

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

Trabajo de Graduación

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a book, flanked by two lions. Above the shield is a crown. The shield is set against a background of a landscape with a castle on the left and a church on the right. The seal is surrounded by a circular border containing the Latin text "CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERA SORBIS CONSPICUA".

**Aspectos reproductivos del Bluegill
Lepomis macrochirus (Rafinesque, 1819) (Perciformes:
Centrarchidae) en la bahía de Santiago Atitlán, Sololá**

Presentado por:

T. A. María Mercedes Barenos Salazar

**Para otorgarle el título de
Licenciada en Acuicultura**

Guatemala, marzo de 2019

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

Trabajo de Graduación



**Aspectos reproductivos del Bluegill
Lepomis macrochirus (Rafinesque, 1819) (Perciformes:
Centrarchidae) en la bahía de Santiago Atitlán, Sololá**

Presentado por:

T. A. María Mercedes Barenos Salazar

**Para otorgarle el título de
Licenciada en Acuicultura**

Asesor: M. Sc. José Roberto Ortíz

Guatemala, marzo de 2019

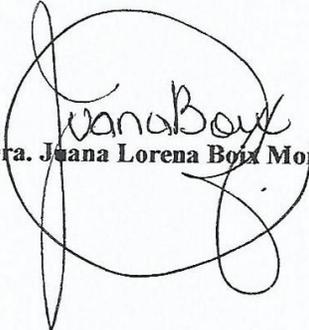
**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

Consejo Directivo

Presidenta	Dra. Juana Lorena Boix Morán
Secretario	Dr. Pedro Julio García Chacón
Representante Docente	M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios, Zootecnistas y Acuicultores	Licda. Liliana Maricruz Maldonado Noriega
Representantes Estudiantiles	T. A. Karol Rubí Rivas Díaz T. A. Alejandra Raquel Contreras Perdomo

La directora del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación de la estudiante universitaria **María Mercedes Barenos Salazar**, titulado “Aspectos reproductivos del Bluegill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819) (Perciformes: Centrarchidae) en la bahía de Santiago Atitlán, Sololá”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



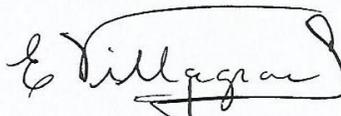
Dra. Juana Lorena Boix Morán



Guatemala, marzo 2019

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del asesor M.Sc. José Roberto Ortiz, al trabajo de graduación de la estudiante universitaria **María Mercedes Barenos Salazar**, titulado “Aspectos reproductivos del Bluegill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819) (Perciformes: Centrarchidae) en la bahía de Santiago Atitlán, Sololá”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón



Guatemala, marzo 2019

Agradecimientos

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi casa de estudios y permitir mi desarrollo profesional.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura y su Personal Docente, por brindarme los conocimientos y las experiencias necesarias para el desarrollo profesional.

A mi asesor M. Sc. José Roberto Ortíz, por su amistad y apoyo incondicional durante el proceso de la investigación.

A los pescadores artesanales del municipio de Santiago Atitlán, por su apoyo al facilitarme la información necesaria para llevar a cabo esta investigación.

Acto que dedico

A DIOS: Por el don de la vida, por estar conmigo en cada paso que doy y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía.

A MIS PADRES: Nery Barenos y Annie Salazar de Barenos, por ser los pilares fundamentales de mi vida, por su amor, su apoyo incondicional y por ser mi ejemplo de personas de bien. Gracias por creer en mí.

A MIS HERMANOS: José, Jonathan y Marcos, por su cariño y compañía. Por ser siempre mi ejemplo a seguir.

A MIS AMIGOS: Por acompañarme a lo largo de mi vida, por compartir conmigo en las alegrías, en las dificultades y por ser parte de la familia que la vida me regalo.

Resumen

La pesca artesanal del Bluegill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819), es de gran importancia para los pescadores del municipio de Santiago Atitlán, ya que constituye la especie más capturada y una fuente de ingresos económicos y de alimento para sus familias, generando un esfuerzo de captura constante sobre el stock de esta especie. Por lo anterior, el principal objetivo de la investigación fue describir los aspectos reproductivos de la especie ya que la obtención de datos científicos referentes a un stock, permite formular estrategias de ordenación pesquera enfocadas en un aprovechamiento sostenible del recurso. Se realizaron muestreos mensuales de abril a septiembre del 2018, colectando 20 organismos por mes, tomando una muestra estratificada con respecto a las tallas del stock. De la totalidad de organismos colectados, un 32% fueron machos y el 68% hembras. Los organismos capturados se distribuyeron en un rango de tallas de 8.70 a 21.40 cm de longitud total, encontrándose la mayor parte de estos entre 11 y 15 cm. El peso de los organismos presentó valores entre 9.77 y 182.12 g, siendo el peso promedio de 39.95 g, evidenciando un crecimiento alométrico positivo. La talla de primera madurez sexual estimada fue de 12.8 cm para machos y 10.2 cm para hembras, estos valores permitieron determinar que alrededor del 40% de los organismos están siendo capturados previo a alcanzar su madurez sexual. Mientras que los indicadores reproductivos y de condición, así como la evaluación microscópica de las características histológicas de las gónadas, tanto de machos como de hembras, señalan picos de reproducción en los meses de abril, agosto y septiembre, evidenciando un ciclo reproductivo asincrónico para la especie. Tomando en cuenta esta información y la importancia socioeconómica que representa la pesquería del Bluegill para la población del municipio, se recomienda a las autoridades competentes establecer medidas de ordenación dirigidas a la selectividad de las artes de pesca (anzuelo, trasmallo y nasa), así como también el establecimiento de una talla mínima de captura de 13 cm de longitud total, asegurando así que los organismos capturados hayan alcanzado la madurez sexual.

Palabras clave: Pesca artesanal, Desarrollo gonadal, Talla de primera madurez, Índice gonadosomático.

Abstract

The artisanal fishing of the Bluegill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819), is of great importance for the fishermen of the municipality of Santiago Atitlán, since it constitutes the most captured species and a source of economic income and food for their families, generating a constant capture effort on the stock of this species. Due to the above, the main objective of the research was to describe the reproductive aspects of the species since the obtaining of scientific data referring to a stock, allows formulating fishing management strategies focused on a sustainable use of the resource. Monthly samples were taken from April to September of 2018, collecting 20 organisms per month, taking a stratified sample with respect to stock sizes. Of all the organisms collected, 32% were males and 68% were females. The captured organisms were distributed in a range of sizes from 8.70 to 21.40 cm of total length, most of them being between 11 and 15 cm. The weight of the organisms presented values between 9.77 and 182.12 g, being the average weight of 39.95 g, evidencing a positive allometric growth. The size of first estimated sexual maturity was 12.8 cm for males and 10.2 cm for females, these values allowed to determine that around 40% of the organisms are being captured prior to reaching their sexual maturity. While the reproductive and condition indicators, as well as the microscopic evaluation of the histological characteristics of the gonads, both males and females, indicate peaks of reproduction in the months of April, August and September, evidencing an asynchronous reproductive cycle for the species. Taking into account this information and the socioeconomic importance represented by the Bluegill fishery for the municipality's population, it is recommended that the competent authorities establish management measures aimed at the selectivity of fishing gears (hook, trammel and net) and also the establishment of a minimum capture size of 13 cm in total length, thus ensuring that the captured organisms have reached sexual maturity.

Key words: Artisanal fishing, Gonadal development, Size at first maturity, Gonadosomatic index.

Índice de contenido

1. Introducción	1
2. Marco teórico y estado del arte	3
2.1 Marco teórico	3
2.1.1 La pesca en el lago Atitlán	3
2.1.2 Especie de estudio: <i>L. macrochirus</i>	3
2.1.3 Métodos para determinar el grado de desarrollo gonadal	4
2.1.3.1 Clasificación macroscópica	4
2.1.3.2 Clasificación microscópica	4
2.1.4 Descripción general de las etapas del ciclo reproductivo en peces	5
2.1.5 Indicadores morfológicos y reproductivos	5
2.1.5.1 Índice gonadosomático (IGS)	5
2.1.5.2 Índice hepatosomático (IHS)	6
2.1.5.3 Factor de condición (k)	6
2.1.5.4 Talla de primera madurez sexual	6
2.2 Estado del arte	6
2.2.1 Investigaciones internacionales	6
2.2.2 Investigaciones nacionales	7
3. Objetivos	9
3.1 Objetivo general	9
3.2 Objetivos específicos	9
4. Materiales y métodos	10
4.1 Enfoque y tipo de investigación	10
4.2 Delimitación de la investigación	10
4.2.1 Delimitación espacial	10
4.2.2 Delimitación temporal	10
4.3 Definición de variables	11
4.4 Muestreo y selección de la muestra	12
4.5 Procedimiento	12
4.6 Procesamiento y análisis de la información	14

5. Resultados y discusión	16
5.1 Características histológicas de las gónadas del Bluegill <i>L. macrochirus</i>	16
5.2 Distribución de tallas	20
5.3 Relación talla-peso	20
5.4 Proporción de sexos	22
5.5 Talla de primera madurez (L_{50})	23
5.6 Frecuencia relativa mensual de estadios de madurez	24
5.7 Índice gonadosomático (IGS)	26
5.8 Índice hepatosomático (IHS)	27
5.9 Factor de condición (K)	28
6. Conclusiones	30
7. Recomendaciones	31
8. Referencias bibliográficas	32
9. Anexo	35

Índice de figuras

Figura 1.	<i>Lepomis macrochirus</i> (Paz, 2016)	4
Figura 2.	Área de pesca de los pescadores artesanales del municipio de Santiago Atitlán (Google Earth, 2018)	10
Figura 3.	Gónadas de macho en distintos estadios de madurez de <i>Lepomis macrochirus</i>	17
Figura 4.	Gónadas de hembra en distintos estadios de madurez de <i>Lepomis macrochirus</i>	19
Figura 5.	Distribución de frecuencia de tallas de machos y hembras de <i>Lepomis macrochirus</i>	20
Figura 6.	Relación talla-peso para machos de <i>Lepomis macrochirus</i> .	21
Figura 7.	Relación talla-peso para hembras de <i>Lepomis macrochirus</i>	21
Figura 8.	Proporción de sexos de <i>Lepomis macrochirus</i>	22
Figura 9.	Proporción de sexos por mes de muestreo de <i>Lepomis macrochirus</i>	22
Figura 10.	Talla de primera madurez de machos de <i>Lepomis macrochirus</i> .	23
Figura 11.	Talla de primera madurez de hembras de <i>Lepomis macrochirus</i>	24
Figura 12.	Frecuencia relativa mensual de estadios de madurez para machos	25
Figura 13.	Frecuencia relativa mensual de estadios de madurez para hembras	25
Figura 14.	Variación del Índice Gonadosomático (IGS) para machos de <i>Lepomis macrochirus</i>	26
Figura 15.	Variación del Índice Gonadosomático (IGS) para hembras de <i>Lepomis macrochirus</i>	27
Figura 16.	Variación del Índice Hepatosomático (IHS) para machos de <i>Lepomis macrochirus</i>	27
Figura 17.	Variación del Índice Hepatosomático (IHS) para hembras de <i>Lepomis macrochirus</i>	28
Figura 18.	Variación del Factor de Condición (K) para machos de <i>Lepomis macrochirus</i>	28
Figura 19.	Variación del Factor de Condición (K) para hembras de <i>Lepomis macrochirus</i>	29

Índice de tablas

Tabla 1.	<i>Variables biológicas y reproductivas</i>	11
Tabla 2.	<i>Escala de desarrollo gonadal para machos</i>	16
Tabla 3.	<i>Escala de desarrollo gonadal para hembras</i>	17

1. Introducción

La pesca en el lago Atitlán es principalmente una actividad artesanal que genera alimento e ingresos para la subsistencia, salvo algunas excepciones de pescadores que venden la totalidad de sus capturas en los mercados de las comunidades. La pesca no es una actividad económica exclusiva, ya que la combinan con la agricultura y con otros oficios (Dix, Medinilla, & Castellanos, 2003).

El grupo de especies que son actualmente capturadas por la pesca artesanal corresponden a cinco especies exóticas y una especie nativa (Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del lago de Atitlán y su Entorno [Amsclae], 2016). Las especies objetivo y de mayor importancia comercial para la pesca en el lago Atitlán son: *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819), *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) y *Pomoxis nigromaculatus* (Lesueur, 1829; Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano [Ospesca], 2007).

La especie que representa los mayores volúmenes de captura es *L. macrochirus*, siendo a su vez una de las especies de mayor valor económico en los mercados locales (Amsclae, 2016; Dix, Medinilla, & Castellanos, 2003; Ospesca, 2007; Rueda, 2016). Esta especie invasora en el área de Guatemala, se distribuye naturalmente en Norte América, habita en aguas subtropicales dulces como lagos, reservorios y estanques. Es una especie bentónica y se encuentra más activa durante la noche y la madrugada (Fishbase, 2018).

A pesar de que todos los autores coinciden en que *L. macrochirus* es una de las especies con mayores volúmenes de captura y la de mayor importancia a nivel comercial, en la actualidad, no se cuenta con información científica actualizada sobre la biología reproductiva de esta. Este vacío de información limita a las autoridades correspondientes en la toma de decisiones para la implementación de medidas que aseguren una pesquería sostenible.

El principal objetivo de esta investigación fue describir los aspectos reproductivos del Bluegill *L. macrochirus* de los desembarques de la pesca artesanal en la Bahía de Santiago Atitlán, aportando información con respecto a la estructura de tallas de la población, la relación talla-

peso, la variación de la maduración gonadal, la talla de primera madurez y el comportamiento de indicadores de maduración gonadal (Índice gonadosomático, Índice hepatosomático y Factor de condición) del Bluegill, ya que esta área es una de las más importantes en cuanto a la pesca artesanal, al ser el municipio más grande de la cuenca del lago. La información sobre el ciclo reproductivo de una especie permite entender tanto aspectos de la dinámica, como de la estructura poblacional de la misma, lo que contribuye en la toma de decisiones relacionadas con el uso, manejo y conservación de los recursos pesqueros.

2. Marco teórico y estado del arte

2.1 Marco teórico

2.1.1 La pesca en el lago Atitlán

Los peces fueron uno de los principales recursos de subsistencia para muchas de las comunidades de la orilla de lago, pero la introducción de la Lobina negra (*M. salmoides*) causó no sólo un descenso en las poblaciones de especies nativas, sino hizo que las utilidades del recurso pesquero descendieran drásticamente. Las artes de pesca que se encuentran registradas para el lago Atitlán son la pesca con arpón, trasmallo, nasa y anzuelo. La pesca artesanal está concentrada en 5 especies, *L. macrochirus* (Bluegill o Plateada) (32%), *P. nigromaculatus* (Serica o Mojarra) (30%), *M. salmoides* (Lobina negra o Black bass) (18%), *Amatitlania nigrofasciata* (Günther, 1867) (Negro) y *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) (Tilapia) (Dix, et al., 2003).

En el área de Santiago Atitlán la pesca está dirigida a las especies antes mencionadas para lo que se emplean tres tipos de artes de pesca, siendo estos el anzuelo, la nasa y el trasmallo; para esta zona *L. macrochirus* es la especie que presenta mayores volúmenes de captura con los tres artes de pesca (Amsclae, 2016).

2.1.2 Especie de estudio: *L. macrochirus*

El Bluegill es una especie bentopelágica, tiene una boca pequeña, el maxilar llega hasta el vértice anterior del ojo, generalmente antes; la aleta dorsal presenta 10 espinas y 10 radios, mientras que la aleta anal presenta tres espinas y entre 9-10 radios. El hueso opercular es muy flexible, presentando una coloración azul oscuro en el borde posterior de la cubierta branquial, siendo esta su característica más distintiva, presenta una proyección opercular muy flexible que puede ser doblada hasta su margen posterior casi tocando la mejilla. La aleta pectoral es larga y puntiaguda, branquiespinas largas, la más larga puede ser de mayor tamaño que la mitad del diámetro del ojo. Cuerpo color oliváceo con reflejos plateados, algunas veces con el pecho de colores brillantes, los lados del cuerpo presentan barras dobles en forma de cadena y una mancha

negra en la base de los tres últimos radios dorsales (Figura 1) (Ruiz, Campos, & Delgadillo, 2016; Sloan, Muzzall, & Ehlinger, 1996).



Figura 1. Lepomis macrochirus (Paz, 2016)

L. macrochirus se distribuye naturalmente en agua dulce, en Norteamérica y el norte de México, es una especie que ha sido ampliamente introducida en otros países donde se han reportado impactos ecológicos adversos después de ser introducida. Se encuentran frecuentemente en lagos, estanques y reservorios. Presentan mayor actividad durante el amanecer y el atardecer, se alimentan de cangrejos, insectos, gusanos y crustáceos (Fishbase, 2018).

2.1.3 Métodos para determinar el grado de desarrollo gonadal

2.1.3.1 Clasificación macroscópica

Se efectúa asignando a los individuos características que se pueden diferenciar a simple vista, como el tamaño de la cavidad ventral, forma, color, tamaño del organismo, entre otras características propias de cada especie (Saborido, 2008).

2.1.3.2 Clasificación microscópica

Se realiza identificando las etapas del ciclo reproductivo, mediante la observación de las características histológicas de las gónadas, comparándolas con descripciones y fotografías de la literatura establecida (Gao, et al., 2009; Ruiz, Lucano, González, Rojo, & Arellano, 2011; Santos, Silva, Chehayeb, & Magalhães, 2012).

2.1.4 Descripción general de las etapas del ciclo reproductivo en peces

Una escala de madurez general, puede describir el ciclo reproductivo de los peces en cinco fases:

- I. Inmaduro: Ovarios y testículos cerca de $\frac{1}{3}$ de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, translúcidos; testículos blancuzcos. Huevos invisibles a simple vista.
- II. Virgen madurando y recuperando: Ovarios y testículos cerca de $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, translúcidos; testículos blancuzcos, más o menos simétricos. Huevos invisibles a simple vista.
- III. Madurando: Ovarios y testículos cerca de $\frac{2}{3}$ de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color rosáceo amarillo con aspecto granular, testículos blancuzcos a crema. No hay huevos transparentes o translúcidos visibles.
- IV. Maduro: Ovarios y testículos ocupan de $\frac{2}{3}$ a toda la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja rosáceo con vasos sanguíneos superficiales visibles. Grandes huevos maduros, transparentes. Testículos blancuzcos crema, blandos.
- V. Después de la puesta: Ovarios y testículos contraídos a cerca de $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad abdominal. Paredes flojas. Los ovarios pueden contener restos de huevos opacos, maduros, en desintegración, oscurecidos o translúcidos. Testículos sanguinolentos y flácidos (Food and Agriculture Organization [FAO], 1975).

2.1.5 Indicadores morfológicos y reproductivos

El análisis de estos índices obvia la subjetividad en la asignación de un estado de madurez macroscópico y reflejan con más fidelidad el proceso de maduración gonadal (Flores, & Smith, 2010).

2.1.5.1 Índice gonadostomático (IGS)

Los índices corporales se han introducido buscando un criterio simple y objetivo de cuantificar el desarrollo gonadal de los organismos, son índices que relacionan el tamaño gonadal con el somático. El más común es el IGS que es usado frecuentemente como un indicador de madurez gonadal y se obtiene de la relación porcentual entre el peso de la gónada y el peso del organismo completo o eviscerado ($PG/PE*100$). En conjunto con la estimación de la frecuencia con la que ocurren los ovarios en diferentes fases de madurez (clasificados por medio de las escalas de

madurez empírica e histológica) es de gran utilidad para determinar los períodos de desove de diversas especies, considerando que valores altos se asocian con estadios avanzados de madurez gonádica; la disminución subsecuente de los valores promedio es un indicio de que ha ocurrido el desove (Tzeek, 2013).

2.1.5.2 Índice hepatosomático (IHS)

Se define como la proporción del peso del hígado con respecto al peso corporal total, la cual se utiliza para medir las reservas de energía de los peces (Palazón, 2007).

2.1.5.3 Factor de condición (k)

Es una medida del estado de salud general de los peces calculada mediante la relación del peso y longitud corporal. Se utiliza para comparar las condiciones de crecimiento de los peces (Palazón, 2007).

2.1.5.4 Talla de primera madurez sexual

Como no todos los individuos maduran simultáneamente, la talla de primera madurez sexual en una población se refiere a la longitud en la que el 50 por ciento de los organismos alcanzan la fase II de maduración, de tal manera que en cada talla es posible que existan individuos maduros e inmaduros en distintas proporciones (Tzeek, 2013).

2.2 Estado del arte

2.2.1 Investigaciones internacionales

El estudio del ciclo reproductivo de las especies puede ser útil para varios fines, tanto para la toma de decisiones al establecer medidas de ordenación en las pesquerías, como para el manejo de especies de cultivo. Con este último fin, se realizó una investigación de la especie *L. macrochirus* para determinar el tiempo en que se realizaba la diferenciación gonadal entre hembras y machos, en comparación con la talla y edad de los organismos; a la vez que se realizaba una descripción histológica del desarrollo gonadal. Para esto se evaluaron dos grupos de organismos, indicando que la diferenciación gonadal en *L. macrochirus* está más relacionada con la talla que con la edad de los organismos. A partir de los resultados se estableció que esta

ocurre primero en las hembras que en los machos y que el periodo de diferenciación sexual en el Bluegill ocurre entre 13.2 y 16.0 mm de longitud total (Gao, et al., 2009).

En el año 2004 se realizó un estudio de la pesca comercial de la Presa Emiliano Zapata, Morelos con el fin de elaborar una clasificación microscópica (histológica) y macroscópica del desarrollo de las gónadas para generar información sobre la dinámica del ciclo reproductor de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). Para esto se evaluaron 518 organismos con intervalo de talla entre 9.9 cm y 20.9 cm de longitud total y 17.2 g a 158.7 g de peso individual. Se obtuvo una proporción sexual de 5.8:1 (macho:hembra). El índice gonadosomático de los machos mostró que el desove se realizó entre mayo y agosto de 2004 (época de lluvias) y en febrero de 2005 (época de secas); en las hembras se llevó a cabo en julio de 2004 (lluvias) y en febrero de 2005 (secas). Así mismo, con base en el análisis de desarrollo ovárico, se propuso una tabla de comparación con cinco estadios de la ovogénesis (Peña, Gómez, & García, 2011).

En la ciudad de Ouro Preto al sudeste de Brasil, se realizó una investigación de la especie introducida *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) en un lago poco profundo de la región, con el fin de conocer el ciclo reproductivo de esta especie, que no es nativa para generar medidas de manejo de la misma. Para esto se evaluó un total de 226 hembras y 226 machos siguiendo técnicas histológicas estándar. Además, para cada espécimen, las medidas biométricas incluyeron la longitud estándar y el peso corporal, y se obtuvo la proporción de sexos. En base a las características microscópicas de las gónadas, se determinaron las etapas del ciclo reproductivo, detectando que el macho y la hembra reproductores más pequeños medidos tenían una longitud estándar de 4.6 y 4.9 cm, respectivamente, lo que sugiere un retraso en el crecimiento (Santos, Silva, Chehayeb, & Magalhães, 2012).

2.2.2 Investigaciones nacionales

En Guatemala se han realizado diagnósticos preliminares del contexto ecológico, económico, social y en general el estado actual del lago Atitlán y el aprovechamiento de sus recursos. En estos estudios se describe entre otros temas la situación de la pesca en el lago, así como también las principales especies que se capturan y la actividad comercial que se genera a partir de estas (Dix, et al., 2003; Agencia Española de Cooperación Internacional [AECI], 2004).

En el periodo de octubre 2005 a marzo 2006, se realizó una caracterización física, biológica (pesquera), ambiental y socioeconómica de las condiciones del lago Atitlán tomando como eje central las actividades de pesca y acuicultura. La caracterización biológica documentó como se desarrollan todas las actividades pesqueras, las especies de mayor interés comercial, el estado de explotación de las mismas, sus particularidades en cuanto a crecimiento, desarrollo gonadal y relación talla peso de las mismas. Se determinó que la especie *L. macrochirus* es la más representativa en las capturas, tanto en el número de organismos como en el peso de la captura. La especie presentó relaciones M:H = 1:2, presentando el mayor porcentaje de organismos entre tallas de 120 y 140 mm, con índices gonadosomáticos más altos en los meses de febrero a marzo de 2006 en estadio gonadal IV (Ospesca, 2007).

En otro estudio realizado en el área se caracterizó la pesca artesanal del municipio de San Juan La Laguna, realizando muestreos semanales en el período de marzo a septiembre de 2016, donde se obtuvieron datos biométricos, tecnológicos y económicos de los desembarques de dicha actividad. En este estudio se determinó que la especie más abundante en relación a número de organismos capturados fue *L. macrochirus*, representando el 66% de las capturas totales, con una mayor abundancia en el rango de tallas entre los 12 - 16 cm (Rueda, 2016).

Se realizó un estudio sobre el panorama general de las poblaciones de peces nativos y exóticos, su estado de explotación, zonas de abundancia, sitios de anidamiento, temporadas de reproducción y rendimiento de pesca, en el lago Atitlán, tomando en cuenta la zona costera de municipios pesqueros, tales como Panajachel, San Antonio Palopó, Santa Catarina Palopó, San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán, San Juan La Laguna, San Marcos La Laguna, del departamento de Sololá. Para el área de Santiago Atitlán se analizaron datos correspondientes a los meses de agosto y noviembre del año 2016, en donde se determinó que *L. macrochirus* es la especie más abundante en la pesca de esta región, con pesos entre los 17.57 – 63.40 g y longitud total entre 10.36 – 15.60 cm (Amsclae, 2016).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Describir los aspectos reproductivos del Bluegill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819) de los desembarques de la pesca artesanal en la Bahía de Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala.

3.2 Objetivos específicos

- Describir las características histológicas de las gónadas de hembras y machos del Bluegill *L. macrochirus*.
- Determinar la talla de primera madurez sexual del Bluegill *L. macrochirus*.
- Determinar la época de mayor reproducción del Bluegill *L. macrochirus* en el período de abril a septiembre de 2018.

4. Materiales y métodos

4.1 Enfoque y tipo de investigación

Investigación descriptiva, que consiste en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores.

4.2 Delimitación de la investigación

4.2.1 Delimitación espacial

Santiago Atitlán es uno de los 19 municipios que conforman el departamento de Sololá y se encuentra ubicado en la región VI denominada Sur-Occidente, en el altiplano central de la República de Guatemala. El municipio se encuentra en el cuadrante sureste del departamento, a orillas del lago Atitlán. Se ubica a una altitud promedio de 1592 m.s.n.m., en las coordenadas latitudinales Oeste $91^{\circ}13'48.459''$ y Norte $14^{\circ}38'21.091''$. El municipio de Santiago Atitlán tiene una extensión aproximada de 136 km², siendo el más grande de los municipios que se encuentran a la orilla del lago Atitlán (Municipalidad de Santiago Atitlán, 2017).

La investigación se llevó a cabo en el área correspondiente a la Bahía de Santiago Atitlán que se encuentra entre las faldas del volcán San Pedro, La Aldea San Antonio Chacayá, el área urbana de la cabecera municipal y la Aldea Cerro de Oro, área en la que los pescadores artesanales realizan sus faenas de pesca (Figura 2).

4.2.2 Delimitación temporal

Los muestreos se realizaron una vez por mes, durante el período de abril a septiembre del año 2018, tomando las muestras de los desembarques de los pescadores artesanales.



Figura 2. Área de pesca artesanal del municipio de Santiago Atitlán (Google Earth, 2018)

4.3 Definición de variables

A continuación, se presentan las variables biológicas que fueron evaluadas, en los organismos que componen los desembarques de la pesca artesanal en el área de la bahía de Santiago Atitlán (Tabla 1).

Tabla 1

Variables biológicas y reproductivas

Variable	Unidad de medida
Peso total	g
Peso eviscerado	g
Peso de la gónada	g
Peso del hígado	g
Longitud total	cm
Sexo	Macho / Hembra
Estado de madurez	Hembras: Inmadura (I), Desarrollo temprano (II), Desarrollo tardío (III), Madura (IV), Desove (V), Post-desove, (VI) Descansando (VII)

Machos: Inmaduro (I), En desarrollo (II), Maduro (III), Eyaculado (IV)

4.4 Muestreo y selección de la muestra

Los pescadores que se dedican a la pesca artesanal, se distribuyen en las comunidades que rodean la zona litoral del perímetro del lago Atitlán, en este caso específicamente en el área de la bahía de Santiago Atitlán. Los muestreos se realizaron una vez por mes, durante el período de abril a septiembre del año 2018, tomando las muestras de los desembarques de los pescadores artesanales.

Para la evaluación de los aspectos reproductivos se utilizó un muestreo a juicio, seleccionando los desembarques en el área y evaluando un total de 20 organismos por muestreo, de los que se tomaran datos biométricos y reproductivos.

4.5 Procedimiento

Para la evaluación de aspectos reproductivos se registraron los datos biométricos de todos los organismos recolectados: longitud total, en centímetros (LT, medida de la punta de la mandíbula a la punta de la aleta caudal) y peso total, en gramos (P). Posteriormente, se procedió a eviscerar los organismos registrando el sexo (con base en la diferenciación macroscópica de la gónada), el peso del organismo eviscerado, en gramos (PE), el peso de la gónada, en gramos (PG) y el peso del hígado, en gramos (PH). La tabulación de datos se realizó mediante una base de datos en el programa Microsoft Excel®.

Para determinar el estado de madurez sexual mediante técnicas histológicas, las gónadas de los organismos fueron fijadas en formol al 10% durante 48 horas, después se trasladaron a alcohol etílico al 70% para luego ser guardadas en frascos de plástico debidamente identificados para su posterior análisis.

El análisis histológico de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Sanidad Acuícola del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, mediante la técnica de infiltración con parafina propuesta por Ruiz, Lucano, González, Rojo y Arellano (2011) y que se describe a continuación:

- Preparación del tejido: se hicieron cortes transversales de las gónadas de aproximadamente 0.5 cm de espesor y se colocaron en casetes portamuestras debidamente identificados. Los casetes se introdujeron en agua durante 24 horas para lavar los excedentes de formol.
- Deshidratación: se llevó a cabo mediante la inmersión de los casetes en una secuencia de etanol a concentraciones ascendentes de 50%, 60%, 70%, 80% 90% y 100%, manteniendo los casetes durante una hora en cada solución.
- Aclaración o diafanización: las muestras se introdujeron en solución xilol-etanol (1:1) y posteriormente en tres cambios de xilol absoluto, hasta aclarar. Las muestras permanecieron una hora en cada solución.
- Pre inclusión en parafina: los casetes se sumergieron en parafina a una temperatura de 55-60°C durante una hora, posteriormente se elaboraron los bloques con parafina con el tejido incluido y se dejó solidificar durante 24 horas.
- Corte y montaje: ya que se tenían los bloques sólidos se realizaron los cortes, con un grosor de 5 μ con el micrótopo de rotación (Thermo Scientific Shandon Finesse TM 325). Las secciones cortadas se colocaron en el baño de flotación, que contenía agua a una temperatura entre 40 a 45°C, colocando los mejores cortes en porta objetos, que posteriormente se secaron en la plancha (Barnstead Thermolyne®) para eliminar el exceso de parafina.
- Tinción y montaje: el proceso de tinción se llevó a cabo con hematoxilina-eosina (Ruiz, Lucano, González, Rojo, & Arellano, 2011) y el montaje permanente se realizó con la solución Entellan® y cubre objetos.

Posteriormente, las muestras se analizaron utilizando un microscopio binocular con un aumento de 10X. Identificando microscópicamente los estadios de maduración para machos y hembras respectivamente.

4.6 Procesamiento y análisis de la información

Los datos biométricos y reproductivos se procesaron mediante estadística descriptiva para generar información sobre las distintas variables, con el fin de representar las diversas características y resaltar los patrones de variación. La descripción gráfica del conjunto de datos se realizó mediante histogramas, tablas de frecuencia y gráficos de dispersión, elaborados con el programa Microsoft Excel®.

En base al análisis de los estadios de maduración sexual, para los machos se clasificaron como maduros los estadios I y II y como inmaduros los estadios III y IV, mientras que para las hembras se agruparon como inmaduros los estadios I, II y III y como maduros los estadios IV, V, VI y VII. A partir de esta clasificación se determinó la talla de primera madurez sexual L_{50} , mediante el programa RStudio®, utilizando el paquete sizeMat. La L_{50} se estimó mediante el análisis de regresión de X, donde se considera la variable explicativa y la clasificación de la madurez CS (inmaduros: 0, maduros: 1) como una variable de respuesta (binomial). Las variables se ajustan a la función:

$$PCS = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 * X)}}$$

Donde PCS es la probabilidad de que un individuo sea maduro en una determinada longitud (X). β_0 (intercepción) y β_1 (pendiente) son parámetros estimados. La L_{50} se calcula como:

$$L_{50} = - \frac{\beta_0}{\beta_1}$$

Para establecer la estacionalidad de la reproducción se graficó la variación mensual de la frecuencia de las fases de desarrollo gonádico por sexo. De cada individuo se calcularon el índice gonadosomático (IGS), el índice hepatosomático (IHS) y el Factor de condición (K) (Gutiérrez, Pulido, & Fernández, 2000; Mancera, Castellanos, & Urrego, 2016) mediante las siguientes expresiones:

- Índice gonadosomático (IGS):

$$IGS = (PG/PT) \times 100$$

Donde, PG es el peso de la gónada y PT es el peso total del pez en gramos.

- Índice hepatosomático (IHS):

$$\text{IHS} = (\text{PH}/\text{PT}) \times 100$$

Donde PH es el peso del hígado y PT es el peso total del pez en gramos.

- Factor de condición (K):

$$\text{K} = \text{PT} / (\text{LT})^b \times 100$$

Donde, PT es el peso total del pez en gramos, LT la longitud total en centímetros y b es el peso teórico para peces de la misma longitud, obtenido a partir de la relación longitud estándar-peso.

5. Resultados y discusión

5.1 Características histológicas de las gónadas del Bluegill *L. macrochirus*

Con base en los cortes histológicos de los ovarios y testículos de los organismos, se realizó la descripción de las diferentes etapas del desarrollo gonádico de machos y hembras.

Para machos se identificaron los estadios: Inmaduro (I), En desarrollo (II), Maduro (III) y Eyaculado (IV) (Tabla 2) (Ruiz, Lucano, González, Rojo, & Arellano, 2011).

Tabla 2

Escala de desarrollo gonadal para machos

Estadio	Características
Inmaduro (I)	Se distinguen cistos con escaso desarrollo celular y en el centro del mismo no se aprecian espermatozoides (Figura 3A).
En desarrollo (II)	Presenta mayor crecimiento celular en los cistos y se observan algunos espermatozoides en el centro del testículo (Figura 3B).
Maduro (III)	Se aprecian muchos espermatozoides en el centro de la gónada y en cistos cercanos al mismo (Figura 3C).
Eyaculado (IV)	Aparecen cistos con área reducida y algunos vacíos, así como remanentes de espermatozoides en la parte central del testículo (Figura 3D).

Nota: Modificado de Ruiz, Lucano, González, Rojo, y Arellano, 2011

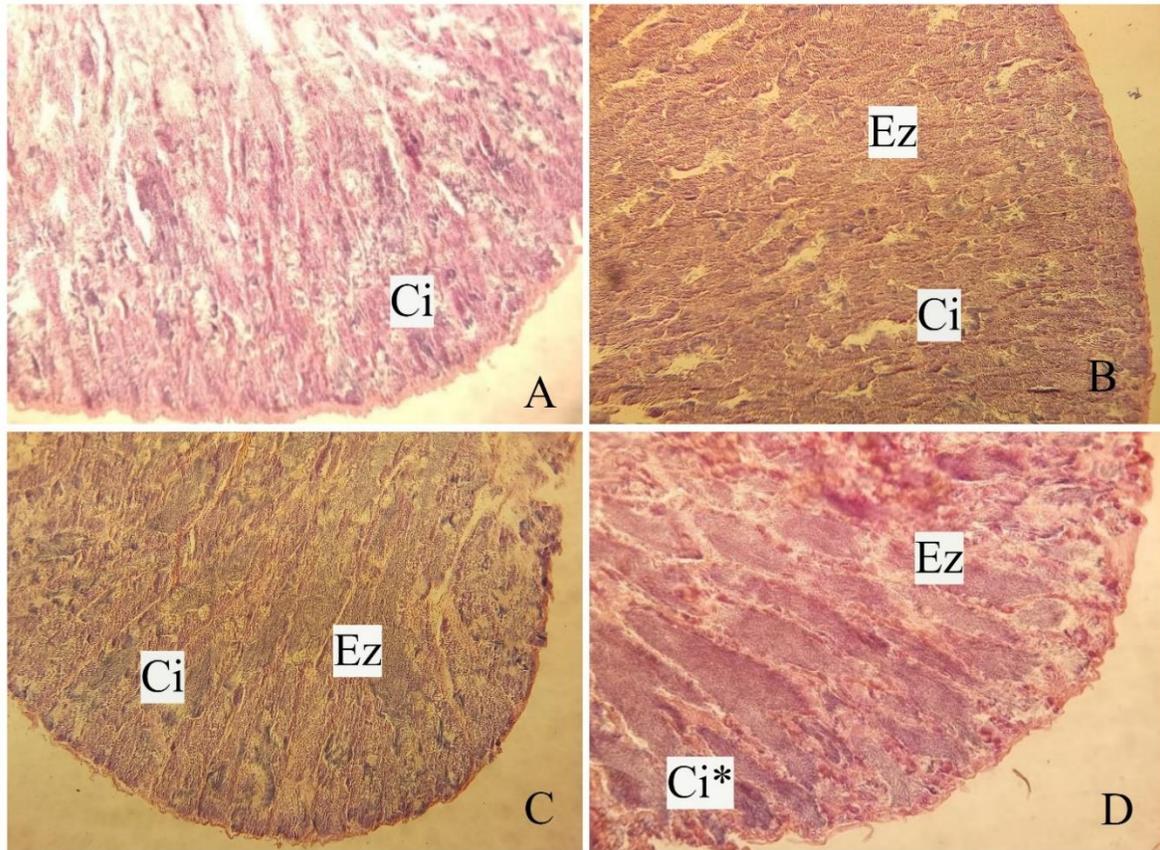


Figura 3. Gónadas de macho en distintos estadios de madurez de *Lepomis macrochirus*. A) Inmaduro, B) En desarrollo, C) Maduro y D) Eyaculado. Tinción hematoxilina-eosina. 10X.

Ci=cisto, Ez=espermatozoides, Ci*=cisto semivació

Para hembras, se identificaron los siguientes estadios: Inmadura (I), Desarrollo temprano (II), Desarrollo tardío (III), Madura (IV), Desove (V), Post-desove (VI) y Descansando (VII) (Tabla 3) (Maldonado, Sánchez, Salcido, & Ramírez, 2017).

Tabla 3

Escala de desarrollo gonadal para hembras

Estadio	Características
Inmadura (I)	Sólo los ovocitos en las etapas de crecimiento primario están presentes. La pared del ovario y el tejido conectivo de las laminillas son delgados con respecto al ovario en

	la fase de reposo. El aspecto del estroma ovárico es compacto y organizado (Figura 4A).
Desarrollo temprano (II)	El alvéolo cortical es la etapa más avanzada de los ovocitos en el ovario. Los ovocitos de crecimiento primario todavía están presentes (Figura 4B).
Desarrollo tardío (III)	Predominan los ovocitos en las etapas de vitelogénesis temprana y tardía. Los ovocitos son escasos (Figura 4C).
Madura (IV)	Los ovocitos en la etapa de migración están presentes (maduración final). Todos los estadios de ovocitos más tempranos se pueden observar en el estroma ovárico. Los ovocitos en el crecimiento primario son menos evidentes (Figura 4D).
Desove (V)	Los folículos y ovocitos post-ovulatorios en diferentes etapas de desarrollo están presentes. Se pueden observar algunos ovocitos atréticos debido al proceso de atresia folicular. Un lote de ovocitos en la etapa de núcleo migratorio está en las laminillas ováricas, lo que indica que el ovario está a punto de reproducirse nuevamente (Figura 4E).
Post-desove (VI)	El estroma ovárico tiene ovocitos en todas las etapas. También hay remanentes de ovocitos en la atresia folicular. El tejido del estroma ovárico está desorganizado, no es compacto y se está produciendo un proceso de reabsorción (Figura 4F).
Descansando (VII)	El aspecto del estroma ovárico es casi compacto y organizado. La pared ovárica y el tejido conectivo de las laminillas son gruesos con respecto al ovario en fase inmadura (Figura 4G).

Nota: Modificado de Maldonado, Sánchez, Salcido, y Ramírez, 2017

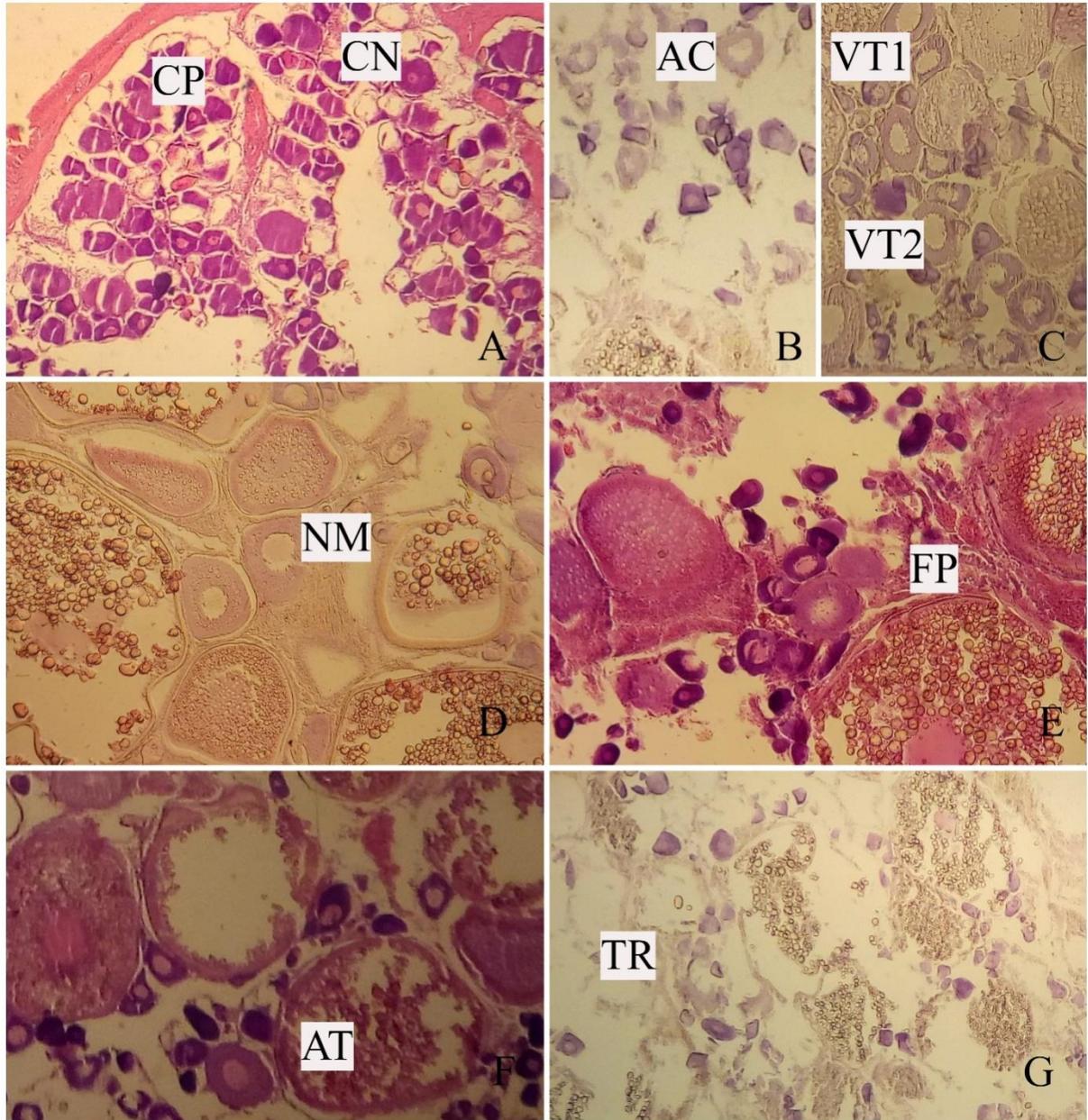


Figura 4. Gónadas de hembra en distintos estadios de madurez de *Lepomis macrochirus*. A) Inmadura, B) Desarrollo temprano, C) Desarrollo tardío, D) Madura, E) Desove, F) Post-desove y G) Descansando. Tinción hematoxilina-eosina. 10X. CN=Cromatina Nuclear, CP=Cromatina Perinuclear, AC=Alveolo Cortical, VT1=Vitelogenesis temprana, VT2=Vitelogenesis Tardía, NM=Núcleo Migratorio, FP=Folículo Post Ovulatorio, AT=Atresia, TR=Tejido en Reabsorción

5.2 Distribución de tallas

En el periodo de abril a septiembre del año 2018 se analizaron un total de 120 organismos de *L. macrochirus*, los cuales se distribuyeron en un rango de tallas de 8.70 a 21.40 cm, con una longitud promedio de 13.07 cm, lo que corresponde con valores reportados para esta especie, que puede presentar tallas entre 2.3 y 40 cm (Bell, & Jacquemi, 2017; Naspleda, Zamora, & Vila, 2012; Standen, & Lauder, 2005). Estos mismos valores para hembras fueron de 8.70 a 18.80 cm y 12.50 cm; mientras que para los machos fueron de 10.90 a 21.40 cm y 14.24 cm. Las clases de talla de 11.0 a 15.0cm presentaron las mayores frecuencias en los dos sexos, mientras que las menores frecuencias se encontraron en las clases de 9.0 a 11.0 cm y de 17.0 a 21.0 cm. (Figura 5).

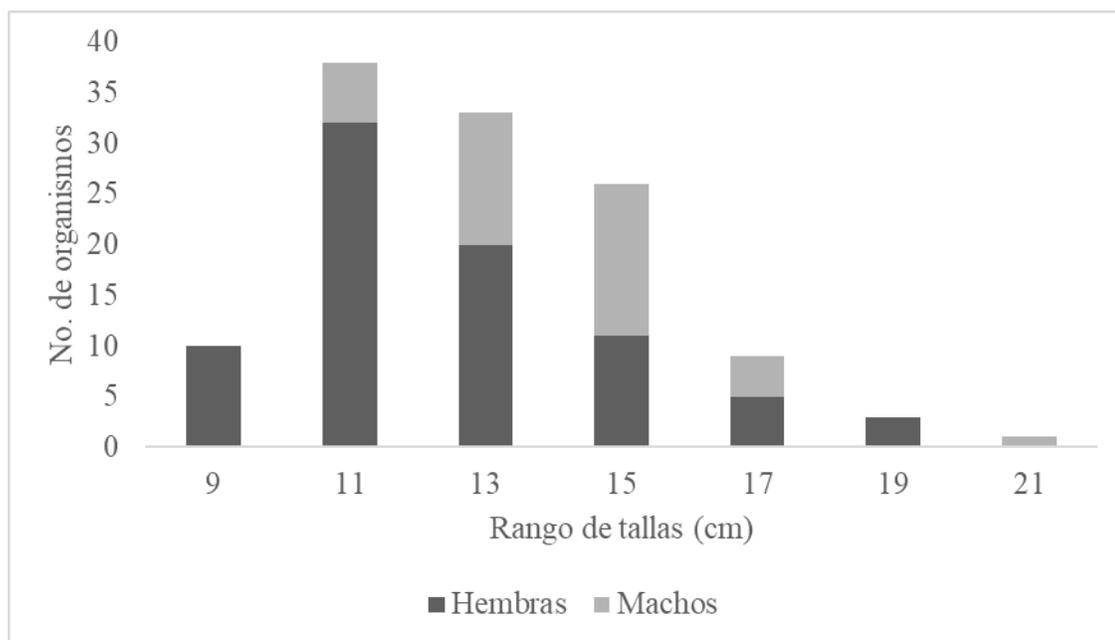


Figura 5. Distribución de frecuencia de tallas de machos y hembras de *Lepomis macrochirus*

5.3 Relación talla-peso

La estimación de la relación talla-peso se realizó por separado para hembras y machos, obteniendo para machos un valor de coeficiente de alometría de $b = 3.31$ (Figura 6) y para hembras de $b = 3.29$ (Figura 7), presentando ambos un crecimiento alométrico positivo ($b > 3$), lo que significa que el pez aumenta en mayor proporción su peso que su longitud (Delgado, et al., 2012).

El crecimiento alométrico positivo de *L. macrochirus*, se debe a ciertas características morfológicas que no crecen proporcionalmente al resto del cuerpo, principalmente la morfología más robusta del pedúnculo caudal y el aumento del tamaño de la mandíbula, en respuesta a la variación dietética (Bell, & Jacquemi, 2017). Esta característica es un reflejo del uso de recursos y cambios fisiológicos que coinciden con la edad del pez.

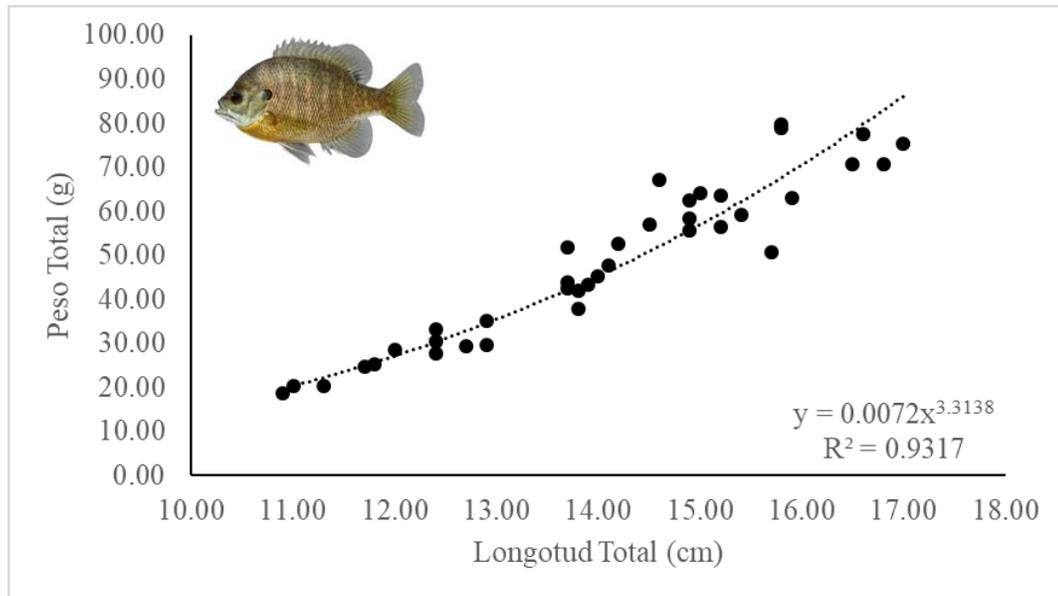


Figura 6. Relación talla-peso para machos de *Lepomis macrochirus*

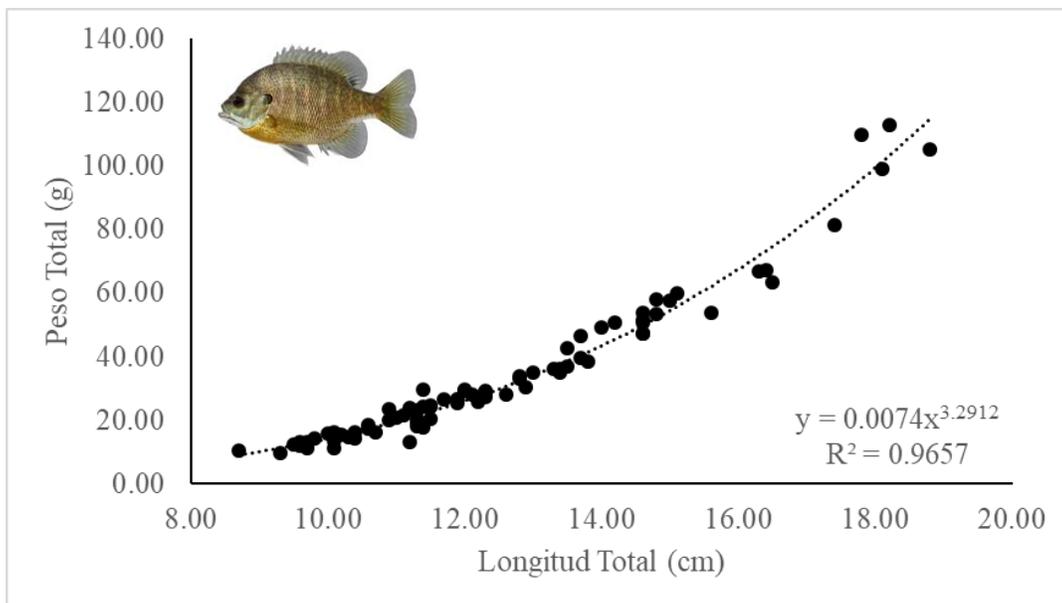


Figura 7. Relación talla-peso para hembras de *Lepomis macrochirus*

5.4 Proporción de sexos

Del total de organismos analizados, se encontró que 39 fueron machos (32%) y 81 hembras (68%) (Figura 8). La relación de sexos estimada fue de 1:2.

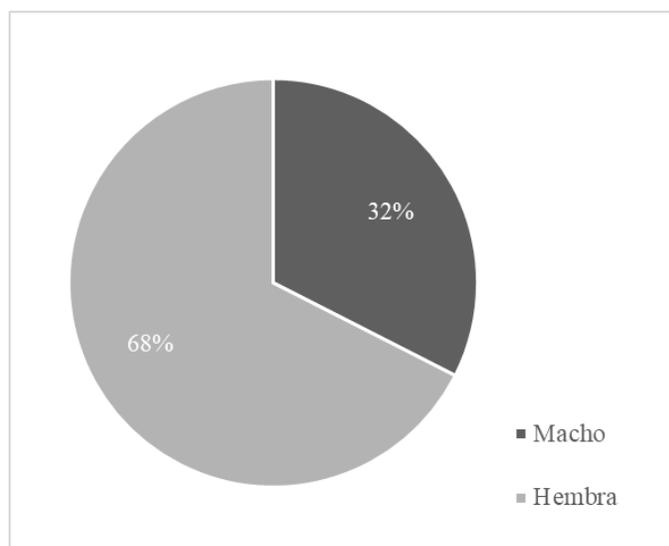


Figura 8. Proporción de sexos de *Lepomis macrochirus*

Al analizar la proporción de machos y hembras por mes, podemos observar que en los meses de abril a agosto se encontró un mayor porcentaje de hembras, mientras que en el mes de septiembre se observó un 50% para cada sexo (Figura 9).

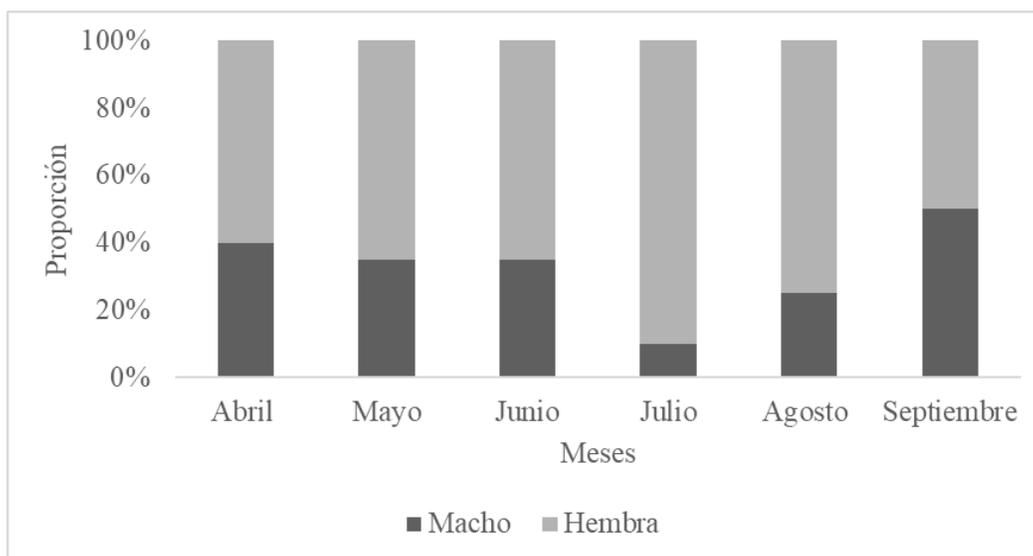


Figura 9. Proporción de sexos por mes de muestreo de *Lepomis macrochirus*

5.5 Talla de primera madurez sexual (L_{50})

La talla de primera madurez (L_{50}) estima la longitud a la que el 50% de la población está madura y el 50% es inmadura, esta puede variar principalmente por el ambiente en el que habitan los organismos (Santos, Silva, Chehayeb, & Magalhães, 2012). En este estudio, la L_{50} presentó valores de 12.8 cm para machos (Figura 10) y 10.2 cm para hembras (Figura 11), tallas que coinciden con la talla de primera madurez reportada para esta especie, que oscila alrededor de 12.2 cm (Fischer, & Congdon, 2001).

Según los datos obtenidos en este estudio la talla promedio de primera madurez para machos y hembras es de 10.1 cm, lo cual nos indica que aproximadamente el 40% de los organismos están siendo capturados antes de haber alcanzado una talla apropiada para reproducirse. El conocimiento de estos parámetros poblacionales es de gran importancia ya que indican el inicio de la actividad reproductiva de los organismos y es un punto de referencia para el establecimiento de la talla mínima más apropiada para la captura y explotación del recurso.

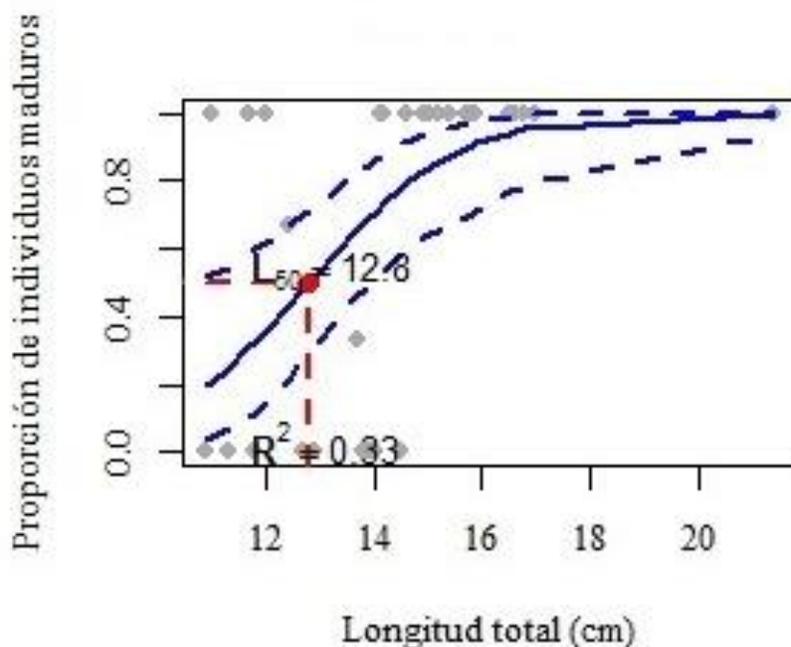


Figura 10. Talla de primera madurez de machos de *Lepomis macrochirus*

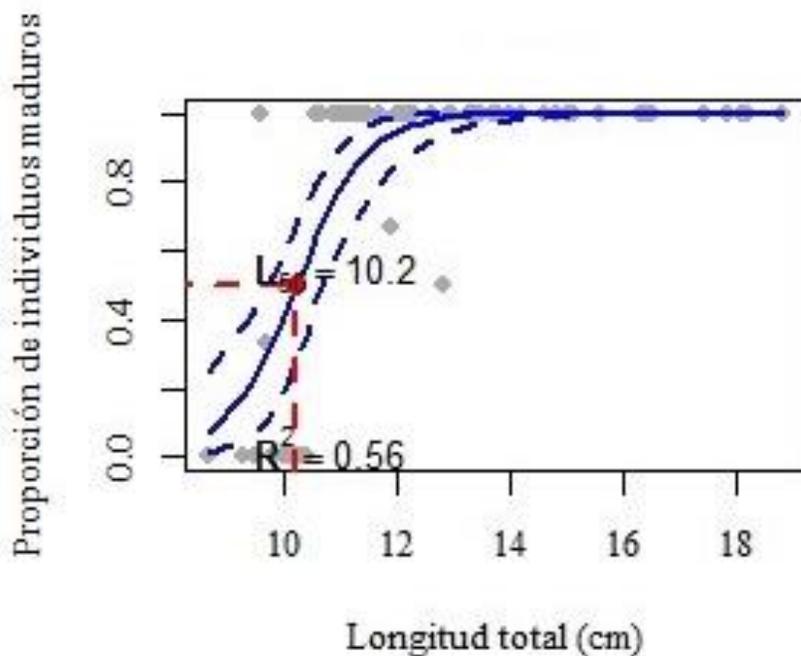


Figura 11. Talla de primera madurez de hembras de *Lepomis macrochirus*

En este estudio se encontraron machos y hembras de *L. macrochirus* maduros con tallas menores a la talla promedio de primera madurez sexual, esto puede indicar o una maduración temprana o un retraso del crecimiento. Tomando en cuenta que esta es una especie introducida y expuesta a altos niveles de captura, este fenómeno puede deberse a cuatro razones: la competencia intraespecífica, la baja disponibilidad de alimentos, mayores tasas de supervivencia debido a la ausencia de los principales depredadores y la sobre explotación de la especie (Bell, & Jacquemi, 2017)

5.6 Frecuencia relativa mensual de estadios de madurez

En el análisis de frecuencia de estadios de madurez para machos (Figura 11), se encontró la siguiente distribución por etapas de desarrollo:

- Inmaduro (estadios I y II): Fue el estadio menos frecuente y se presentó en los meses de mayo a septiembre con frecuencias entre 40 y 50%, mientras que en el mes de abril no se encontraron organismos inmaduros.

- Maduro (estadíos III y IV): Se presentó en todos los meses con frecuencias entre el 50 y 60% en los meses de mayo a septiembre y en el mes de abril representó el 100% de los organismos.

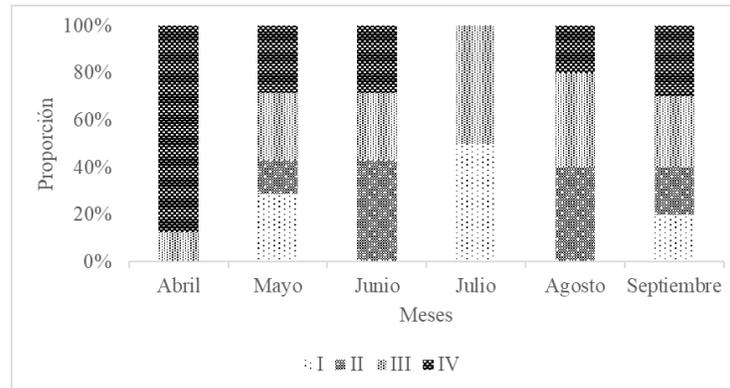


Figura 12. Frecuencia relativa mensual de estadíos de madurez para machos

Para el análisis de frecuencia de estadíos de madurez de las hembras (Figura 13), se encontró la siguiente distribución por etapas de desarrollo:

- Inmadura (estadíos I, II y III): Fue el estadio menos frecuente y se presentó en los meses de mayo a agosto con frecuencias entre 50 y 10%, mientras que en los meses de abril y septiembre no se encontraron organismos inmaduros.
- Maduro (estadíos IV, V, VI y VII): Se presentó en todos los meses con frecuencias entre el 50 y 90% en los meses de mayo a agosto y en los meses de abril y septiembre que representó el 100% de los organismos.

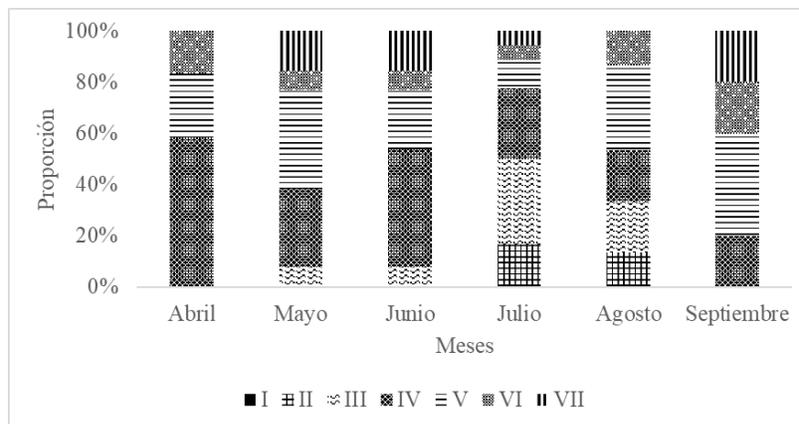


Figura 13. Frecuencia relativa mensual de estadíos de madurez para hembras

El ciclo reproductivo de *L. macrochirus*, ha presentado picos de desove en junio y pueden continuar hasta agosto, aunque normalmente cesan cuando la temperatura del agua excede los 27°C (Mecozzi, 2008). La presencia de organismos desovados y con gónadas maduras en todos los meses de este estudio, sugiere que ocurren desoves aislados en gran parte del año y no está restringido a un solo periodo reproductivo. Esta característica, se presenta como una respuesta biológica de los peces introducidos en países con clima cálido o templado y proporciona un mecanismo para el restablecimiento de la estructura de la población (Santos, et al., 2012). Las especies con desove fraccionado tienen una mayor probabilidad de establecimiento debido principalmente a dos razones: la disminución de la competencia por el sitio de desove entre las hembras dentro de poblaciones con reproducción sincrónica y mayor supervivencia de las larvas.

5.7 Índice Gonadosomático (IGS)

Los valores medios del Índice Gonadosomático presentaron variaciones en cada mes de muestreo y un comportamiento similar en ambos sexos. El IGS indica la época máxima de desarrollo gonádico y determina el periodo máximo de madurez sexual (Perera, Mendoza, & Páramo, 2007); los mayores valores de IGS se presentaron en los meses de agosto (1.51), septiembre (1.42) y abril (1.24) para machos (Figura 13) y en los meses de abril (9.64) y agosto (6.62) para hembras (Figura 14). Este índice puede ser influenciado por factores ambientales como son los cambios de fotoperíodo, temperatura, concentración de oxígeno disuelto, niveles de agua, disponibilidad de alimento y densidad de la población (Cabrera, Aguilar, & González, 2008).

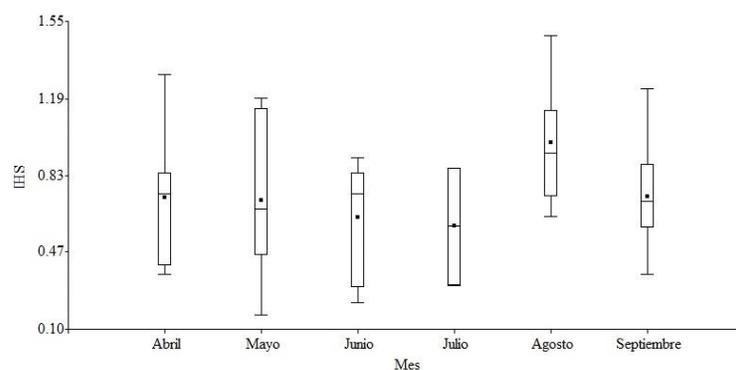


Figura 14. Variación del Índice Gonadosomático (IGS) para machos de *Lepomis macrochirus*

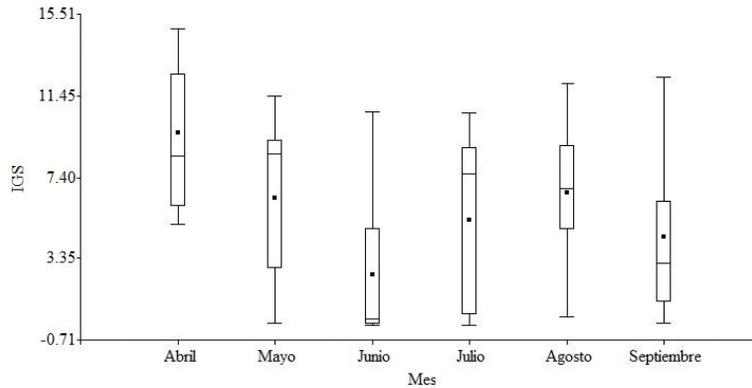


Figura 15. Variación del Índice Gonadosomático (IGS) para hembras de *Lepomis macrochirus*

5.8 Índice Hepatosomático (IHS)

El IHS presento una variación similar durante los meses de muestreo, tanto para machos como para hembras; coincidiendo sus valores más altos con los meses en que los valores del IGS fueron mayores. Los valores de IHS más altos se presentaron en los meses de agosto (1.51), abril (0.73), septiembre (0.73) y mayo (0.71) para machos (Figura 16); mientras que para hembras se presentaron en abril (1.34), mayo (1.08), agosto (0.92) y septiembre (0.92) (Figura 17).

La relación entre los valores del IHS y el IGS, se debe a que el peso del hígado en peces aumenta antes y durante de la reproducción, debido a la síntesis de lípidos y proteínas necesarias para el desarrollo de las gónadas (Palazón, 2007).

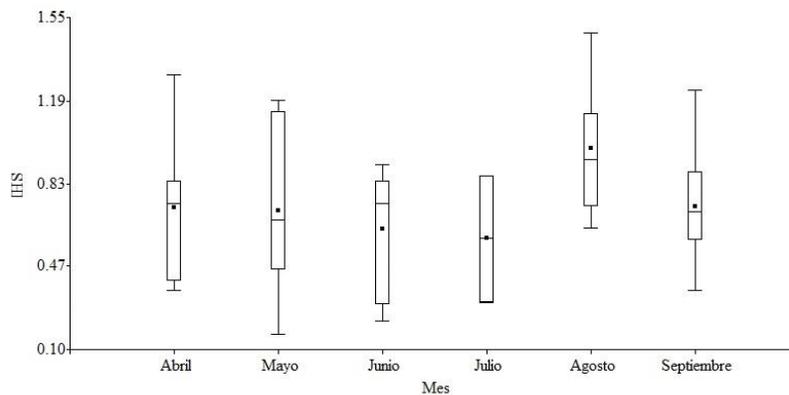


Figura 16. Variación del Índice Hepatosomático (IHS) para machos de *Lepomis macrochirus*

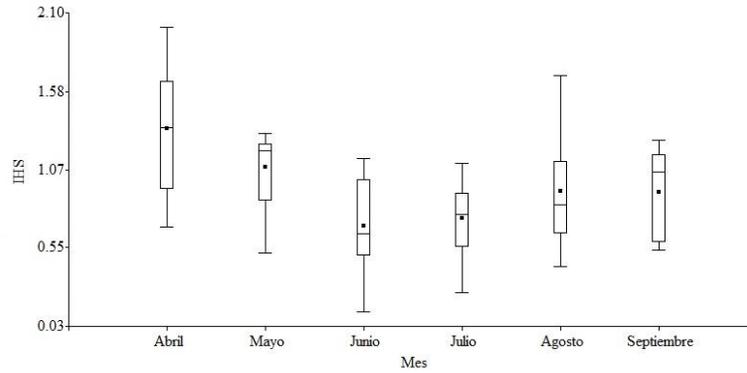


Figura 17. Variación del Índice Hepatosomático (IHS) para hembras de *Lepomis macrochirus*

5.9 Factor de condición (K)

El factor de condición (K) tuvo variaciones en cada mes de muestreo, siendo más bajo durante los meses en que los valores del IGS fueron mayores, siendo estos, agosto y septiembre (0.68) para machos (Figura 17), y agosto (0.64) y abril (0.65) para hembras (Figura 18). Mientras que los valores más altos se presentaron en los períodos que coincidían con menores valores de IGS, siendo estos, junio (0.71), abril y mayo (0.70) para machos y mayo (0.71), junio, julio y septiembre (0.67) para hembras.

Los valores de K más bajos se observaron antes o durante los picos reproductivos más altos. Esto se ha relacionado con la movilización de las reservas de energía somática necesarias para el desarrollo reproductivo y/o con una reducción de la actividad de alimentación durante el período de desove (Palazón, 2007)

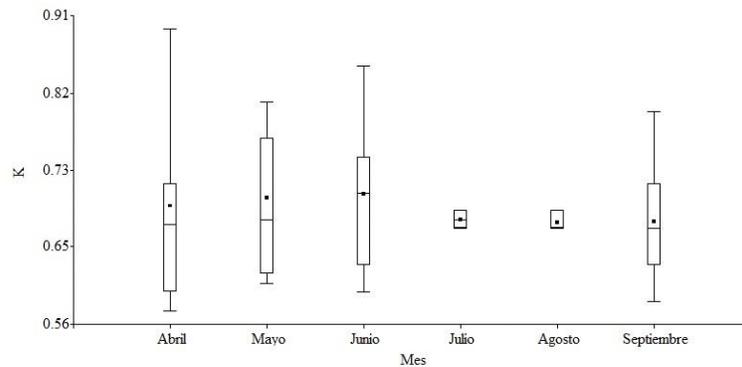


Figura 18. Variación del Factor de Condición (K) para machos de *Lepomis macrochirus*

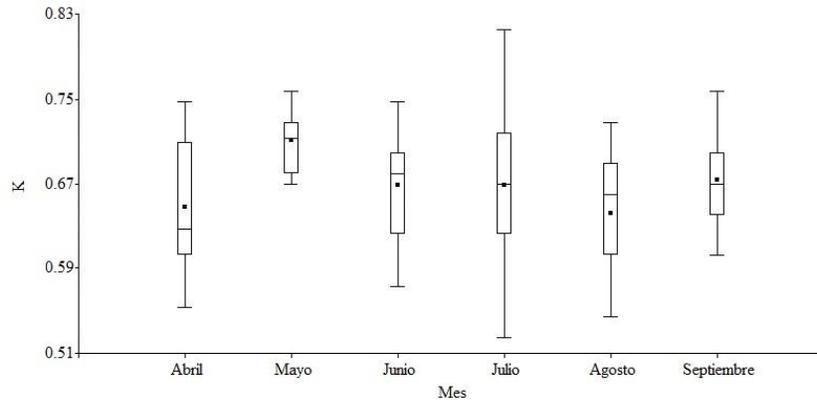


Figura 19. Variación del Factor de Condición (K) para hembras de *Lepomis macrochirus*

6. Conclusiones

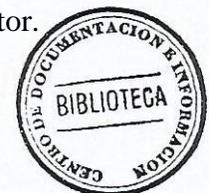
1. La talla de primera madurez sexual para *L. macrochirus* (12.8 cm para machos y 10.2 cm para hembras), indica que el 40% de los machos y el 45% de las hembras están siendo capturados previamente a alcanzar su madurez sexual.
2. Las gónadas, tanto de machos como hembras de *L. macrochirus* presentaron estructuras propias de organismos maduros o desovados en todos los meses de muestro, lo que sugiere que esta especie realiza desoves fraccionados, permitiéndole una mayor probabilidad de establecimiento.
3. Los indicadores reproductivos y de condición señalan varios picos de reproducción para *L. macrochirus* en los meses de abril, agosto y septiembre, evidenciando que la especie cuenta con un periodo reproductivo asincrónico durante el año.

7. Recomendaciones

1. Debido a la importancia económica y comercial que representa la pesquería del Bluegill *L. macrochirus* para el municipio de Santiago Atitlán y otros de la cuenca del lago Atitlán, se recomienda a la autoridad competente establecer medidas de ordenación dirigidas a la selectividad de las artes de pesca, para que estas permitan la captura de organismos que ya hayan alcanzado la talla de primera madurez sexual. Sugiriendo un establecimiento de una talla mínima de captura para la especie de 13 cm de longitud total.
2. Se recomienda a la Municipalidad de Santiago Atitlán que, por medio de la Unidad Municipal de Ambiente y Recursos Naturales, pueda realizar actividades de sensibilización al grupo de pescadores del municipio sobre las buenas prácticas de pesca, para disminuir la captura de organismos que presenten tallas menores a la talla de primera madurez sexual.
3. Tomando en cuenta el mecanismo de reproducción asincrónica que presentó *L. macrochirus*, se sugiere llevar a cabo un estudio que cubra al menos un período mínimo de un año, en los principales municipios de la cuenca, en los que la pesca representa una actividad económica significativa como, Santiago Atitlán, San Juan La Laguna, San Lucas Tolimán y Santa Catarina Palopó, para conocer el comportamiento anual del ciclo reproductivo de la especie.

8. Referencias bibliográficas

1. Agencia Española de Cooperación Internacional [AECI]. (2004). *Diagnóstico de la pesca artesanal en aguas continentales de Guatemala*. Guatemala: Autor.
2. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno [Amsclae]. (2016). *Estudio sobre el estado actual de las poblaciones nativas y exóticas de la fauna ictiológica del lago de Atitlán*. Guatemala: Autor.
3. Bell, A., & Jacquemi, S. (2017). Evidence of morphological and functional variation among Bluegill *Lepomis macrochirus* populations across Grand Lake St Mary's watershed area. *Journal of Freshwater Ecology*, 32 (1), 415-432.
4. Cabrera, Y., Aguilar, C., & González, G. (2008). Indicadores morfológicos y reproductivos del pez *Gambusia puncticulata* (Poeciliidae) en sitios muy contaminados del río Almendares, Cuba. *Revista Biología Tropical*, 56 (4), 1991-2004.
5. Delgadillo, A., Martínez, C., Berruecos, J., Ulloa, R., López, R., & Vásquez, C. (2012). Caracterización de la curva de crecimiento en dos especies de pez blanco *Chirostoma estor*, *C. promelas* y sus híbridos. *Veterinaria México*, 43 (2), 52-55.
6. Dix, M., Medinilla, O., & Castellanos, E. (2003). *Diagnóstico ecológico-social en la cuenca de Atitlán*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala [UVG].
7. FishBase. (2018). *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819) [en línea]. Recuperado marzo 15, 2018, de <http://www.fishbase.org/summary/3375>
8. Fischer, R., & Congdon, J. (2001). *Changes in Bluegill *Lepomis macrochirus* life history in response to thermal extremes*. Estados Unidos: Eastern Illinois University.
9. Flores, H., & Smith, A. (2010). Biología reproductiva de *Graus nigra* (Perciformes, Kyphosidae) en las costas del norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45 (1), 659-670.
10. Food and Agriculture Organization [FAO]. (1975). *Manual de ciencia pesquera: Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. Roma: Autor.



11. Gao, Z., Wang, H., Rapp, D., O'Bryant, P., Wallat, G., Wang, W., Yao, H., Tiu, L., & MacDonald, R. (2009). Gonadal sex differentiation in the bluegill *Lepomis macrochirus* and its relation to fish size and age. *Aquaculture*, 294, 138-146.
12. Gutiérrez, J., Pulido, I., & Fernández, C. (2000). Age-structure, growth and reproduction of the introduced Pumpkinseed (*Lepomis gibbosa*, L. 1758) in a tributary of the Guadalquivir river (Southern Spain). *Limnetica*, 19, 21-29.
13. Maldonado, M., Sánchez, R., Salcido, L., & Ramírez, J. (2007). Gonadal development of *Peprilus medius* (Peters, 1869) (Perciformes: Stromateidae) from Southeast of the Gulf of California, Mexico. *Ciencia y desarrollo*, 35 (1), 56-61.
14. Mancera, N., Castellanos, J., & Urrego, D. (2016). Reproducción de *Saccodon dariensis* (Teleostei: Parodontidae) en afluentes del río Guatapé, cuenca del río Magdalena, Colombia. *Biología Tropical*, 64 (2), 635-653.
15. Mecozzi, M. (2008). *Bluegill – (Lepomis macrochirus)*. Estados Unidos: Wisconsin Department of Natural Resources.
16. Municipalidad de Santiago Atitlán. (2017). *Plan de desarrollo municipal: Santiago Atitlán*. Guatemala: Autor.
17. Naspleda, J., Zamora, L., & Vila, A. (2012). *Pez sol: Lepomis gibbosus (Linnaeus, 1758)*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales.
18. Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano [Ospesca]. (2007). *Caracterización del lago de Atitlán con énfasis en la pesca y acuicultura*. Guatemala: Autor.
19. Palazón, J. (2007). Reproduction of the white grunt, *Haemulon plumieri* (Lacépede, 1802) (Pisces: Haemulidae) from Margarita Island, Venezuela. *Scientia Marina*, 71 (3), 429-440.
20. Paz, M. (2016). *Guía de identificación de especies de importancia pesquera de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
21. Peña, B., Gómez, L., & García, G. (2011). Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Ciencia Pesquera*, 19 (2), 23-36.



22. Perera, M., Mendoza, M., & Páramo, S. (2008). Dinámica reproductiva y poblacional del robalo, *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae), en Barra San Pedro, Centla, México. *Universidad y Ciencia*, 24 (1), 49-59.
23. Rueda, E. (2016). *Caracterización de la pesca artesanal del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, Guatemala*. Guatemala: USAC.
24. Ruiz, G., Campos, E., & Delgadillo, J. (2016). *Guía ilustrada para la identificación de peces exóticos del bajo Río Colorado de México*. México: Universidad Autónoma de Baja California.
25. Ruiz, S., Lucano, G., González, G., Rojo, J., & Arellano, M. (2011). Biología reproductiva de *Anisotremus interruptus* (Perciformes: Haemulidae) en el Pacífico central mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 60 (2), 709-720.
26. Saborido, F. (2008). *Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos*. España: Universidad de Vigo.
27. Santos, R., Silva, T., Chehayeb, I., & Magalhães, A. (2012). Reproduction of the non-native fish *Lepomis gibbosus* (Perciformes: Centrarchidae) in Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 60 (3), 1327-1334.
28. Sloan, D., Muzzall, P., & Ehlinger, T., (1996). Parasites, morphology, and habitat use in a Bluegill Sunfish (*Lepomis macrochirus*) population. *Copeia*, 1996 (2), 348-354.
29. Standen, E., & Lauder, G. (2005). Dorsal and anal fin function in bluegill sunfish *Lepomis macrochirus*: three-dimensional kinematics during propulsion and maneuvering. *The Journal of Experimental Biology*, 208, 2753-2763.
30. Tzeek, J. (2013). *Biología de la reproducción de Strongylura notata y Sphaeroides testudineus, de la laguna "La Carbonera" en Sinsal Yucatán*. Tesis Maestro en Ciencias del Mar y Limnología. México: Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM].



