muerte de los juveniles principalmente por deficiencia de oxígeno y una baja temperatura a la ocurrencia de enfermedades oportunistas que pueden llegar a ocasionar muerte en el pez (Noga, 2000).

El análisis de cloritos libres y totales permaneció constante en el tiempo de ejecución del trabajo experimental, por lo que se descarta la presencia de cloro y sus residuos. En cuanto a dureza y alcalinidad del agua, los valores permanecieron muy elevados, dándole un carácter básico al agua. Sin embargo, la presencia de los juveniles de *P. splendida* a estas condiciones no se ve afectada, ya que su distribución se encuentra confinada a la provincia íctica del Usumacinta, área que presenta características de topografía cárstica con afloramientos de carbonatos (Yalibat, 2002).

10. CONCLUSIONES

1. Se identificó que la tolerancia máxima para soportar ambientes salinos se encuentra en el rango de 12 ‰ a 15 ‰ de cloruro de sodio para el estadio juvenil de *P. splendida*.
2. A pesar de que el pez blanco es un pez secundario, la capacidad que presenta para soportar concentraciones arriba de 12 ‰ fue muy reducida.
3. El aumento de peso y longitud de los juveniles de *P. splendida* no se encuentran afectados a medida que aumenta el gradiente salino.
4. Se determinó que la concentración de 0 ‰ presentó los valores más bajos en la ganancia de peso y longitud, con ocurrencia de la enfermedad conocida como ichthyophthiriosis.
5. La capacidad de ingesta diaria y la capacidad de conversión de alimentos no se ve afectada por el incremento de sal.
6. El lapso de tiempo que pasaron los juveniles de pez blanco en las distintas concentraciones fue muy corto para obtener cambios notables de longitud y peso.
7. La concentración salina de 6 ‰ presentó los valores más altos en ganancia de peso, longitud e índice de crecimiento específico
8. La ganancia de peso e índice de crecimiento específico en juveniles de *P. splendida* no presenta diferencias estadísticamente significativas en las distintas concentraciones de cloruro de sodio.

11. RECOMENDACIONES

1. Debido a que únicamente se trabajó con pruebas de concentración salina en etapa juvenil, se recomienda realizar estudios que contemplen la utilización de ambientes salinos en etapa embrionaria, larvaria y adulta.
2. Ya que *P. splendida* es un pez susceptible a la manipulación, es recomendable la utilización de técnicas más eficaces para disminuir el estrés ocasionado al momento de realizar mediciones de longitud y peso.
3. Hacer este tipo de estudios durante el tiempo que contempla cada etapa de desarrollo para obtener valores más exactos, así como la utilización de mayor cantidad de réplicas para obtener datos más confiables que puedan ser analizados con distintos métodos estadísticos.
4. Se recomienda la aplicación de cloruro de sodio de forma gradual, así como su remoción a una concentración no mayor a 12 ‰ para el tratamiento y control de enfermedades de agua dulce para el estado juvenil de *P. splendida*.
5. Realizar estudios que conlleven al conocimiento y protección de esta especie, debido a que es un pez que presenta una alta vulnerabilidad de extinción local ocasionada por el deterioro ambiental y el impacto social en el área donde se distribuye.
6. Incluir dentro de los planes de producción acuícola, la utilización de ambientes salinos para el tratamiento de enfermedades y evitar el uso de sustancias químicas que alteren el material genético o contaminen los cuerpos de agua.

12. REFERENCIAS

1. Anselmetti FS, Ariztegui D, Hodell DA, Hillesheim MB, Brenner M, Gilli A, McKenzie JA y Mueller AD. Late Quaternary climate-induced lake level variations in Lake Petén Itza, Guatemala, inferred from seismic stratigraphic analysis. *Palaeoecology* 2006;230:52-69.
2. Ayala LA. Ecología y características poblacionales de dos especies de peces dominantes en el sistema estuarino Palizada del Este Sur del Golfo de México: *Anchoa mitchilli* (Engraulidae) y *Petenia splendida* (Cichlidae). México: Universidad Nacional Autónoma de México, (Tesis de maestría, Instituto de Biología) 1989. 122 p.
3. Baldizón JF. El Impacto Causado por las Actividades humanas Sobre la Composición y Distribución de las Poblaciones de Peces a Orillas del Lago Petén Itzá. Guatemala: Universidad del valle de Guatemala, (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias y Humanidades) 2004. 76 p.
4. Barrientos C. Caracterización de la Ictiofauna con Importancia Alimenticia de los ríos San Pedro y Sacluc, en el Área de Influencia de la Estación Biológica “Las Guacamayas”, Departamento de El Petén, Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1999. 37 p.
5. Basterrechea D. Caracterización limnológica preliminar de 32 lagunas de Guatemala. *Revista de Biología Tropical* 1988;36(1):115-122.
6. Borstein R. The Red Bay Snook. The Greater Chicago Cichlid Association –GCCA-. 2005. http://www.gcca.net/fom/Petenia_splendida.htm [Consulta Junio 2007]
7. Burkart B, Deaton BC, Dengo C y Moreno G. Tectonic wedges and offset Laramide structures along the Polóchic Fault of Guatemala and Chiapas, Mexico: Reaffirmation of large Neogene displacement. *Tectonics* 1987;6(4):411-422.
8. Bussing W. Patterns of Distribution of the Central American Ichthyofauna. United States of America: Plenum Publishing Corporation, 1985. 252- 473 p.

9. Conkel D. Cichlids of North and Central America. New Jersey: T.F.H. Publications, Inc., 1993. 186 p.
10. De Silva S y Perera M. Digestibility in *Sarotherodon niloticus* fry: effect if dietary protein level and salinity with further observations on variability in daily digestibility. *Aquaculture* 1984;38:293-306.
11. De Silva S y Perera M. Effects of Dietary Protein Level on Growth, Food Conversion, and Protein Use in Young *Tilapia nilotica* at Four Salinities. *Aquaculture* 1985;114:584-589.
12. Escobar M. Ocupación, Contaminación y Deterioro del Lago Petén Itzá. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de Graduación, Facultad de Arquitectura) 2002. 246 p.
13. González A y Contreras S. Ontogenia enzimática y capacidad digestiva de la mojarra tenguayaca *Petenia splendida*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Programa de Mejoramiento del Profesorado, 2006. 77 p.
14. Günther A. An Account of the Fishes of the States of Central America Based on Collections Made by Capt. J.M. Dow, F. Godman, Esq., and O. Salvin. *Trans. Zool. Soc.* 1968;6:377-494.
15. Hoar W y Randall D. Fish physiology: Excretion, Ionic Regulation and Metabolism. United States of America: Academic Press, Inc., Vol. VIII, Vol. I, 1969. 726 p.
16. Hubbs C. Fresh Water Fishes Collected in British Honduras and Guatemala. *Mus. Zool.* 1935;28:1-22.
17. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH-. Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas. Departamento de Recursos Hidráulicos. Sección de Aguas Subterráneas. Reconocimiento Hidrogeológico de la Cuenca de Lago Petén Itzá. Guatemala: Sección de Reproducción, 1985. 114 p.
18. Kihn P. Ictiofauna de las dolinas de la Sierra del Lacandón en Petén, Guatemala. Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001. 9 p.

19. Kihn P, Cano E (ed) y Morales A. Peces de las Aguas interiores de Guatemala. Biodiversidad de Guatemala. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala, 2006. 457-486 p.
20. Kihn P. Conversación personal. Guatemala: Investigador de Fauna Silvestre, Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), 2007.
21. Martínez-Palacios C, Ross L y Rosado-Vallado M. The Effects of salinity on the survival and growth of juvenile '*cichlasoma*' *Urophthalmus*. Aquaculture 1990;91:65-75.
22. Martínez-Palacios C, Comas-Morte J, Tello-Ballinas J, Toledo C y Ross L. The effects of saline environments on survival and growth of eggs and larvae of *Chirostoma estor estor* Jordan 1880. (Pisces: Atherinidae). Aquaculture 2004;238(1-4):509-522.
23. Melchor G. Conversación Personal. Técnica Acuícola del Centro de Producción y Capacitación Acuícola "El Remate" -C.P.C.A.E.R-, 2007.
24. Miller R. Geographical distribution of Central America Freshwater fishes. Copeia 1966;773-803.
25. Moyle P y Cech J. Fishes. An introduction To Ichthyology. 5ta Ed. United States of America: Prentice-Hall, 2004. 726 p.
26. Myers S. Salt-tolerance of Fresh-water Fish Groups in Relation to Zoogeographical Problems. Bijdragen tot de Dierkunde 1949;28:315-322.
27. Noga E. Fish Disease: Diagnosis and Treatment. United States of America: Iowa State University Press, 2000. 390 p.
28. Oldfield R. Saltwater Cichlids. Knowledge of salinity tolerance and preference may allow new species combinations and improved husbandry in aquaria. Freshwater and Marine Aquarium 2004;27(8):98-104.
29. Oliva B y Pérez F. Contaminación en el lago Petén Itzá. Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 9 p.

30. Pérez-Vega M, Díaz L, Hernández S, López S, Arredondo J y Ortiz M. Módulo de producción de crías de cíclidos nativos de importancia comercial, para el repoblamiento de zonas críticas en el Estado de Tabasco. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Fondo Mixto Concejo Nacional de Ciencia y tecnología –CONACYT-, Gobierno del estado de Tabasco, 2004. 273-279 p.
31. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA-. Estudio de Casos de Manejo Ambiental: Desarrollo Integrado de un Área en los Trópicos Húmedos - Selva Central del Perú. Washington: Gobierno de Perú, Organización de los estados americanos, 1987. 201 p.
32. Rodiles M. Ictiofauna de la Selva Lacandónica, Chiapas. México: El Colegio de la Frontera Sur –ECOSUR-, Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad –Conabio-, 1999 27 p.
33. Rodríguez P. Breve reseña de *Petenia splendida* Günther, 1862. The Cichlid Room Companion, 2007. <http://www.cichlidae.com/> [Consulta Junio 2007]
34. Rosen D y Bailey R. The Poeciliid Fishes (Cyprinodontiformes), their Structure, Zoogeography, and Systematics. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 1963;126:1-176.
35. Ruíz J y Kihn P. Determinación de los Ciclos Reproductivos de Peces de Importancia Alimenticia del Río San Pedro, Petén, Guatemala, para el Establecimiento de sus Temporadas de Veda. Guatemala: Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza - FONACON-, Productividad Biosfera Medio Ambiente –PROBIOMA-, 2005. 35 p.
36. Stauffer J y Boltz S. Effect of salinity on the temperature preferences and tolerance of age 0 Mayan Cichlids. Transactions of the American Fisheries Society 1994;123:101-107.
37. Thoney D, Loiselle P y Schlager N. Grzimek's Animal Life Encyclopedia. 2da Ed. Canada: Farmington Hills, Vol. XVII, Vol. IV-V, 2003. 275-291 p.
38. Waltzek T y Wainwright M. Functional Morphology of Extreme Jaw Protrusion in Neotropical Cichlids. Journal of Morphology 2003;257:296-106.

39. Yalibat P. Valor Económico del Lago Petén Itzá: Problemas y Oportunidades. Guatemala: Editorial de Ciencias Sociales S.A, 2002. 159 p.
40. Zale A y Gregory R. Effect of Salinity on Cold Tolerance of Juvenile Blue Tilapias
Transactions of the American Fisheries Society 1989;118:718-720.

13. ANEXOS

Anexo 1.

Tabla 1. Concentración media de iones y pH del Lago Petén Itzá.

Concentración media de iones y pH del Lago Petén Itzá	
pH	8.0
Ca 2+	3.68 meq l-1
Mg 2+	1.88 meq l-1
K +	0.10 meq l-1
Na +	0.45 meq l-1
Cl -	0.32 meq l-1
SO 4	2- 3.05 meq l-1
HCO 3	- 2.74 meq l-1

Fuente: (Anselmetti, *et al.*, 2006)

Anexo 2.

Tabla 2. N6mina de especies de peces presentes en el Lago Pet6n Itz6.

Especie	Familia
<i>Dorosoma petenense</i>	Cupleidae
<i>Astyanax aeneus</i>	Characidae
<i>Hyphessobrycon compressus</i>	Characidae
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Heptapteridae
<i>Atherinella sp.</i>	Atherinopsidae
<i>Poecilia mexicana</i>	Poeciliidae
<i>Poecilia petenensis</i>	Poeciliidae
<i>Belonesox belizanus</i>	Poeciliidae
<i>Gambusia sexradiata</i>	Poeciliidae
<i>Gambusia yucatana</i>	Poeciliidae
<i>Vieja melanura</i>	Cichlidae
<i>Astbateros sexfasciatum</i>	Cichlidae
<i>Astbateros urophthalmus</i>	Cichlidae
<i>Astbateros salvini</i>	Cichlidae
<i>Parachromis frierichstbali</i>	Cichlidae
<i>Amphilophus robertsoni</i>	Cichlidae
<i>Thorichthys affinis</i>	Cichlidae
<i>Petenia splendida</i>	Cichlidae
<i>Ophisthernon aenigmaticum</i>	Synbranchidae

Fuente: H. Kihn, (2007)

Tolerancia del estadio juvenil de *Petenia splendida* Günther 1862 a diferentes salinidades

Manuel Francisco Cano Alfaro¹; Alfy Araceli Morales Lechuga²; Lucía Prado

^{1,2}*Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.*

³*Museo de Historia Natural, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.*

Este trabajo fue realizado con el financiamiento del Centro de Producción y Capacitación Acuícola

“El Remate”

Guatemala, Mayo de 2008

Resumen

Petenia splendida, es una especie endémica de Guatemala que se encuentra amenazada por razones antropogénicas como lo son: sobrepesca, pérdida y destrucción de hábitat (Oliva y Pérez, 2005; Yalibat, 2002). Está incluida en programas de acuicultura para su reproducción y así resguardar las poblaciones dentro del lago. Se investigó la tolerancia que presentan los juveniles de pez blanco a distintas concentraciones de cloruro de sodio, su límite de tolerancia y desarrollo óptimo. Los resultados indican que la tolerancia máxima para soportar ambientes salinos se encuentra en el rango de 12 ‰ a 15 ‰ de cloruro de sodio. Todas las concentraciones no presentaron diferencias estadísticamente significativas en la variable peso ($P = 0.75$) e índice de crecimiento específico (ICE) ($P = 0.78$). La variable longitud si presentó diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.006$) en el desarrollo de los alevines de *P. splendida*. La concentración de 6 ‰ presentó los valores más altos en diferencia de peso, longitud e ICE y la concentración control (0 ‰) los valores más bajos. Este estudio demostró que a pesar de que el pez blanco es un pez secundario (Miller, 1966; Ródiles, 1999), la capacidad para soportar concentraciones de cloruro de sodio arriba de 12 ‰ fue reducida. Sin embargo, la ocurrencia de ichthyophthiriosis en la concentración control (0 ‰) (Melchor, 2007), confirma que la sal en el medio es un método eficaz para el control de enfermedades sin afectar la capacidad de ingesta diaria y la capacidad de conversión de alimentos. , ya que todas las concentraciones presentaron un patrón muy similar en ganancia de peso, longitud e ICE.

Palabras clave: Pez Blanco; Ictiofauna; Lago Petén Itzá; Peces Secundarios

Introducción

El Pez Blanco (*Petenia splendida*) es una especie endémica de gran importancia que se encuentra presente en el Lago Petén Itzá. Este lago es considerado como el principal reservorio de agua del departamento del Petén, además de ser un refugio de fauna acuática endémica regional. El incremento poblacional y la continua migración de personas a este departamento han generado un aumento en las comunidades que se encuentran ubicadas en las áreas ribereñas, las cuales tienen un impacto en las poblaciones de especies endémicas del área (Yalibat, 2002; Ruíz y Pineda, 2005).

El presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar la tolerancia que presenta el estadio juvenil del pez blanco a diferentes concentraciones de cloruro de sodio, además de identificar rangos de salinidad para obtener un crecimiento óptimo con la mínima tasa de mortalidad. Con este estudio se propone un método natural, que a partir de concentraciones salinas se favorezca el desarrollo de esta especie y a su vez, reducir la presencia de enfermedades por microorganismos que no soportan ambientes salinos. Asimismo, la implementación de métodos naturales y amigables con el ambiente, evitan la utilización de productos químicos que puedan alterar el material genético en etapas tempranas de desarrollo, favoreciendo su desarrollo en cautiverio. Este podría ser un método eficiente en la producción de alevines, ya sea para poblar los cuerpos de agua (luego de realizar estudios poblacionales) o comercializarlos (evitando así la sobreexplotación de los recursos silvestres de los cuerpos de agua).

Materiales y Métodos

Área de estudio

El presente trabajo se realizó dentro del Centro de Producción y Capacitación Acuícola “El Remate”, departamento de El Petén, municipio de Flores. Este centro se localiza a una distancia de 35 Km de la cabecera municipal, colindando con el Lago Petén Itzá, Carretera a Tikal, Aldea El Remate (área urbana) (Melchor, 2007)

Metodología

La metodología consistió en dos fases:

Fase 1: Consistió en seis recipientes de 50 x 20 x 50 cm con distintas concentraciones de cloruro de sodio durante 50 horas. Se utilizó como base del experimento la metodología propuesta por Martínez Palacios, *et al.* (2004) para la aplicación de las concentraciones (0 ‰, 3 ‰, 6 ‰, 9 ‰, 12 ‰, 15 ‰ y 18 ‰ a 27 ± 2 °C) para identificar el límite de tolerancia. Cada recipiente presentó aireación constante a través de una piedra difusora de aire conectada a una bomba de aire marca Atec AR-8500. Los individuos permanecieron sumergidos durante 50h, ya que según Hoar y Randall, (1969) el tiempo necesario para que los peces se adapten fisiológicamente a distintas salinidades es de 24 a 48 hrs. Se tomó un registro de la mortalidad de individuos por tratamiento.

Fase 2: Una vez establecido el límite de tolerancia en juveniles de *P. splendida* (fase 1 del diseño experimental) se utilizó las concentraciones que presentaron la menor tasa de mortalidad. Se trabajó con las concentraciones de 0 ‰, 3 ‰, 6 ‰ 9 ‰ y 12 ‰ de cloruro de sodio debido a que no se reportó mortalidad de los juveniles al identificar su límite de tolerancia. Además, a concentraciones igual o por arriba de 15 ‰ se da más del 50 % de mortalidad de los alevines. A cada estanque donde se encontraba cada tratamiento se le proporcionó aireación constante por medio de una bomba de

aire marca Atec AR-8500. Antes de introducir los juveniles en los estanques, se tomó una muestra de 20 juveniles de cada tratamiento y se midió la longitud y peso individual con ayuda de un ictiómetro y balanza analítica respectivamente. Se realizó una medición diaria de temperatura y salinidad. Los peces fueron alimentados por 30 días con concentrado de tilapia. Se reportó la mortalidad de individuos por tratamiento y se anotó las observaciones. Pasados los 30 días se tomó registro de longitud y peso final de una muestra de 20 juveniles para cada tratamiento.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se calculó a través de estadística descriptiva. Se trabajó con modelos porcentuales para identificar la concentración con la menor tasa de mortalidad, utilizando el programa Microsoft® Excel 2007. Se realizó un análisis de varianza para identificar diferencias significativas en las diferencias de peso, longitud e índice de crecimiento específico por concentraciones de cloruro de sodio. Además, se realizó una prueba de cajas (Tukey) para observar la variabilidad de la longitud y peso de las muestras y un análisis de correlación para medir la relación existente entre las variables longitud y peso de cada tratamiento utilizando el paquete estadístico Palaeontological Statistics, ver. 1.38.

Se aplicó la fórmula propuesta por Moyle y Cech, (2004) para medir el índice de crecimiento específico (ICE) para cada tratamiento (distintas concentraciones). Este índice mide la ganancia de peso diario para cada tratamiento.

$$\text{ICE} = \{(\log_e P_2 - \log_e P_1) / \Delta T\} \times 100$$

Donde, P_2 = Peso final en mg, P_1 = Peso inicial en mg y T = tiempo en días.

Resultados

8.1. Efecto de la tolerancia del estadio juvenil de *P. splendida* a distintas concentraciones de cloruro de sodio.

Los alevines de *P. splendida* fueron tolerantes a una concentración menor a 15 ‰ de cloruro de sodio. A una concentración mayor se da el 100% de mortalidad en los individuos (Fig. 1, tabla 1).

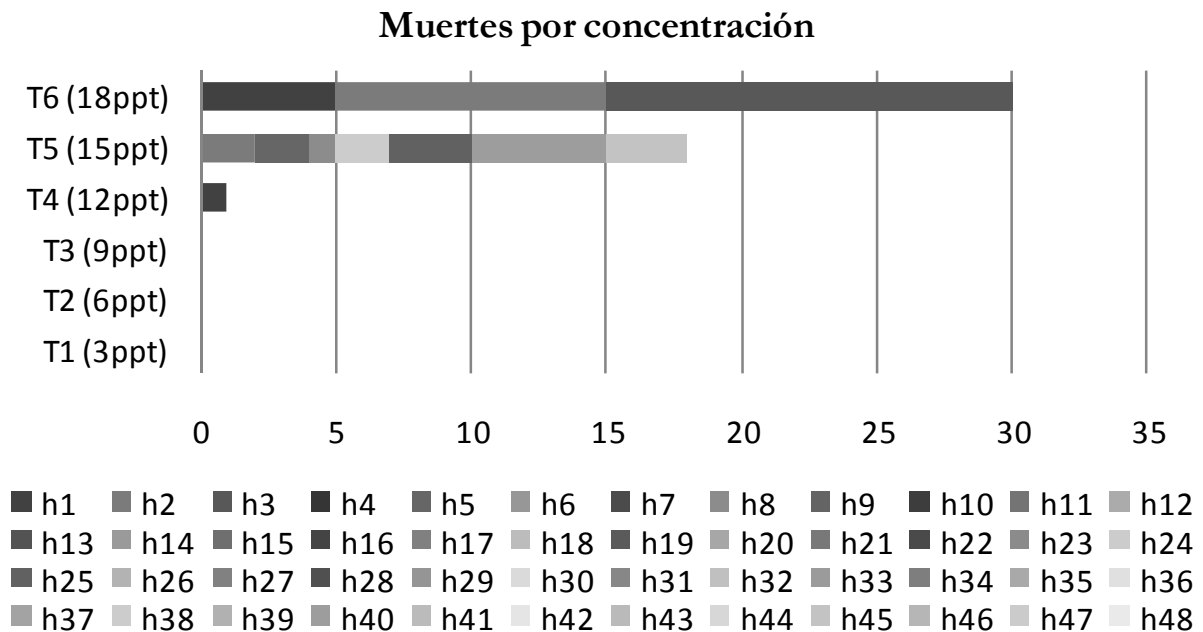


Fig. 1. Muerte de alevines de *P. splendida* por concentración durante 51 horas de aclimatación.

Tabla 1. Muerte de juveniles de *P. splendida* por concentración

Concentración	Porcentaje de muertes por concentración	
	Fase 1	Fase 2
0 ‰	0 %	0 %
3 ‰	0 %	0 %
6 ‰	0 %	0 %
9 ‰	0 %	0 %
12 ‰	3.3 %	0 %
15 ‰	60 %	-
18 ‰	100 %	-

Fuente; Datos experimentales

No se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($P= 0.75$) entre las distintas concentraciones de cloruro de sodio. Sin embargo, bajo la concentración de 6 ‰ se obtuvo un mayor incremento en peso (Fig. 2).

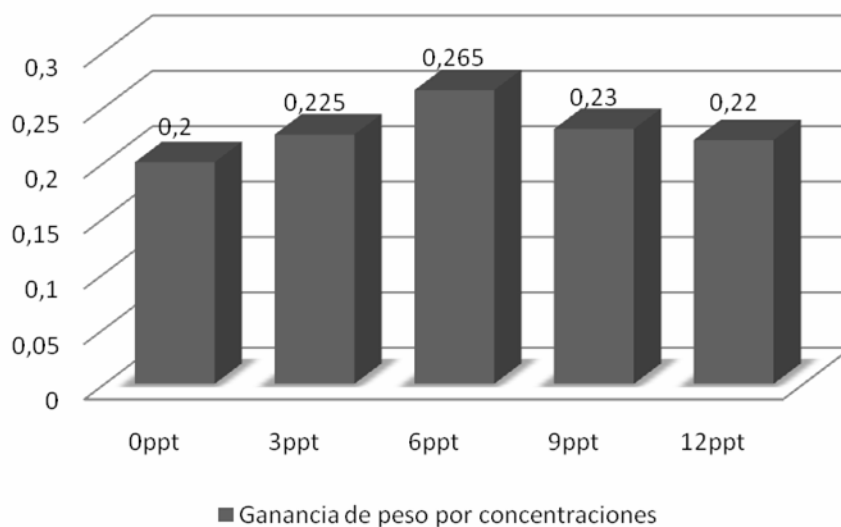


Fig. 2. Peso promedio ganado en las distintas concentraciones de cloruro de sodio.

El incremento en la longitud de los alevines de *P. splendida* presentó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ($P= 0.006$). La concentración de 6‰ de cloruro de

sodio presentó un mayor incremento, mientras que la concentración de 0 ‰ los valores más bajos en el incremento de longitud (Fig. 3).

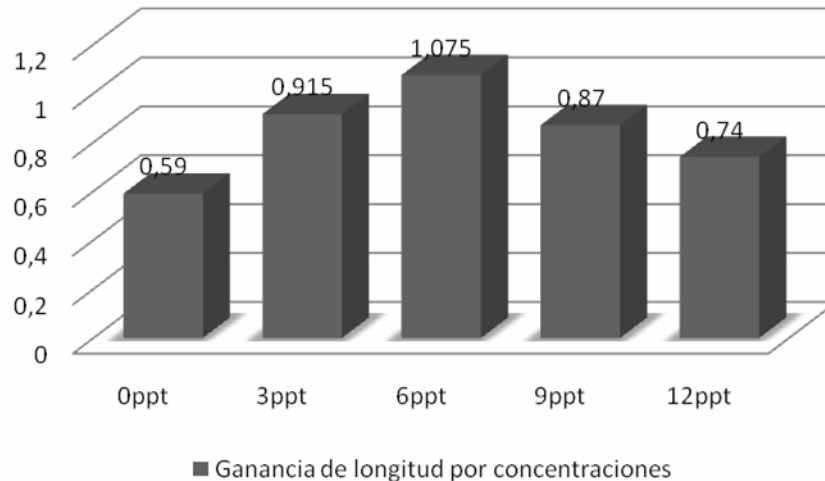


Fig. 3. Longitud promedio ganado en las distintas concentraciones de cloruro de sodio.

De acuerdo al índice de crecimiento específico, la ganancia de peso diario no presentó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ($P= 0.78$). No obstante, se observó que la concentración de 6 ‰ presentó los valores más altos y la concentración de 0 ‰ los valores más bajos.

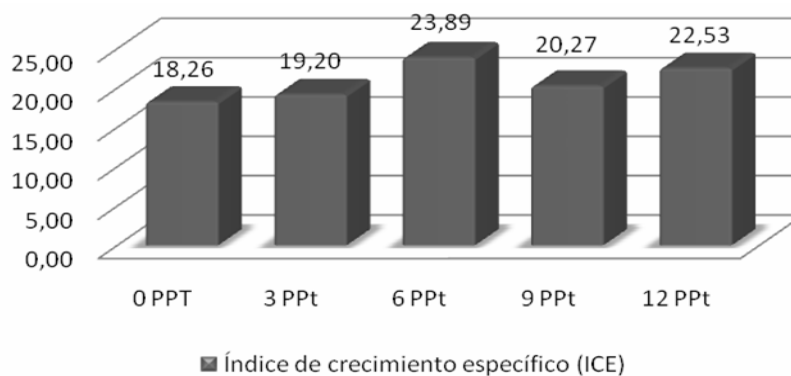


Fig. 4. Índice de Crecimiento Específico (ICE) para cada concentración. Valor promedio para cada concentración

8.2 Efecto de las distintas concentraciones de cloruro de sodio en el desarrollo de alevines juveniles de *P. splendida*.

Se realizó un análisis de cajas para observar las diferencias de peso y longitud de los alevines de *P. splendida* bajo las diferentes concentraciones de cloruro de sodio (Fig. 5). Se observó que todas las concentraciones presentaron valores de peso y longitud muy similares. No obstante, a pesar que los datos fueron logarítmicamente transformados, los valores de longitud para las concentraciones de 0 ‰, 3 ‰ y 12 ‰ presentaron la mayor variabilidad de datos (0 ‰: Min = 0.17, X = 0.31, Max = 0.43; 3 ‰: Min = 0, X = 0.37, Max = 0.49 y 12 ‰: Min = 0.14, X = 0.34, Max = 0.54).

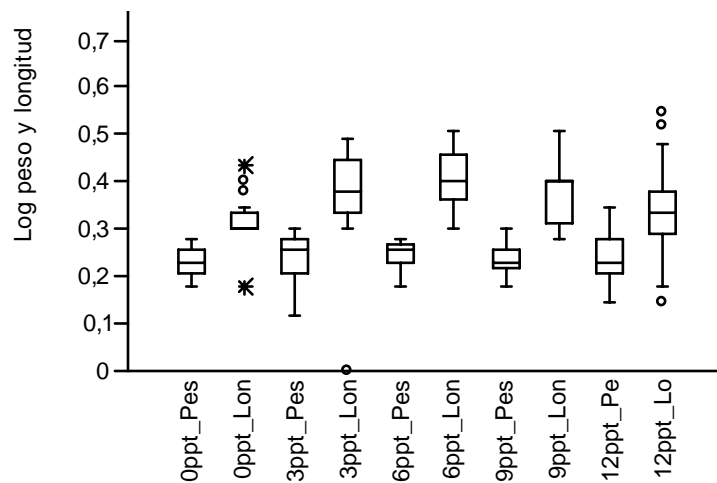


Fig. 5. Análisis de cajas mostrando la ganancia de pesos y longitud por concentración.

8.3 Medición de Temperatura y análisis del agua.

La temperatura del espejo de agua presentó rangos de temperatura óptima para el desarrollo de los juveniles de pez blanco, con una temperatura mínima de 25 °C y una máxima de 29 °C. La temperatura promedio a lo largo de la fase experimental fue de 28 °C. El espejo de agua en los recipientes donde se situó a los juveniles de *P. splendida* presentó los valores más bajos de cloritos libres y totales. La alcalinidad y dureza del agua presentaron los valores más altos (130 y 500 ppm respectivamente), dándole un carácter básico a la calidad del agua (pH= 8).

DISCUSION

Tolerancia del estadio juvenil de pez blanco a distintas concentraciones de cloruro de sodio

La etapa juvenil del pez blanco presentó capacidad para soportar ambientes salinos a una concentración menor a 15 ‰ de cloruro de sodio. Se observó que el rendimiento y sobrevivencia disminuye conforme aumenta la concentración debido al impacto osmótico (Hoar y Randall, 1969; Martínez Palacios, *et al.*, 1990). Se identificó que la tolerancia máxima para soportar ambientes salinos se encuentra en el rango de 12 ‰ a 15 ‰.

A pesar de que el pez blanco es un pez secundario (PNUMA, 1987; Myers, 1949), su capacidad para soportar concentraciones altas fue muy reducida. Ésta tolerancia se encuentra ligada a la madurez del pez, ya que según Hoar y Randall (1969) la maduración del sistema osmorregulatorio se encuentra controlado por los factores que regulan el crecimiento. De esta forma, un pez en estado adulto presenta mejor respuesta fisiológica en comparación de un estado juvenil.

Efecto del cloruro de sodio en el desarrollo de juveniles de pez blanco

Se determinó que la concentración de 0 ‰ presentó los valores más bajos en la ganancia de peso, longitud e índice de crecimiento específico, sugiriendo que los juveniles de *P. splendida* se ven beneficiados al existir un incremento de cloruro de sodio en su ambiente. Por aparte, se reportó para esta concentración la ocurrencia de una enfermedad común de agua dulce conocida como

ichthyophthiriosis ocasionada por un protozooario que afecta el sistema epitelial (Melchor, 2007). Esta enfermedad no ocasionó muertes pero su presencia pudo afectar el crecimiento del pez.

Las concentraciones de 3 ‰, 9 ‰ y 12 ‰ presentaron la mayor similitud en el aumento de peso (Fig. 2) y longitud (Fig. 3), con un índice de crecimiento específico similar (Fig. 4). Estos resultados sugieren que la capacidad de ingesta diaria y la capacidad de conversión de alimentos no se ven afectadas por el incremento de sal.

La concentración salina de 6 ‰ presentó los valores más altos en diferencia de peso, longitud e índice de crecimiento específico (Fig. 2, 3 y 4). Sin embargo, los resultados no permiten descartar la hipótesis planteada debido a que no existe una diferencia estadísticamente significativa en las variables peso e índice de crecimiento específico, para las distintas concentraciones de cloruro de sodio.

A pesar que la tolerancia del estadio juvenil del pez blanco se encuentra en un rango menor a 15 ‰, todas las concentraciones presentaron un patrón similar de crecimiento. No obstante, los juveniles de *P. splendida* presentaron el menor desarrollo en la concentración control (0 ‰) y la ocurrencia de la enfermedad conocida como ichthyophthiriosis (Noga, 2000). Por lo tanto, la aplicación de cloruro de sodio a una concentración baja en el medio puede ser un método eficaz para el control de esta enfermedad sin afectar el desarrollo del pez.

Referencias

1. Hoar W y Randall D. Fish physiology: Excretion, Ionic Regulation and Metabolism. United States of America: Academic Press, Inc., Vol. VIII, Vol. I, 1969. 726 p.
2. Martínez-Palacios C, Ross L y Rosado-Vallado M. The Effects of salinity on the survival and growth of juvenile '*cichlasoma*' *Urophthalmus*. *Aquaculture* 1990;91:65-75.
3. Martínez-Palacios C, Comas-Morte J, Tello-Ballinas J, Toledo C y Ross L. The effects of saline environments on survival and growth of eggs and larvae of *Chirostoma estor estor* Jordan 1880. (Pisces: Atherinidae). *Aquaculture* 2004;238(1-4):509-522.
4. Melchor G. Conversación Personal. Técnica Acuícola del Centro de Producción y Capacitación Acuícola "El Remate" -C.P.C.A.E.R-, 2007.
5. Miller R. Geographical distribution of Central America Freshwater fishes. *Copeia* 1966;773-803.
6. Moyle P y Cech J. Fishes. An introduction To Ichthyology. 5ta Ed. United States of America: Prentice-Hall, 2004. 726 p.
7. Myers S. Salt-tolerance of Fresh-water Fish Groups in Relation to Zoogeographical Problems. *Bijdragen tot de Dierkunde* 1949;28:315-322.
8. Noga E. Fish Disease: Diagnosis and Treatment. United States of America: Iowa State University Press, 2000. 390 p.
9. Oliva B y Pérez F. Contaminación en el lago Petén Itzá. Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 9 p.
10. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA-. Estudio de Casos de Manejo Ambiental: Desarrollo Integrado de un Área en los Trópicos Húmedos - Selva

Central del Perú. Washington: Gobierno de Perú, Organización de los estados americanos, 1987. 201 p.

11. Rodiles M. Ictiofauna de la Selva Lacandónica, Chiapas. México: El Colegio de la Frontera Sur –ECOSUR-, Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad – Conabio-, 1999 27 p.
12. Ruíz J y Kihn P. Determinación de los Ciclos Reproductivos de Peces de Importancia Alimenticia del Río San Pedro, Petén, Guatemala, para el Establecimiento de sus Temporadas de Veda. Guatemala: Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza - FONACON-, Productividad Biosfera Medio Ambiente –PROBIOMA-, 2005. 35p.
13. Yalibat P. Valor Económico del Lago Petén Itzá: Problemas y Oportunidades. Guatemala: Editorial de Ciencias Sociales S.A, 2002. 159 p.

Agradecimientos

Se agradece al Centro de Producción y Capacitación Acuícola “El Remate” por financiar y permitir realizar este estudio dentro de sus instalaciones y en especial a T. A. Goldín Melchor por su ayuda invaluable en la realización de este proyecto. Además un agradecimiento muy especial a la Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, asesores, revisores y los que participaron de manera directa e indirecta en la realización de este estudio.