



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;
Fecha: 05 de junio de 2023

C. Alejandra Guadalupe Aguilar Decelis

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
Aspectos reproductivos de *Tlaloc candalarius* (Hubbs, 1924), en la subcuenca del río San
Vicente, Tzimol, Chiapas

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. Gustavo Rivera Velázquez

Dr. Miguel Angel Peralta Meixueiro

Dr. Ernesto Velázquez Velázquez

Firmas:

Ccp. Expediente

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS

Aspectos reproductivos de *Tlaloc candalarius*
(Hubbs, 1924), en la subcuenca del río San Vicente,
Tzimol, Chiapas

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA

ALEJANDRA GUADALUPE AGUILAR DECELIS

DIRECTOR:

Dr. ERNESTO VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. UNICACH

ASESORES

M. EN C. MANUEL DE JESUS ANZUETO CALVO
M. EN C. SARA ELIZABETH DOMINGUEZ CISNEROS
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. UNICACH



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

JUNIO DE 2023

DEDICATORIA

Con amor y cariño dedico la tesis a mis padres por confiar y apoyarme con amor y esfuerzo, que hicieron posible que el día de hoy este culminando mis estudios hasta este punto, por mostrarme la importancia de hacer lo que me gusta y sentirme bien haciéndolo, que es importante llegar, pero mucho más mantenerse hasta terminarlo. Gracias por los regaños y las porras, por emocionarse y asustarse con lo que aprendía.

También a mis abuelitas Aurelia y Yolanda por ser parte de mi crecimiento como persona, me apoyaron y compartieron momentos únicos, que, aunque ellas no estén de forma física siempre estarán en mi mente y en mi corazón.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento en donde plasmo una de mis grandes metas y poder compartirla con mi familia.

A mis padres por estar presentes en mi caminar, en especial a mi hermana por ser mi compañera de estudios, ayudándome en lo que yo desconocía y desvelarse conmigo, a mi familia (Tíos, tías y primos) por ayudarme en mis proyectos a conseguir muestras y escuchar las historias de mi aprendizaje durante las salidas de campo.

A mi director de tesis el Dr. Ernesto Velázquez Velázquez, por la confianza brindada, compartir sus conocimientos en este proyecto y seguir motivándome a crecer profesionalmente.

A mi asesor de tesis, Mtro. Manuel de Jesús Anzueto Calvo, por su apoyo incondicional en la búsqueda y capacitación durante toda la realización del proyecto, por su paciencia, disponibilidad tiempo y sugerencias dadas.

Al Museo de zoología, UNICACH, por el espacio brindado y apoyarme con lo necesario para realizar la tesis, a la M. en C. Sara Elizabeth Domínguez Cisneros y a la Biol. Fabiola Maza, por las sugerencias y el apoyo brindado durante todo el proceso hasta la culminación de la tesis.

De igual manera a mi compañera de investigación Cecilia por trabajar de la mano durante todo este proyecto, gracias al compañerismo y la motivación que hizo que fuera más grato y llevadero la realización de la tesis.

INDICE DE PÁGINAS

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1 Descripción general de los peces	3
2.2 Descripción de los Cypronodontiformes	5
2.3 Descripción de la Familia Profundulidae	7
2.4 Descripción de <i>Tlaloc candalarius</i>	10
2.5 Hábitad.....	12
2.6 Rango geográfico	12
2.7 Clasificación Taxonómica.....	1
2.8 Estatus de riesgo.....	13
2.8.1 Información sobre amenazas	13
2.8.2 Información de acciones de conservación.....	13
2.9 Alimentación.....	14
III. ANTECEDENTES	15
3.1 Ictiofauna de México	15
3.2 Ictiofauna de Chiapas.....	17
3.3 Estudios de taxonomía y sistemática de la familia Profundulidae	19
3.4 Estudios sobre conservación de la familia Profundulidae	22
3.5 Estudios sobre historias de vida y ecología de la familia Profundulidae	25
IV. OBJETIVOS	28
4. 1 General	28
4. 2 Particulares.....	28
V. ZONA DE ESTUDIO	29
5.1 Localizacion	29
5.2 Hidrografía	30
5.3 Flora	30
5.4 Fauna.....	30
5.5 Topografía	30
5.6 Clima	31
5.7 Precipitación	31
5.8 Zona turística	32
VI. MÉTODO	35
6. 1 Trabajo de campo	35
6.2 Trabajo de laboratorio	36
6.2.1 Ciclo reproductivo: Madurez gonádica	37
6.3 Análisis estadístico	38

6.3.1 Índice Gonadosomático (IGS)	38
6.3.2 Talla de primera madurez sexual (L50)	38
6.3.3 Proporción sexual: relación entre número de Hembras VS Machos.....	39
6.3.4 Factor de condición Fulton (K)	39
6.3.5 Fecundidad	40
6.3.6 Tipo de crecimiento	40
6.3.7 Relación peso-talla	40
VII. RESULTADOS.....	42
7.1 Abundancia	42
7.2 Relación Longitud-peso.....	44
7.3 Factor de Condición Fulton (K).....	46
7.4 Fecundidad	48
7.5 Proporción de Sexos	51
7.6 Ciclo reproductivo: Madurez gonádica.....	51
7.7 Índice gonadosomático	53
7.8 Talla de la primera madurez sexual	54
VIII. DISCUSIÓN	55
8.1 Relación Longitud-Peso	55
8.2 Factor de condición	56
8.3 Fecundidad	56
8.4 Dimorfismo sexual y proporción sexual	57
8.5 Talla de la primera madurez sexual	58
8.6 Índice Gonadosomático	58
IX. CONCLUSIONES	59
X. RECOMENDACIONES	61
XI. REFERENCIA DOCUMENTALES	62

Índice de figura

Pág.

Figura 1. Algunas familias representativas Atherinomorphae: (A) Beloniformes, (B) Atheriniformes, (C–H) Cyprinodontiformes: Anablepidae (C-D), Poeciliidae (E-F), and Rivulidae (G-H). (Fuente: Malabarba y Malabarba, 2020).....	7
Figura 2. Ejemplar representativo del género <i>Profundulus</i> (<i>Profundulus punctatus</i>).....	9
Figura 3. Ejemplar representativo del género <i>Tlaloc</i> (<i>Tlaloc hildebrandi</i>).....	9
Figura 4. Ejemplar macho de <i>Tlaloc candalarius</i>	11
Figura 5. Ejemplar hembra de <i>Tlaloc candalarius</i>	11
Figura 6. Distribución geográfica de <i>Tlaloc candalarius</i> (UICN, 2019).....	12
Figura 7. Localidad de muestreo de <i>T. candalarius</i> en el Rio San Vicente, municipio de Tzimol, Chiapas.....	29
Figura 8. Ojo de agua ubicado en el municipio de Tzimol, Chiapas.	32
Figura 9. Corriente principal del río, después del Ojo de agua, cerca del nacimiento del río San Vicente, municipio de Tzimol, Chiapas.....	33
Figura 10. El Centro Ecoturístico Cadena de Cascadas El Chiflón, ubicado en el Ejido San Cristobalito, Municipio de Tzimol, Chiapas, México.....	34
Figura 11. Técnica de captura, con la red tipo chinchorro, utilizada para la captura de los ejemplares de <i>T. candalarius</i>	35
Figura 12. Registro de los datos morfométricos de los peces.....	36
Figura 13. Abundancia relativa de <i>T.candalarius</i> en el periodo septiembre 2019 a marzo 2021.....	42
Figura 14. Proporción de sexos de <i>T.candalarius</i> , Macho, Hembra y ND (no determinado).	43
Figura 15. Relación longitud- peso de machos y hembras de la especie <i>Tlaloc candalarius</i> de Tzimol, Chiapas.....	45
Figura 16. Relación Longitud-Peso en machos de la especie <i>Tlaloc candalarius</i>	45

Figura 17. Relación Longitud-Peso en hembras de la especie <i>Tlaloc candalarius</i>	46
Figura 18. Factor de condición K en hembras y machos de la especie <i>T. candalarius</i>	47
Figura 19. Factor de condición por temporada (lluvia y Estiaje) de la especie <i>T. candalarius</i>	47
Figura 20. Diámetro de ovocitos de la especie <i>Tlaloc candalarius</i>	49
Figura 21. Relación fecundidad-longitud en 44 ejemplares hembras de <i>Tlaloc candalarius</i>	50
Figura 22. Relación fecundidad-peso en 44 ejemplares hembras de <i>T.candalarius</i>	50
Figura 23. Ovocitos en Estadio I de <i>Tlaloc candalarius</i> (Hembra).....	51
Figura 24. Ovocitos en Estadio II de <i>Tlaloc candalarius</i> (Hembra).....	52
Figura 25. Ovocitos en Estadio III de <i>Tlaloc candalarius</i> (Hembra).....	52
Figura 26. Índice gonosomático determinado en temporadas de lluvia y estiaje de la especie <i>T.candalarius</i>	53
Figura 27. Talla de la primera madurez sexual de la especie <i>T. candalarius</i>	54

Índice de cuadros

Cuadro 1. Estadios de madurez gonadal, basada en la escala morfocromática de Brown-Peterson.....37

Cuadro 2. Parámetros de relación longitud-peso, N= número de individuos; Min. y Max.= longitud estándar mínima y máxima (cm); a y b= parámetros de relación longitud peso; LL (a) , UL(a), LL(b), UL(b)= límite de confianza 95 % inferior y superior de a y b, respectivamente; r^2 = coeficiente de determinación.....44

RESUMEN

Se documentaron los índices somáticos y aspectos reproductivos de *Tlaloc candalarius* en el río San Vicente, tributario del río Grijalva, en Chiapas, México; con datos provenientes de recolectas realizadas en el periodo comprendido de septiembre 2019 a marzo 2021. La recolecta de ejemplares se realizó mediante una red tipo chinchorro (3 m largo x 2 m de ancho, 0.5 mm de apertura de malla). Se recolectaron un total de 188 especímenes, de los cuales 117 fueron machos y 48 hembras; lo que arrojó una proporción de sexos a favor de los machos (1: 0.41), en general, la relación se alejó significativamente de la proporción esperada de un macho por una hembra (1:1, $\chi^2 = 14,225$, $p = 0,00016722$, $G1=1$). La talla de primera madurez sexual (L_{50}) que presenta la población de *T. candalarius* fue de 58.6 mm ($a = -7.0665$, $b = 0.1207$ y $r^2 = 0.36$). La fecundidad promedio fue de 99.19 ovocitos por gramo de hembra (Rango: 41.24-235.07); los ovocitos presentaron un diámetro promedio de 1.42 mm (EE: ± 0.20). De acuerdo a los resultados de madurez gonádica y el índice gonadosomático (IGS), se encontró que el periodo de reproducción anual se produce en la época de estiaje, el valor promedio del IGS para la población de hembras es del 4.59 % en la época de estiaje y de 3.73 en la época de lluvias. Se registró el valor medio más alto de factor de condición de *T. candalarius*, en las hembras, con 2.41 (D.E.= 0.1843), mientras que los machos presentaron el valor medio de 2.23 (D.E.= 0.3138). La relación longitud-peso para ambos sexos presentaron un tipo de crecimiento isométrico ($b = 3.165$; $r^2 = 0.983$), sin embargo, el análisis por sexos separados mostró diferencias significativas en el tipo de crecimiento, ya que para hembras es isométrico ($b = 2.972$; $r^2 = 0.981$) y para machos alométrico positivo ($b = 3.176$; $r^2 = 0.983$). Los resultados del presente estudio representan la primera caracterización sobre los aspectos reproductivos e índices somáticos en *T. candalarius*; estos datos son fundamentales para avanzar en nuestra comprensión de la historia natural de estos organismos y servirán de línea base para los esfuerzos de manejo y conservación de esta especie cuasiendémica de Chiapas.

ABSTRACT

Somatic index and reproductive aspects were documented from *Tlaloc candalarius* in San Vicente River, tributary of Grijalva river, in Chiapas, México; with data from collect made in the period from September 2019 to March 2021. The specimen collect was made through a chinchorro net type (3 meter long by 2 meters wide, 0.5 mm of opening net). 188 specimens were collect, of wich 117 were male and 48 females; what threw a proportion of sexes in favor of males (1: 0.41), in general, the relation moved away significantly of the expected proportion from a male by a female (1:1, $\chi^2 = 14,225$, $p = 0,00016722$, $Gf=1$). The size of the first sexual ripeness (L_{50}) that represents *T. candalarius* population was of 58.6 mm ($a = -7.0665$, $b = 0.1207$ y $r^2 = 0.36$). The average fecundity was of 99.19 oocytes by female gran (Range: 41.24-235.07); the oocytes present an average diameter of 1.42 mm. (EE: ± 0.20). According to the results of gonadal maturity and the gonadosomatic index (GSI), it was found that the annual reproduction period occurs in the dry season, the average value of GSI for female population is 4.59% in dry season and 3.73 in rainy season. Highest middle value was registred of condition factor of *T. candalarius*, in females, with 2.41 (D.E.= 0.1843), while the males presented the middle value of 2.23 (D.E.= 0.3138). The relation length-weight for both sexes presented a type of isometric growth ($b = 3.165$; $r^2 = 0.983$), however the analisis for separate sexes showed significant differences in the type of growth, it's isometric for females ($b = 2.972$; $r^2 = 0.981$) and positive allometric for males ($b = 3.176$; $r^2 = 0.983$). The results of the present study represents the first characterization about the reproductive aspects and somatic index in *T.candalarius*; these data is essential to advance in our comprehension of natural history of these organisms and will serve as a base line to the management efforts and conservation of this quasi-endemic specie from Chiapas.

I. INTRODUCCIÓN

En la ictiofauna representativa de Centroamérica se encuentra la familia Profundulidae que son uno de los pocos grupos de peces dulceacuícolas originarios y endémicos de esta región (Miller, 1955), con una distribución que se restringe al sur de México (Guerrero, Oaxaca y Chiapas) a Centro América (Guatemala, El Salvador y Honduras). Actualmente la familia cuenta con 13 especies, agrupadas en dos géneros: *Profundulus* y *Tlaloc* (Morcillo *et al.*, 2016; Domínguez-Cisneros *et al.*, 2021). En el género *Tlaloc*, se reconocen cuatro especies: *T. candalarius*, *T. hildebrandi*, *T. labialis* y *T. portillorum*, las cuales presentan patrones de distribución muy limitadas (Morcillo *et al.*, 2016; Ornelas García *et al.*, 2016). El género *Tlaloc* se diferencia del género *Profundulus* por una serie de caracteres morfológicos; el género *Tlaloc* carece de una mancha humeral, la escamación de la base de la aleta caudal cubre menos de la mitad de la aleta; además de una serie de características osteológicas del cráneo (mesetmoides más grande que en *Profundulus*) (Miller, 2005; Domínguez-Cisneros *et al.*, *en prensa*).

Tlaloc candalarius, es una especie Cuasiendémica de Chiapas, ya que su distribución está restringida a las cuencas fronterizas de México y Guatemala, en el río Grande de Comitán, Chiapas, México, y a un manantial en La Candelaria, en Nenton, Guatemala, que probablemente se encuentra conectada con la cuenca del río Grande de Comitán (Miller, 1955). *T. candalarius* es considerado para UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como una especie con preocupación menor (Lc), con una serie de amenazas potenciales que se superponen con el rango de distribución de la especie. Sin embargo, actualmente no hay evidencias que verifiquen su impacto (UICN, 2019), ya que se carece de información relativa a su biología y ecología, incluyendo los aspectos reproductivos e índices relacionados con el crecimiento; los cuales conforman parte de las historias de vida de esta especie.

La historia de vida de un organismo está constituida por aquellos aspectos de su ciclo de vida que afectan su supervivencia y su reproducción; de allí su importancia de documentar estos aspectos que son fundamentales para su manejo y conservación de las especies, particularmente de aquellas con ámbitos de distribución restringidas o endémicas. Algunos componentes importantes de las historias de vida, se determinan en la edad, la madurez reproductiva, crecimiento y mortalidad (Martínez-Gómez, 2002); cuyos parámetros que están vinculados a la reproducción son: el índice gonadosomático, talla de primera madurez sexual, edad de madurez sexual, cuidado parental, número de ciclos reproductivos por tiempo de vida, tipo de desove, tiempo de eclosión, longitud de larvas al eclosionar, tipo de sustrato de desove, fecundidad relativa, tamaño del huevo, protección del huevo y longevidad (Olinger *et al.*, 2016).

Por su parte las relaciones longitud-peso y los índices de condición en peces, son indicadores somáticos que nos proporcionan información indirecta sobre el crecimiento, madurez, reproducción, nutrición y por ende del estado de salud de las poblaciones. Lo anterior permite realizar estudios comparativos interpoblacionales (Granado 1996; Arismendi *et al.*, 2011), que luego pueden ser usados en modelos predictivos del comportamiento o dinámica, tanto de la población como de la comunidad (McCallum, 2000). El propósito de este estudio es generar información que concierne a los aspectos reproductivos e índices somáticos, que nos permitan tener una mejor comprensión de las historias de vida de *T. candalarius* y que posteriormente pueda ser utilizado como herramienta para una mejor toma decisiones en materia de conservación de esta especie y sus hábitats.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción general de los peces

Los peces son los vertebrados más numerosos de este planeta, también lo son en diversidad de formas y tamaños. Reconociendo esta diversidad, se puede definir a un pez como un vertebrado acuático, ectotermo, con cuerpo generalmente cubierto de escamas, y apéndices (cuando están presentes) en forma de aletas, y que respiran por medio de branquias (Helfman *et al.*, 1997). Esta definición, más operativa que taxonómica, aceptada por los ictiólogos, incluye a las lampreas y mixines, tiburones y rayas, a los peces pulmonados y a la gran mayoría de los peces óseos modernos (o peces con aletas y radios).

A pesar de que comúnmente se conocen como un solo grupo biológico dentro de los vertebrados, los peces constituyen un grupo tan heterogéneo que algunos de ellos están más relacionados evolutivamente con los tetrápodos que con otro grupo de peces. Dicha heterogeneidad es debida a que proceden de linajes diferentes (grupo parafilético) (Nelson, 2006). Los principales grupos de peces son: las lampreas (Clase Agnatha), los tiburones, rayas y quimeras (Clase Chondrichthyes), y los peces óseos (Clase Osteichthyes). Estos últimos se dividen en dos importantes grupos: los peces con aletas radiadas (Subclase Actinopterygii) y los peces con aletas lobuladas (Subclase Sarcopterygii).

La diversidad de peces de agua dulce (número total de especies) es mayor que la diversidad de peces marinos (~15,200 y ~ 14,800 especies, respectivamente), mientras que los ambientes marinos cubren ~70% de la Tierra y 97% de todas las aguas. En los ecosistemas marinos, la diversidad de especies de peces se concentra en las aguas costeras (profundidades de <200 m) que representan <1% de la superficie del mar mundial. La diversidad de peces marinos y de agua dulce también disminuye con el descenso de la temperatura a gran escala espacial (Manel *et al.*, 2020. Estos patrones

globales sugieren que las diferencias en la productividad de los ecosistemas, las condiciones ambientales y la conectividad o complejidad del hábitat probablemente moldean la diversidad de las especies de peces.

A nivel mundial, los peces son el grupo de vertebrados más abundante. Sin embargo, también constituyen el grupo más amenazado, y los taxones de agua dulce son los que están sufriendo la mayor amenaza de todas (Moyle y Leidy 1992; Stiassny 1996; Leidy y Moyle 1998). La falta de información crítica sobre historias de vida, distribución natural y requerimientos ambientales de la mayoría de las especies mexicanas hace más difícil estimar el grado de vulnerabilidad y decidir qué medidas de protección son las apropiadas.

Los peces son los representantes más importantes del necton en los ambientes acuáticos, ya que constituyen el 99% de este; además los peces funcionan como reguladores energéticos y tienen una alta capacidad de desplazamiento dentro de los ecosistemas, lo cual determina complejas interacciones biológicas entre estos organismos y el entorno físico ambiental (Yañez-Arancibia, 1985).

Los peces han emergido como indicadores para los programas de monitoreo biológico por muchas razones, entre las que se incluyen, su relativa facilidad de captura utilizando artes de pesca convencionales e identificación taxonómica; la existencia de una amplia información sobre las historias de vida para muchas de ellas. Además, los elencos generalmente incluyen un amplio rango de especies que representan una variedad de niveles tróficos (comprendiendo aquellas que consumen alimentos tanto de origen acuático como terrestre). Los peces son los organismos mejor conocidos de estos hábitats, tanto por el público general como por los científicos. Los peces están presentes en los pequeños cuerpos de aguas y aún en aquellos ecosistemas con ciertos niveles de contaminación (Karr, 1981, Velázquez-Velázquez y Vega-Cendejas, 2004).

Los peces constituyen un elemento fundamental en la economía de muchos países; los recursos y los productos de la pesca son un componente fundamental en la alimentación y generación de empleo de muchas familias. Actualmente, se estima que las pesquerías constituyen 16 % del consumo mundial de proteínas, derivado de la pesca y acuicultura, la cual suministra más de 100 millones de toneladas de pescado al año (FAO, 2007). Además, los peces sobresalen por su gran importancia en la acuariofilia (afición a la cría de peces y otros organismos acuáticos en acuarios), los cuales se crían y conservan en acuarios con fines educativos u ornamentales, así como en la pesca deportiva, actividad cuyo objetivo es la recreación, esparcimiento y competencia, la cual ha crecido de manera importante en los últimos años, en diversas partes de México y el mundo (Velázquez-Velázquez *et al.* 2004).

2.2 Descripción de los Cyprinodontiformes

El Orden de los Cyprinodontiformes es un grupo de peces que está conformado principalmente por organismos pequeños, caracterizados por presentar aleta caudal truncada o redondeada; esqueleto de la aleta caudal simétrico, con un epural; primera costilla pleural en la segunda vértebra en lugar de en la tercera; e inserción de la aleta pectoral ventrolateral. Poseen un dimorfismo sexual que se evidencia en el tamaño, forma y función de las aletas y en la coloración, presentan cuerpo y cabeza con escamas cicloides, sin línea lateral continua, canal y poros, principalmente sobre la cabeza. Boca súpera en muchas especies, quijada superior, bordeada sólo por el premaxilar, normalmente protractil. Su pequeño tamaño permite la existencia de poblaciones viables en hábitats restringidos (Nelson, 2006).

Desde un punto de vista evolutivo, los cyprinodontiformes constituyen un grupo de particular interés, debido a su amplia distribución, a su diversidad cariotípica, a las numerosas especializaciones morfológicas y a que presentan un repertorio de adaptaciones reproductivas sin precedentes (partenogénesis, hibridogénesis, anualismo y ovoviviparidad) (Murphy y Collier, 1996; Morcillo, 2004.)

Los Cyprinodontiformes son peces teleósteos distribuidos en áreas templadas, subtropicales y tropicales del mundo; son comunes en sistemas de agua dulce, toleran un amplio rango de temperatura, ocurren en aguas salobres y marinas (Parenti, 1981; Nelson *et al.*, 2016), se encuentran actualmente a través de América, África, India e Indomalasia, ingresando apenas en Europa.

Actualmente el orden está integrado por diez familias con 109 géneros y alrededor de 1013 especies y cerca de 996 especies son principalmente de agua dulce (Figura 1), los Cyprinodontiformes, superfamilia Cyprinodontoidea, orden Atheriniformes (Rosen, 1964), han incluido cinco familias: los ovíparos (Cyprinodontidae) que se extienden por el Viejo y el Nuevo Mundo, y las familias vivíparas del Nuevo Mundo: Poeciliidae, Jenynsiidae, Anablepidae y Goodeidae (Parenti, 1981), muchos son indicadores muy sensibles de alteraciones peligrosas en los ambientes acuáticos y por lo tanto pueden servir para advertir al ser humano sobre condiciones potencialmente dañinas (Nelson, 2006; Miller, 2009).

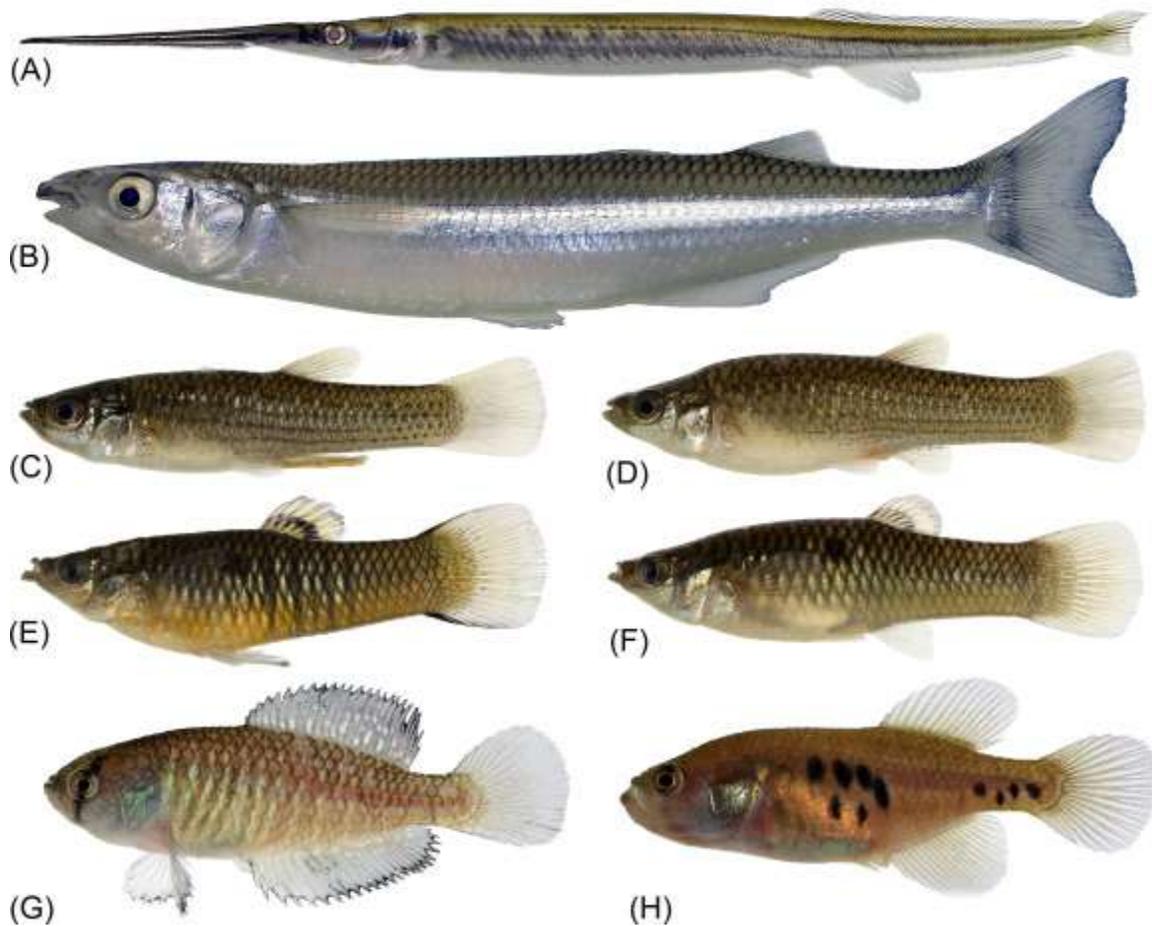


Figura 1. Algunas familias representativas Atherinomorphae: (A) Beloniformes, (B) Atheriniformes, (C–H) Cyprinodontiformes: Anablepidae (C–D), Poeciliidae (E–F), Rivulidae (G–H). (Fuente: Malabarba y Malabarba, 2020).

2.3 Descripción de la Familia Profundulidae

La familia Profundulidae es representante de la ictiofauna Neotropical del orden Cyprinodontiformes, considerada endémica de la región Mesoamericana (Morcillo *et al.*, 2016). Es la más primitiva dentro del orden Cyprinodontiformes, se estima que divergió durante las épocas del Oligoceno, Plioceno y Mioceno de la era Cenozoica, conocidos como escamudos o popoyotes (Parenti, 1981; Miller *et al.*, 2005; Morcillo *et al.*, 2015).

Los peces representantes de esta familia son comúnmente conocidos como escamudos, pupos, popoyotes o killis (“killifishes”). La mayoría de las especies habitan en las cuencas superiores y cabeceras de los ríos, además de sus tributarios de montaña con altitudes entre 500 a 2 250 m.s.n.m, donde la temperatura del agua es templada y con corrientes fuertes y moderadas (Miller, 1955; Ornelas-García *et al.*, 2015); aunque algunas especies pueden encontrarse cerca de los 60 m.s.n.m (Jamangapé *et al.*, 2016).

Se caracteriza por tener un elevado número de branquiespinas en el primer arco branquial, el número oscila entre 14 y 23 (siendo la moda 16). Este carácter es considerado único en el suborden de los Cyprinodontoideos (Parenti, 1981; Morcillo-Alonso, 2004). Tienen la aleta dorsal con 1 a 3 radios rudimentarios y 10 a 16 radios principales, con escamas en series laterales de 31 a 39. Son ovíparos con fecundación externa. Son de tamaño pequeño, en estado adulto miden de 70 a 90 mm de longitud total, y en algunos casos puede alcanzar los 120 mm. Se encuentran presentes en altitudes entre los 90 y los 2 200 msnm. En las regiones con mayor altitud son los únicos peces nativos, ocupando además hábitats muy restringidos. Sobre substrato de marga, grava, arena y ocasionalmente roca (Morcillo-Alonso, 2004; Miller *et al.*, 2005)

Actualmente cuenta con 13 especies válidas en dos géneros: *Profundulus* y *Tlaloc* (Figuras 2 y 3). En el género *Profundulus* se tienen nueve especies: *P. punctatus*, *P. oaxacae*, *P. balsanus*, *P. mixtlanensis*, *P. guatemalensis*, *P. kreiseri*, *P. chimalapensis*, *P. parentiae* y *P. punctatus* con un rango de distribución más amplia. En el género *Tlaloc* se reconocen cuatro especies: *T. candaliarius*, *T. hildebrandi*, *T. labialis* y *T. portillorum*, las cuales presentan distribuciones limitadas (Domínguez *et al.*, 2021).



Figura. 2- Ejemplar representativo del género *Profundulus* (*Profundulus punctatus*)



Figura. 3- Ejemplar representativo del género *Tlalo* (*Tlalo hildebrandi*).

La familia Profundulidae cuenta con distribución amplia, pero con poca información de su biología básica. En algunas especies como *T. candalarius* y *T. hildebrandi* que debido a su deterioro ambiental y/o la restricción de su distribución presenta problemas en su hábitat en la región de los Altos de Chiapas y así como otras especies que llevan a presentarse en problemas poblacionales o de extinción (González-Díaz, 2008).

2. 4 Descripción de *Tlaloc candalarius*

Tlaloc candalarius es una especie de peces pequeños, robustos, no mayores a 80 mm de longitud patrón (desde la boca hasta el inicio de la aleta caudal). Distinguidos por sus mandíbulas casi iguales, ligeramente mayor la inferior. Presenta dientes mandibulares exteriores, cónicos, irregulares y bien desarrollados, con canales sensoriales preopérculos mandibulares un poco separados. El número de las branquiespinas del primer arco faríngeo es típicamente 16. El número de escamas laterales normalmente 34 (33-36) y el número de vértebras, normalmente 34 (33-35). Su preorbital se encuentra desnudo, cubierto por una o dos escamas aisladas y cubiertas con tejido. No presenta mancha humeral. Menos de la mitad de la aleta caudal esta densamente escamada (Miller, 2005).

Generalmente presentan dimorfismo sexual marcado, la aleta anal en hembras es más larga que la de los machos; además los machos exhiben un patrón de coloración muy característico: los extremos de la aleta dorsal y anal están frecuentemente pigmentados de anaranjado (Figura 4), la aleta dorsal presenta además una serie de puntos negros a manera de pequeñas bandas que van de 2 a 3 series en la parte basal, media y apical de la aleta. Mientras que la anal presenta solamente 1 o 2 series de puntos negros en la base y parte media de la aleta. En el caso de las hembras su coloración es muy uniforme (Figura 5), de color café claro con las membranas interradales más transparentes (Velázquez y Schmitter, 2000; Velázquez-Velázquez *et al.* 2007; Miller, 2009).



Figura 4. Ejemplar macho de *Tlaloc candalarius*.



Figura 5. Ejemplar hembra de *Tlaloc candalarius*.

2.5 Hábitat de *Tlaloc candalarius*

Habita en ríos de montaña entre los 1 500 y los 1 800 msnm, con corrientes moderadas y profundidades de hasta 1.7 m., en los que está presente vegetación acuática de los géneros *Chara*, *Potamogeton* y *Chlorophytas* (algas verdes). Esta especie habita en arroyos, ciénegas y lagos de baja profundidad (hasta 1.7 m), con agua turbias a claras con sustratos arcilla, grava, arena, cantos rodados y ocasionalmente en corrientes moderadas (Miller, 1995; Miller *et al.*, 2005).

2.6 Rango geográfico *Tlaloc candalarius*

Esta especie se encuentra en el drenaje del Atlántico (o interior) del extremo noroeste de Guatemala y la cuenca del río Grande de Comitán y las cabeceras del río Grande de Chiapa en Chiapas, México (Cuenca del Grijalva-Usumacinta), (Miller 2005, Lozano-Vilano y Maza- Benignos 2017). Estas cuencas fluviales ocupan una superficie aproximada de 21 625 km².



Figura 6. Distribución geográfica de *Tlaloc candalarius* (UICN, 2019).

2.7 Clasificación Taxonómica

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Profundulidae

Género: *Tlaloc*

Especie: *T.candalarius* (Hubbs, 1924)

Nombre común: Escamudo de Comitán (UICN, 2019).

Distribución: Pez cuasi-endémico de Chiapas.

2.8 Estatus de riesgo y amenaza de *Tlaloc candalarius*

Esta especie se conoce del noroeste de Guatemala y Chiapas, México. Actualmente no hay información disponible sobre su población. Ocupa un rango restringido (aunque no alcanza los umbrales de amenaza) y hay una serie de amenazas potenciales que se superponen con su rango. No hay evidencia que demuestre que estas amenazas potenciales impacten a esta especie o su hábitat y se requeriría una mayor investigación para verificar y determinar la escala de su impacto en esta especie, específicamente. Está catalogado como Preocupación Menor (UICN, 2019)

2.8.1 Información sobre amenazas

Hay una serie de amenazas potenciales que se superponen con el rango de esta especie. Sin embargo, actualmente no hay evidencia que sugiera que estas amenazas afecten específicamente a esta especie y se requeriría una mayor investigación para verificar de su impacto.

Durante los últimos 20 años, la población de las zonas rurales de Chiapas ha crecido un 4% anual, y esto ha ejercido una enorme presión sobre los recursos naturales de la región. En las tierras altas, los bosques han sufrido la extracción de madera, la quema de carbón y el pastoreo excesivo. En las tierras bajas, se han talado grandes áreas de bosque tropical para dar paso a pastos para el ganado. La conversión de tierras en tierra cultivable y el pastoreo excesivo ha provocado la erosión del suelo, lo que ha aumentado los sedimentos en los ríos y arroyos. Las amenazas son probablemente mucho mayores en el lado mexicano. Grandes áreas de hábitat pueden permanecer en Guatemala (UICN, 2019).

2.8.2 Información de Acciones de Conservación

Actualmente no existen medidas de conservación específicas para cada especie. Este rango de especies se superpone con varias áreas protegidas (IUCN-UNEP 2018).

2.9 Alimentación

La alimentación de *T. candalarius* corresponde a un promedio intestinal de 0.53 (rango de 0.31- 0.7) lo que determina una característica de intestino corto y de acuerdo con Nikolsky (1963), peces con intestino menor a 1, es resultante de un carnívoro. La alimentación de la especie presenta un 74.6% de diferentes familias de insectos la mayoría de los taxa identificados pertenecen a larvas y ninfas de insectos : Odonata, Díptera, Trichóptera, Ephemenóptera y Plecóptera, mientras que el resto de los componentes corresponde 20% de MONI y un 6.4% de algas presentadas de manera accidental (Arévalo Herrera, 2018).

III. ANTECEDENTES

Los peces de la familia Profundulidae, han sido objeto de numerosos estudios, debido a que estos peces son muy atractivos desde el punto de vista biológico, al ser una familia de peces dulceacuícolas endémicas a Mesoamérica (Morcillo *et al.*, 2016); varias de sus especies poseen rangos de distribución muy restringidos y son muy interesantes desde el punto de vista biogeográfico e historia evolutiva y por qué algunas especies presentan problemas de Conservación (Velázquez *et al.*, 2009). Aunque los estudios sobre historias de vida en los peces de la familia Profundulidae son escasos, existen varios trabajos que abordan diversos aspectos sobre los peces de esta familia, los cuales se describen a continuación:

3.1 Ictiofauna de México

México es reconocido como un país mega-diverso en muchos grupos de plantas y animales. En el caso de los peces, los vertebrados más abundantes en el planeta, la riqueza de especies también es considerable, en especial si se toma en cuenta que los peces constituyen más de la mitad del total de todos los vertebrados del mundo, que suman un total de 54 711 especies reconocidas (Nelson, 2006). Hasta el momento se conocen 27 977 (<31,000, Eschmeyer, 2010) especies válidas de peces, mientras que el resto de los vertebrados tetrápodos suman 26,734 especies (Nelson, 2006). Año con año se conocen y describen muchas especies, y aunque son puestas en sinonimia, el conocimiento de peces antes desconocidos excede al número de especies del resto de los vertebrados.

Actualmente se conocen en México un total de 2 763 especies, lo que representa un 9.8% de las especies de peces conocidas en el mundo, tanto marinas como dulceacuícolas. Las especies mexicanas están comprendidas en 53 órdenes (Cuadro 1) de los 62 reconocidos para todo el mundo, lo que implica que un 85% de la diversidad

mundial está representada en el país. Además, en nuestro territorio se encuentran 265 familias y 967 géneros de un total de 515 (51.4%) y 4 494 (21.5%), respectivamente (Nelson *et al.*, 2004). De las 505 especies dulceacuícolas de México (18.2%), destacan 145 primarias o dulceacuícolas obligadas, y aproximadamente 350 se consideran secundarias por tolerar por tiempos variables los ambientes marinos (Espinosa *et al.*, 2011).

De acuerdo a la Nom-059- SEMARNAT 2010 destacan peces que están en alguna categoría de riesgo, la cuales constituyen el 7.2% del total (201 especies), de las cuales 37.2% son parte de las 505 especies de agua dulce, uno de los factores de amenaza es la presencia de peces exóticos, actualmente considerados como especies invasoras que tienen un total de 26 conocidas para los cuerpos de agua mexicanos (0.94%) (Contreras-Balderas *et al.*, 2008; Conabio, 2010).

Las amenazas a la biodiversidad de peces implican no solo la pérdida de especies, sino también la alteración y/o pérdida de las funciones que desempeñan en el ecosistema y sus distintas contribuciones al bienestar humano (Burkhead, 2012; Helfman, 2007; Holmlund y Hammer, 1999).

La distribución de la diversidad mexicana se encuentra dividida en dos regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical. Se estima que un 57% (289) de 50 especies dulceacuícolas que viven en México son endémicas, siendo estas especies por cuenca. Las cuencas y regiones con los porcentajes más altos de especies endémicas son las siguientes: río Lerma Santiago 66%, Usumacinta-Grijalva 36%, Pánuco 40%, Balsas 35%, Ameca 32%, Papaloapan 21%, Coatzacoalcos 13%, Conchos 21%, Tunal 62%, pozas de Cuatro Ciénegas 50%, laguna de Chichancanab 85% y la laguna de la Medialuna 65% (Espinoza *et al.* 1993^a)

En la zona marina y estuarina se han detectado hasta el momento poco más de 2 100 especies de peces tanto para el Pacífico mexicano como para las áreas del golfo de México y el Caribe. En el Pacífico se conocen 1 121 especies, siendo el golfo de California

la zona con mayor diversidad y número de endemismos; de acuerdo con Espinosa *et al.* (1993a) las zonas con mayor número de especies endémicas son: golfo de California 20%, mar Caribe 15%, golfo de Tehuantepec 15% y golfo de México 15%.

A pesar de la gran diversidad e importancia de la ictiofauna mexicana, existen vacíos de información sobre su distribución, lo que dificulta el diseño, planeación y aplicación de medidas de conservación efectivas que permitan mantener y recuperar sus poblaciones (Lyons *et al.*, 2020; Moyle *et al.*, 2013). Esto es particularmente importante para cuencas de alta riqueza y endemismo, las cuales se encuentran inmersas en una dinámica de fuertes presiones antrópicas como es el caso de la cuenca del río Ameca, localizada al occidente de México (Contreras-MacBeath *et al.*, 2014; Espinosa-Pérez, 2014; Miller *et al.*, 2009).

3.2 Ictiofauna de Chiapas

Chiapas es el estado con mayor riqueza de peces continentales en México y el único con la influencia de las dos vertientes de América (separadas por la Sierra Madre); además, forma parte de dos grandes provincias ictiolimnológicas tropicales, Chiapas-Nicaragua y Usumacinta (Miller, 1966; Nelson, 2004; Rodiles-Hernández, 2005).

Entre los primeros inventarios realizados, Velasco (1976) menciona la presencia de 74 especies de agua dulce en el Estado, mientras que Lozano-Vilano y Contreras-Balderas (1987) reportan 135 especies de ambientes dulceacuícolas y costeros. Estudios más recientes realizados por Rodiles-Hernández (2005) y Rodiles-Hernández *et al.* (2005a) documentan la existencia de 205 y 207 especies, respectivamente.

Rodiles- Hernández (2013), hace una contribución a lo antes estudiado en la adición de más de 200 especies marinas de registros generados, destacando 30 especies endémicas de las cuales el 50% (17 especies) se encuentran en alguna categoría de riesgo de desaparecer.

El estado de Chiapas cuenta con 410 especies pertenecientes a dos clases: Chondrichthyes (peces cartilaginosos) y Actinopterygii (peces óseos), incluidos en 30 órdenes, 82 familias y 204 géneros. De éstas, 72.9 % son especies de origen marino (299), 24.4 % dulceacuícola (100) y 2.7 % vicario (11); estas últimas se refieren a especies con ancestría marina, pero que actualmente están restringidas al medio dulceacuícola (Myers, 1938).

De las 82 familias, diez de ellas forman el 51% (211) de la riqueza total de especies:

- Cichlidae (las mojarra de agua dulce) con 40 especies (9.8%),
- Poeciliidae (los topotes o espadas) con 26 especies (6.3%)
- Sciaenidae (las corvinas o berrugas) con 23 especies (5.6%)
- Carangidae (los jureles o pámpanos) con 19 especies (4.6%)
- Gobiidae (los gobios) y Ariidae (bagres marinos) con 17 especies (4.1%)
- Serranidae (cabrillas o meros) con 15 especies (3.7%)
- Haemulidae (burros o roncós) con 13 especies (3.2%)
- Gerreidae (mojarra) con 11 especies (2.7%)
- Paralichthyidae (lenguados), Dactyloscopidae (miraestrellas) y Centropomidae (robalo), con 10 especies cada uno (2.4%).

Doce especies han sido introducidas en los cuerpos de agua de Chiapas, cinco de ellas son representativas de cuatro familias de nuevo registro en la ictiofauna estatal y las otras cinco especies corresponden a mojarra dulceacuícolas de la familia Cichlidae.

La ictiofauna chiapaneca destaca por la presencia de importantes endemismos en algunos de sus componentes, que de este modo la hacen un área prioritaria de conservación de la biodiversidad. Se debe promover la ejecución de estudios integrales y de cuenca que incluyan, además del componente biológico, los factores ambientales y sociales. Esto ayudará a entender el funcionamiento y la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos de Chiapas y, del mismo modo, servirá para hacer recomendaciones y emprender acciones de manejo, conservación y restauración.

3.3 Estudios sobre taxonomía y sistemática de la familia Profundulidae

La taxonomía y sistemática de los peces de la familia Profundulidae ha sido relativamente cambiante en los últimos dos siglos; desde las primeras descripciones originales de las primeras especies, *Fundulus punctatus*, *F. labialis*, *F. guatemalensis* y *F. pachycephalus*, descritas por Günther en (1866), varias especies estrechamente relacionadas de América Central, referidas a *Fundulus*, *Adinia* o *Zoogoneticus*, y que comprendían un grupo natural, que diferían de *Fundulus*, fueron colocados en un nuevo género, *Profundulus*, el cual fue erigido por Hubbs (1924), pertenecientes a la familia Cyprinodontidae (orden Cyprinodontes). *Profundulus* fue diagnosticado sobre la base de caracteres merísticos y morfológicos por Hubbs (1924) y Miller (1955) y por caracteres osteológicos (Uyeno y Miller, 1962). Hubbs (1924) y Parenti (1981) propusieron a *Profundulus*, como el más ancestral (plesiomórfico) de los Cyprinodontoides.

La familia Profundulidae fue erigida por Hoedeman and Bronner en 1951, la cual incluía están integrada por un solo género nominal (*Profundulus* Hubbs, 1924), sin embargo, no fue reconocida como tal, debido a la carencia de una diagnosis (Miller, 1955, Miller 2005, Nelson, 1994). En la revisión de Parenti (1981) del orden Cyprinodontiformes, con base en el uso de métodos de sistemática filogenética y biogeografía vicariante (utilizando principalmente caracteres osteológicos), como conclusión, propuso una clasificación más comprensiva del orden reconociendo la existencia de nueve familias dentro de los Cyprinodóntidos, la cual incluyó la diagnosis (con base en caracteres osteológicos) y reconocimiento de la familia Profundulidae. Costa (1998), en su trabajo sobre la Filogenia y clasificación de los Ciprinodontiformes (utilizando 124 caracteres, principalmente osteológicos) reconoce a Profundulidae como un grupo natural y describe los caracteres diagnósticos de la familia: Cartílago rostral y ligamentos bien desarrollados; de 13 a 23 branquispinas sobre la rama anterior del primer arco branquial, vómer en forma Y; un proceso estrecho sobre la porción anterior del etmoides lateral; y apertura anterior de las narinas situada en una estructura carnosa prominente.

Morcillo *et al.* (2016), en su estudio de las relaciones filogenéticas e historia evolutiva de la familia Profundulidae, basados en datos moleculares (mtDNA y nDNA), propusieron una hipótesis taxonómica con dos modelos: un modelo conservador de ocho especies y un modelo más alentador de 12 especies. Ambos modelos proporcionaron evidencias adicionales de una mayor diversidad taxonómica que la originalmente reconocida en esta familia y la importancia de realizar más estudios para resolver la taxonomía de los géneros, particularmente en el género *Profundulus*. Los descubrimientos recientes de nuevas especies (*P. parentiae*, *P. chimalapensis* y *P. adani*), soportan la hipótesis hacia el modelo de mayor diversidad de especies, particularmente dentro del género *Profundulus*.

En el estudio de Morcillo *et al.* (2016), los dos subgéneros fueron erigidos a nivel de género, con base en evidencia molecular, por lo que la composición actual de especies para cada género queda comprendida de la siguiente manera: El género *Tlaloc* con cuatro especies (*T. hildebrandi*, *T. labialis*, *T. candalarius* y *T. portillorum*) y el género *Profundulus* con nueve especies válidas (*P. punctatus*, *P. guatemalensis*, *P. balsanus*, *P. oaxacae*, *P. kreiseri*, *P. mixtlanensis*, *P. parentiae*, *P. chimalapensis* y *P. adani*). Las diferencias morfológicas entre los géneros (Figura 1) subyacen en la presencia o ausencia de una mancha humeral en la base de la aleta pectoral y por el número de escamas en la región preorbital y base de la aleta caudal (Miller, 1955); así como por una serie de caracteres osteológicos del esqueleto axial y apendicular (González-Díaz *et al.*, 2016).

Miller (1955) describió a detalle la distribución de la familia Profundulidae en base análisis de aspectos o atributos merísticos tales como los radios en las aletas, número de vertebras, branquiespinas y escamas tanto en la línea lateral como alrededor del cuerpo. Elaboró una revisión sistemática del género *Profundulus*, con cinco especies divididas en dos grupos: *punctatus* (*P. guatemalensis* y *P. punctatus*) y el grupo *labialis* (*P. candalarius*, *P. labialis* y *P. hildebrandi*).

González *et al.*, (2014) analizó las diferencias osteológicas de 6 especies de los subgéneros *Profundulus* y *Tlaloc*, basándose en la revisión de 17 huesos del cráneo y la cintura pélvica, encontrando diferenciación entre ambos taxones. Demostrando que presentan características cualitativas que los definen y hacen más clara la separación de ambos taxones, dando como resultado la posibilidad de ser reubicados como géneros.

González-Díaz *et al.* (2005) presentan los resultados de la comparación morfométrica de las especies del "complejo labialis", basada en 11 medidas tradicionales y 21 cruzadas. Mediante el análisis de componentes principales y agrupamiento se demostró que *T. labialis* y *T. candalarius* muestran un patrón morfológico semejante, las relaciones de similitud establecidas en este análisis concuerdan con las relaciones filogenéticas propuestas por otros autores. Las diferencias encontradas en medidas relacionadas con estructuras tróficas y de la altura del cuerpo podrían estar relacionadas con aspectos ecológicos o asociaciones con distintos hábitats y dieta.

Morcillo (2004) analiza a la familia Profundulidae con base a escala macroevolutivos y microevolutiva aplicadas al estudio del género *Profundulus*. Explica las estructuras taxonómicas, de distribución y variabilidad genética de los patrones con relaciones evolutivas; biogeográficas y paleohidrología entre las especies de la familia Profundulidae, para proponer una línea de investigación y su conservación no encontrando congruencias entre los datos moleculares y los morfológicos comprobando que molecularmente se observa grupos bien diferenciados y no una variación línea continua, como ocurre con los caracteres morfológicos, destaca que para esta familia por su distribución restringida recomienda considerarse prioritaria en los programas de conservación como en el caso de *Profundulus hildebrandi*, *P. labialis*, *P. candalarius* y *P. guatemalensis*.

Jamangapé *et al.* (2016) realizan la Redescripción de *Profundulus balsanus* colocando en sinonimia con *Profundulus punctatus* en base a estudios moleculares demostraron que las especies son taxones totalmente distintos con caracteres

morfológicos, merísticos, de coloración y osteológicos.

Domínguez-Cisneros (2014) describió la morfología del sistema digestivo de *Profundulus hildebrandi*, analizó la composición de la dieta con relación al sexo, tallas y épocas climáticas, obteniendo que la organización del sistema digestivo corresponde al patrón morfológico general de los teleósteos y en particular de los Cyprinodontiformes, contando un intestino corto menor a 0.5. los análisis morfológicos y los componentes alimenticios muestran que la especie *P. hildebrandi* es carnívoro especialista, considerado un controlador biológico por alto consumo de Chironómidos.

3.4 Estudios sobre conservación de la familia Profundulidae

Sánchez-Cadena (2020), realizó un análisis donde hace relaciones sistemáticas de los miembros del género *Poeciliopsis* con base a su distribución geográfica y los factores ecológicos. Teniendo como resultado un árbol filogenético más resultado, que ayuda a sugerir que el subgénero *Poeciliopsis* y el subgénero *Aullophalus* son dos grupos distintos filogenéticamente que comparten misma área de distribución, una de las mediciones de la evolución del ambiente lo que puede decir que la temperatura es uno de los factores predominantes que ayuda a conservación de las especies.

La Lista Roja de UICN (2019) es un indicador crítico de la salud de la biodiversidad del mundo. No se trata solamente de una lista de especies y su estado, si no de una poderosa herramienta para informar y catalizar las acciones en pro de la conservación de biodiversidad y cambios de políticas, los cuales son claves para proteger los recursos naturales que necesitamos para sobrevivir. Brinda información sobre distribución, tamaño poblacional, hábitat y ecología, uso y/o tráfico, amenazas, y acciones de conservación que ayudarán a informar decisiones de conservación necesarias. Para la familia Profundulidae se en listan las siguientes especies:

Profundulus mixtlanensis se evaluó recientemente para la lista roja de especies amenazadas (2019) catalogado como casi amenazado (NT), existente en México (Oaxaca), esta especie están muy restringidas a los manantiales y ríos principales dentro de la cuenca Atoyac-Verde. No cuenta con amenazas concretas por falta de investigación.

Profundulus punctatus, catalogado como desconocido (DD) se localizan en remansos rápidos de ríos y afluentes, en aguas turbias claras son sustrato de arena, limo, lodo, grava, rocas y cantos rodados, a profundidades de hasta 1,7 m; vegetación generalmente ausente, a veces algunas algas verdes dispersas, Chara y pastos marginales (Miller *et al.* 2005).

Tlaloc candalarius es conocido como cabecera, catalogado para lista roja en el 2019 como LC (preocupación menor), durante los últimos 20 años, la población de las zonas rurales de Chiapas ha crecido un 4% anual, y esto ha ejercido una enorme presión sobre los recursos naturales de la región. En las tierras altas, los bosques han sufrido la extracción de madera, la quema de carbón y el pastoreo excesivo, actualmente no se cuenta con información certera de las amenazas directas para la especie.

Tlaloc labialis conocido como pez de labios grandes está catalogado por la UICN 2019 como LC (preocupación menor) se comenta un factor de amenaza son las especies invasora ha diezmando los ríos en la cuenca del Grijalva-Usumacinta, afectando tanto al medio ambiente como a las poblaciones de peces en general, pero se considera probable que se alcance un equilibrio de la biomasa y, como en otros ríos del sistema, es probable que las poblaciones de especies disminuyan.

Tlaloc portullorum ha sido evaluado más recientemente para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en 2020, está catalogado como En Peligro bajo (EN). El cambio de uso de la tierra asociado con la agricultura a pequeña escala en las tierras altas de Honduras ha resultado en un aumento de la deforestación y la sedimentación

(Rivera *et al.* 2011). La tenía asiática invasora de los peces, *Bothriocephalus acheilognathi*, es un parásito confirmado de *T. portillorum* en el río Nacaome, donde puede afectar la aptitud individual de los individuos parasitados (Caspeta-Mandujano *et al.* 2015). La propagación de este parásito introducido a drenajes adyacentes puede presentar amenazas adicionales. Actualmente no existen medidas de conservación específicas de especie dirigidas a *T. portillorum*, y no se ha registrado dentro de los límites de ninguna área protegida (UICN y UNEP-WCMC 2019).

Profundulus balsanus ha sido evaluado más recientemente para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en 2018. *Profundulus balsanus* está clasificado como Vulnerable (VU), Las amenazas a esta especie no se conocen con precisión, sin embargo, ocurre dentro de un área de desarrollo urbano y turístico reciente que ha incrementado las actividades recreativas antropogénicas como el rafting en aguas bravas, muy probablemente seguido de algún nivel de contaminación que puede afectar a *Profundulus balsanus* (Ávila-Foucat y Rodríguez-Robayo 2018).

Tlaloc hildebrandi, conocido como pez de Chiapas, ha sido evaluado más recientemente para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en 2019, catalogado como en Peligro bajo (EN), está amenazado por cuatro especies introducidas; Los pescadores deportivos observaron que la introducción de la lobina negra (*Micropterus salmoides*) en el lago Chapultepec coincidió con la desaparición de *Tlaloc hildebrandi*, donde alguna vez había sido abundante (Velázquez-Velázquez y Schmitter-Soto 2004).

Profundulus guatemalensis, conocido como pez guatemalteco ha sido evaluado más recientemente para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en 2019, está catalogado como Vulnerable (VU), la deforestación asociada con los cambios en el uso de la tierra y el desarrollo agrícola, así como los impactos asociados en el hábitat acuático como resultado de la escorrentía de nutrientes y pesticidas, el aumento de la erosión y la descarga de aguas residuales probablemente han resultado en una reducción de la

calidad del hábitat en gran parte del rango de especies (Tucker *et al.* 2005, Kim *et al.* 2005, Quinteros *et al.* 2017, Blair *et al.* 2019). Las actividades mineras y el desarrollo de infraestructura hidroeléctrica tienen el potencial de reducir la calidad y disponibilidad del hábitat (Aguilar-Stoen y Hirsch 2015)

3.5 Estudios sobre historias de vida y ecología de la familia Profundulidae

Los profundúlidos son especies bentopelágicas, que se restringen a las aguas dulces, que habitan en pequeños arroyos, manantiales, ciénegas, ríos medianos y sus afluentes, así como pequeños lagos y humedales alpinos; típicamente se les encuentra en los arroyos y cabeceras de los ríos de montaña, donde ellos son más abundantes, en altitudes que van desde los 1,000 a 2,100 m (Miller, 1955, 2005). Habitan tanto en los rápidos como en los remansos (zonas lénticas y lólicas), de poca profundidad (0.5-1.0 m) pero son más abundante en sitios donde las pozas son más profundas y mejor definidas (Velázquez-Velázquez y Schmitter-Soto, 2004). El sustrato es de arena, limo, cieno, lodo, grava, rocas y cantos rodados; la vegetación es ausente o abundante compuesta principalmente de chara, potamogeton y algas verdes (Velázquez-Velázquez y Schmitter-Soto, 2004; Miller, 2005).

Los trabajos de investigación relacionados con estos tópicos sobre peces de la familia Profundulidae se describen a continuación:

Cruz (2018), estudio los aspectos de la historia de vida y ecología de la especie *Tlaloc hildebrandi* con base a parámetros reproductivos: proporción sexual, fecundidad, índice gonadosomático, madurez sexual, época de reproducción e índices somáticos como la relación longitud-peso, talla promedio y el factor de condición en dos localidades distintas valle, de San Cristóbal y Chenalhó, demostrando que las proporciones esperadas de sexos de desviaban de los esperado (50% y 50%), para la talla de madurez sexual en hembras de 41 a 60 mm, mientras que para los machos fueron de 81 a 100

mm con una fecundidad promedio de 1077.2 óvulos por hembras concluyendo que los datos recabados son de utilidad para herramientas fundamentales en su manejo.

Arévalo (2018), Describe la morfología del sistema digestivo de *T. candalarius* (branquiocráneo, esófago, estómago e intestino) mediante técnica de descarnado manual; además describe los componentes de la alimentación por métodos de disección, encontrando una dieta carnívora preferente en insectos encontrando una alta cantidad de ingesta de insectos (7 de 9 componentes encontrados), la organización general del sistema digestivo de *T. candalarius* corresponden al patrón morfológico general de los teleósteos y en particular de los Cyprinodontiformes y desde un punto de vista taxonómico encontrándose diferencias de la musculatura visceral, esqueleto y órganos internos entre las especies *T.candalarius* y *T.hildebrandi*.

Velázquez- Velázquez et al. (2007) explican rasgos de Abundancia, distribución y aspectos de la biología reproductiva y alimenticia de *Profundulus hildebrandi*, pez endémico de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, destacando la talla promedio a la cual alcanzan la madurez sexual es a los 51.71 mm de longitud patrón, en el cual han alcanzado un peso promedio de 4.15 gr. La fecundidad es de 116.82 óvulos maduros (por gramo de peso de la gónada). La proporción de sexos es de 0.45 (hembras: machos), la cual es muy cercano a 1:1 (un macho por cada hembra). La población está compuesta predominantemente por juveniles y adultos.

También se han abordado estudios referentes a los helmintos parásitos, en la familia Profundulidae han sido documentados por Salgado *et al.* (2014), quienes registran los helmintos intestinales parásitos. El estudio se realizó en Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Guatemala, El Salvador y Honduras. Se documentaron tres especies de helmintos específicos de la familia Profundulidae un digénido *Profundulusi paracreptotrema* y los nematodos *Spinitectus humbertoi* y *S. salgadoi* así como *Rhabdochona*. Con lo cual confirman que estas especies se distribuyen únicamente en la familia Profundulidae y dentro del rango geográfico de esta familia de peces. Pinacho *et al.* (2015) documentaron

la fauna de helmintos parásitos de los peces de la familia Profundulidae, registrando 20 especies nominales, clasificadas en 17 géneros y 14 familias.

El análisis de las historias de vida puede ayudar a comprender cómo el uso del suelo y el cambio climático, pueden afectar a las poblaciones de peces de agua dulce. Frente al cambio ambiental inducido por el hombre, se requieren datos biológicos básicos, principalmente para las especies amenazadas por los impactos de las actividades humanas, para diseñar y ejecutar estrategias adecuadas para la conservación de las especies y sus hábitats.

IV. OBJETIVOS

4. 1 Objetivo general

- Evaluar los aspectos reproductivos e índices somáticos de *Tlaloc candalarius*, en la Cuenca del río San Vicente, Tzimol, Chiapas, México.

4. 2 Objetivos particulares

- Determinar los índices somáticos mediante la relación peso-talla y el factor de condición de *Tlaloc candalarius*.
- Evaluar la proporción sexual, fecundidad e índice gonadosomático en *Tlaloc candalarius*
- Estimar la talla de primera madurez sexual (L_{50}) en *Tlaloc candalarius*.

V. ZONA DE ESTUDIO

5.1 Localización geográfica

Tzimol significa, en náhuatl “Perro viejo”. Se localiza en la Depresión Central, de Chiapas; presentando un relieve semiplano en su mayoría, con algunas montañas al norte, sus coordenadas geográficas son al norte $16^{\circ} 17'$ de latitud norte; al sur $15^{\circ} 56'$ de latitud; al este $92^{\circ} 08'$ de longitud oeste; al oeste $92^{\circ} 21'$ de longitud. El municipio de Tzimol tiene un total de 95 localidades, las principales y su población en 2020 son las que a continuación se enlistan: San Vicente de la Mesilla, Ochusjob, Héroes de Chapultepec (El Limón), Francisco Villa, Nueva Libertad, Doctor Manuel Velasco Suarez, Felipe Ángeles y Guadalupe Victoria (Figura 7).

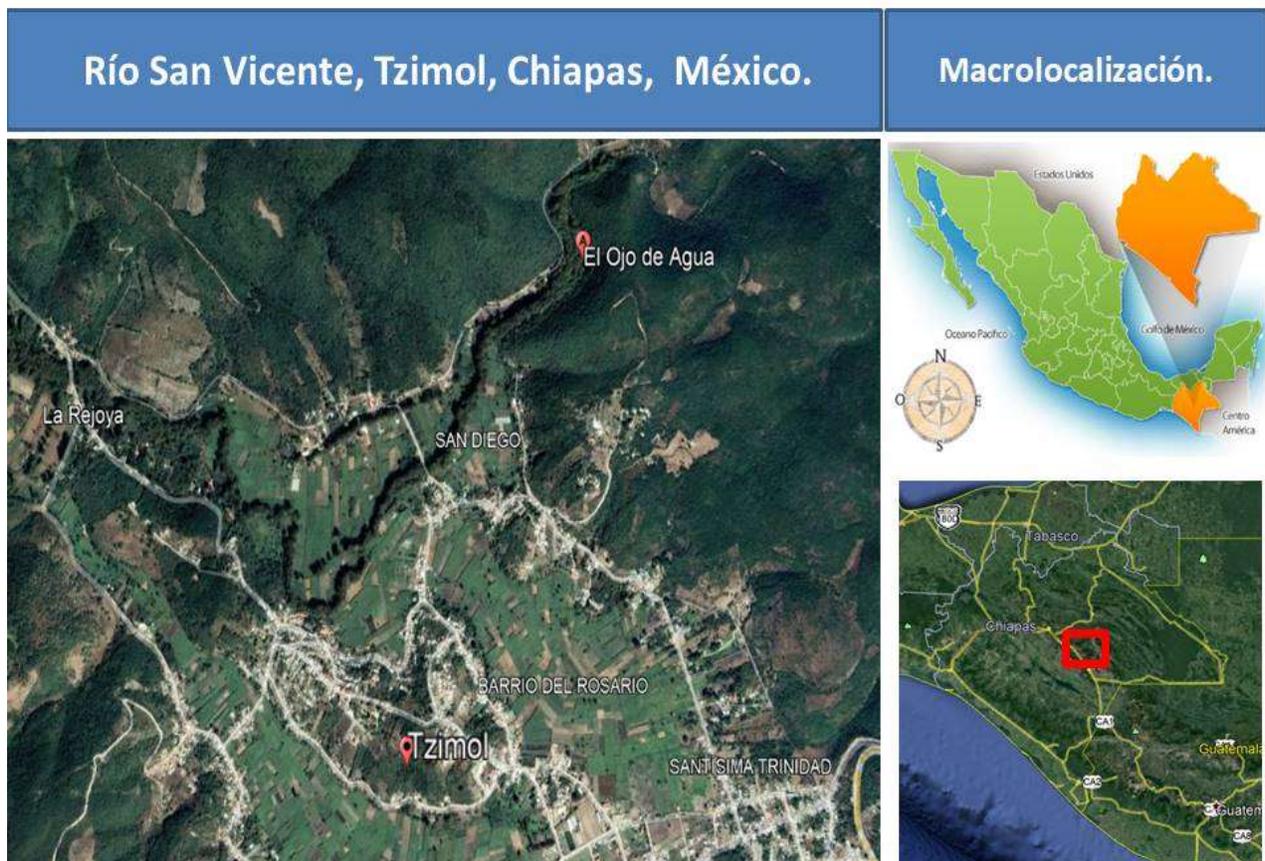


Figura 7. Localidad de muestreo de *T. candalarius*, en el Río San Vicente, municipio de Tzimol, Chiapas.

5.2 Hidrografía

La red hidrológica se integra por el alto Grijalva, cuyo principal afluente en territorio de Tzimol es el río San Vicente, completando este renglón la Laguna Esquel. El extremo sur del municipio está ocupado por el embalse de la presa la Belisario Domínguez, también conocida como la Angostura. Limita al norte y este con el municipio de Comitán de Domínguez, al sureste con La Trinitaria (CPALACHO, s.d.)

5.3 Flora

En este sitio se puede observar una gran variedad de especies de orquídeas, bromelias, árboles de sabino, árboles palomillos, chicozapote, cedro y caoba.

5.4 Fauna

Dentro de la fauna silvestre existente que se puede encontrar en la zona se pueden encontrar: iguanas, conejos, armadillos, serpientes y diversas aves.

5.5 Topografía

La topografía en un radio de 3 kilómetros de Tzimol tiene variaciones muy grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 435 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 1,435 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones muy grandes de altitud (1,492 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (3,008 metros).

El área en un radio de 3 kilómetros de Tzimol está cubierta de tierra de cultivo (45 %), arbustos (33 %) y árboles (22 %), en un radio de 16 kilómetros de tierra de cultivo (62 %) y arbustos (19 %) y en un radio de 80 kilómetros de tierra de cultivo (47 %) y árboles (40 %).

5.6 Clima

En Tzimol, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es mayormente despejada y es caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 11 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 8 °C o sube a más de 34 °C.

La temporada calurosa dura 1.9 meses, del 18 de marzo al 15 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 30 °C. El mes más cálido del año en Tzimol es abril, con una temperatura máxima promedio de 31 °C y mínima de 15 °C.

La temporada fresca dura 4.2 meses, del 22 de septiembre al 29 de enero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 26 °C. El mes más frío del año en Tzimol es enero, con una temperatura mínima promedio de 11 °C y máxima de 26 °C.

5.7 Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Tzimol varía muy considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 5.1 meses, de 15 de mayo a 19 de octubre, con una probabilidad de más del 42 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Tzimol es septiembre, con un promedio de 23.0 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 6.9 meses, del 19 de octubre al 15 de mayo. El mes con menos días mojados en Tzimol es febrero, con un promedio de 1.5 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

5.8 Zona turística

El Ojo de Agua.

Es en este lugar donde nace el Río San Vicente de Tzimol, río que da vida a las famosas Cascadas el Chiflón o Velo de Novia, a las cascadas Las Tres Tzimoleras y otras cascadas ocultas (Figura 8 y 9).



Figura 8. Ojo de agua, nacimiento del río San Vicente, ubicado en el municipio de Tzimol, Chiapas.



Fig. 9. Corriente principal del río, después del Ojo de agua, cerca del nacimiento del río San Vicente, municipio de Tzimol, Chiapas.

El Chiflón

El Centro Ecoturístico Cadena de Cascadas El Chiflón, se encuentra ubicado en el Ejido San Cristobalito, Municipio de Tzimol, Chiapas, México. En este parque podrá disfrutar y convivir en medio de la naturaleza observando en detalle su flora y fauna, en un recorrido de 1268 metros su atracción más impresionante de Chiapas por su altura, cuya caída escalonada alcanza alrededor de 120 mts. El río San Vicente da origen a una serie de cascadas que reciben los nombres de: El Suspiro, Ala de Ángel y Velo de Novia, además de formar albercas naturales de aguas de intenso color azul turquesa, enmarcadas con una vasta vegetación que forma una cortina arbórea y paisajes (Figura 10).



Figura 10. El Centro Ecoturístico Cadena de Cascadas El Chiflón, ubicado en el Ejido San Cristobalito, Municipio de Tzimol, Chiapas, México. Imagen senda maya (Internet).

VI. MÉTODO

6. 1 Trabajo de campo

Los ejemplares fueron capturados en seis muestreos realizados en un periodo que abarcó el mes de septiembre 2019 a marzo 2021. Para obtener los peces se empleó el uso de una red tipo chinchorro (tres metros de largo por dos de ancho y 0.5 cm de luz malla) (Figura 11); durante un tiempo de 30 minutos, abarcando una distancia de 150 metros.

Los organismos capturados fueron fijados en formalina al 10% para posteriormente ser analizados en el Museo de Zoología del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH. Para cada muestreo se realizó una hoja de datos de la localidad, fecha y nombre de colector.



Figura 11. Técnica de captura, con la red tipo chinchorro, utilizada para la captura de los ejemplares de *T. candalarius*.

6.2 Trabajo de laboratorio

Los peces colectados fueron llevados al Museo de Zoología del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH, para etiquetarlos y conservados en frascos con alcohol al 70%, previamente lavados, eliminando restos de sustratos (algas, tierra, etc.) para cuantificar el número de ejemplares colectados por cada muestreo (Figura 12)

Los ejemplares fueron analizados para evaluar los aspectos reproductivos; con ayuda de un calibrador vernier fueron medidos para la determinación de su longitud estándar (LE) en mm y luego expresado en cm, para determinar el peso (W) se utilizó una balanza analítica expresada en gramos; además cada ejemplar fue sexado; en machos por la coloración anaranjado de los extremos de las aletas dorsales con una serie de puntos negros, al contrario que de las hembras no presentan esa coloración característica, para ratificar estas diferencias sexuales se observaron las gónadas de los ejemplares.



Figura 12. Registro de los datos morfométricos de los peces.

Para la extracción de la gónada se utilizó un estuche disección haciendo un corte horizontal desde la base de la aleta anal hasta las aberturas branquiales del pez, para obtener el tracto digestivo completo, posteriormente se separó la gónada para obtener el peso y la fecundidad.

6.2.1 Ciclo reproductivo: Madurez gonádica

El sexo y la madurez gonadal de los peces se determinan por medio de la escala morfocromática de Brown-Peterson *et al.* (2011), que se basa en el color y en la forma de la gónada esta consta de cinco estadios de maduración gonádica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadios de madurez gonadal, basada en la escala morfocromática de Brown-Peterson.

ESTADIO	
Estadio I	Inmaduro (nunca desovado, crecimiento gonadal primario).
Estadio II	En desarrollo (desarrollo gonadal y aumento de tamaño)
Estadio III	Capacidad de desove (gametos desarrollados, capaz de desovar).
Estadio IV	Regresión (cese del desove)
Estadio V	Regeneración (fin del ciclo reproductivo, maduros reproductivamente inactivos; Atresia).

6.3 Análisis estadístico

Los índices somáticos (Wr and K); fueron analizados mediante análisis estadísticos Paramétricos (Anova), antes de ello se verificaron los supuestos de Normalidad y homocedasticidad de varianzas, si alguno de los supuestos no se cumplió, los índices somáticos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se estimaron los intervalos de confianza (95%CI) para a y b en la LWR, así como la significancia estadística para el coeficiente de determinación (r^2) (Zar, 1999).

6.3.1 El índice Gonadosomático (IGS)

Para determinar el IGS se obtuvieron los datos siguientes: peso total corporal del organismo en gramos (Wt) antes de extraer la gónada, y el peso de la gónada (Wg) de acuerdo con esta ecuación propuesta por la formula siguiente (Vazzoler, 1996):

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

Donde:

Wg: peso gónadas en gramos,

Wt: peso del pez en gramos.

6.3.2 Talla de primera madurez sexual (L₅₀):

La determinación de la talla de primera madurez se basa en la longitud media en la que el 50% de los individuos alcanzan la madures (L₅₀); se estimó para cada sexo de acuerdo con Roa *et al.* (1999), que alcanzaron las fases de desarrollo: III, IV y V; se evaluaron cualitativamente las gónadas; color, forma, tamaño, textura y el estadio de madurez sexual de los organismos.

$$PL = \frac{1}{1 + \exp - (A + B * L)}$$

PL= proporción de individuos que están maduros

A y B = son parámetros del modelo

L= es la longitud patrón

6.3.3 Proporción sexual: Relación entre número de Hembras vs Machos.

Relación teórica esperada de una proporción de 1: 1 (macho: hembra). Con el propósito de determinar si existen diferencias significativas entre la población estudiada (observada), se utilizó la prueba de chi-cuadrada (X^2).

Dimorfismo sexual: caracterización del dimorfismo sexual secundario: tamaño corporal (talla promedio), forma y coloración de la aletas anal y dorsal, tubérculos reproductivos (protuberancias queratinizadas) en aleta anal.

6.3.4 Factor de condición de Fulton (K):

Para determinar el grado de bienestar en los organismos desde la etapa de desarrollo gonadal se utilizó el Factor de Condición (K) descrita por Fulton (1904) modificado por (Froese, 2006).

$$K = \frac{Wt}{L^3} \times 100$$

Donde:

K= Factor de condición de Fulton

Wt = peso total del organismo (g)

L= longitud total del pez (cm), elevada al cubo;

100 = Se utiliza para llevar a K a la próxima unidad.

6.3.5 Fecundidad:

Fecundidad absoluta: número de ovocitos por hembra (Niklitchek y Aedo, 2002).

Fecundidad relativa: número de ovocitos por gr de peso

Regresión lineal entre la fecundidad-longitud estándar y la fecundidad-peso total.

Modelo lineal: $Y = a + b \cdot X$

Dónde:

Y= fecundidad

a= ordenada al origen,

b= pendiente de la recta,

x= valor que asume la variable independiente (talla/peso)

6.3.6 Tipo de crecimiento:

Crecimiento somático en peces:

Isométrico: La forma relativa del cuerpo se mantiene constante durante su crecimiento.

Allométrico: (+ o -) La forma relativa del cuerpo varía durante su crecimiento.

6.3.7 Relación Peso-Talla:

El análisis se realizó mediante una regresión potencial (Froese, 2006), los datos de longitud y peso se analizaron mediante linealización a través de logaritmos naturales, y posteriormente se aplicó un análisis de regresión lineal (ecuación 1) y su resolución por mínimos cuadrados para obtener el valor de a y b . La relación longitud-peso esta descrita por el siguiente modelo potencial.

$$W = aL^b$$

De donde:

W: es el peso total en gramos

L: la longitud patrón en cm

a y b son los parámetros del modelo.

VII. RESULTADOS

7.1 Abundancia

Se analizaron 188 organismos de *T. candalarius*, correspondientes a seis muestreos, en un periodo comprendido de septiembre de 2019 a marzo de 2021, en la subcuenca del rio san Vicente, Tzimol-Ojo de agua. El muestreo con mayor abundancia relativa se presentó en el mes de septiembre de 2019 (M1), con 60 organismos, el menor valor de abundancia se presentó en el mes de enero de 2021 (M4), con 14 individuos. Mientras que en los meses de noviembre 2019 (M2) se obtuvieron 37 ejemplares, en febrero de 2020 (M3) fueron 23, febrero 2021 (M5) con 33 y en el mes de marzo 2021 (M6) se presentaron 21 organismos (Figura 13). El promedio total para el periodo de muestreo corresponde a 31.33 (D.E.= 16.32).

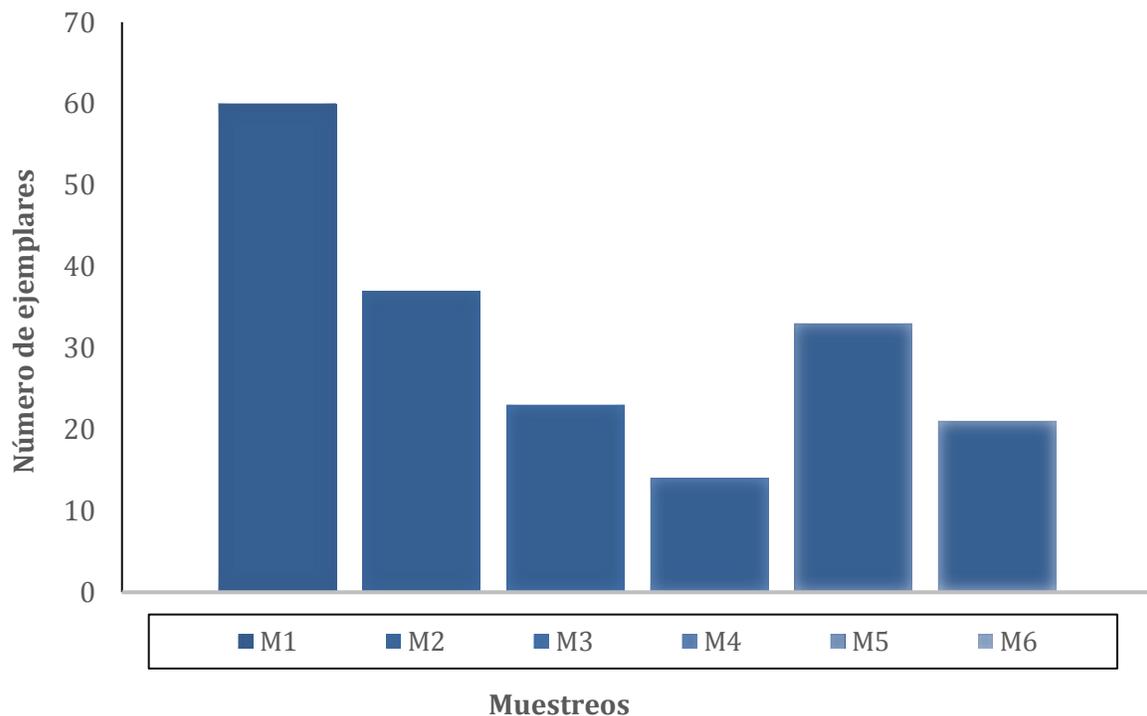


Figura 13. Abundancia relativa de *T.candalarius* en el periodo septiembre 2019 a marzo 2021.

El total de los organismos recolectados fueron 117 machos, 48 hembras y 23 no determinados (ND) de lo cual se observó que la abundancia de hembras es menor.

En el primer muestreo correspondiente a septiembre de 2019 se presentó el mayor número de individuos machos (38), mientras que el menor fue en el mes de enero 2021 con 13 ejemplares machos. En las hembras el mes con más abundancia fue septiembre y noviembre con 22 correspondientes al muestreo 1 y 2, mientras que el menor se presentaron en los meses de enero (M4) y marzo (M3) con un solo ejemplar (Figura 14).

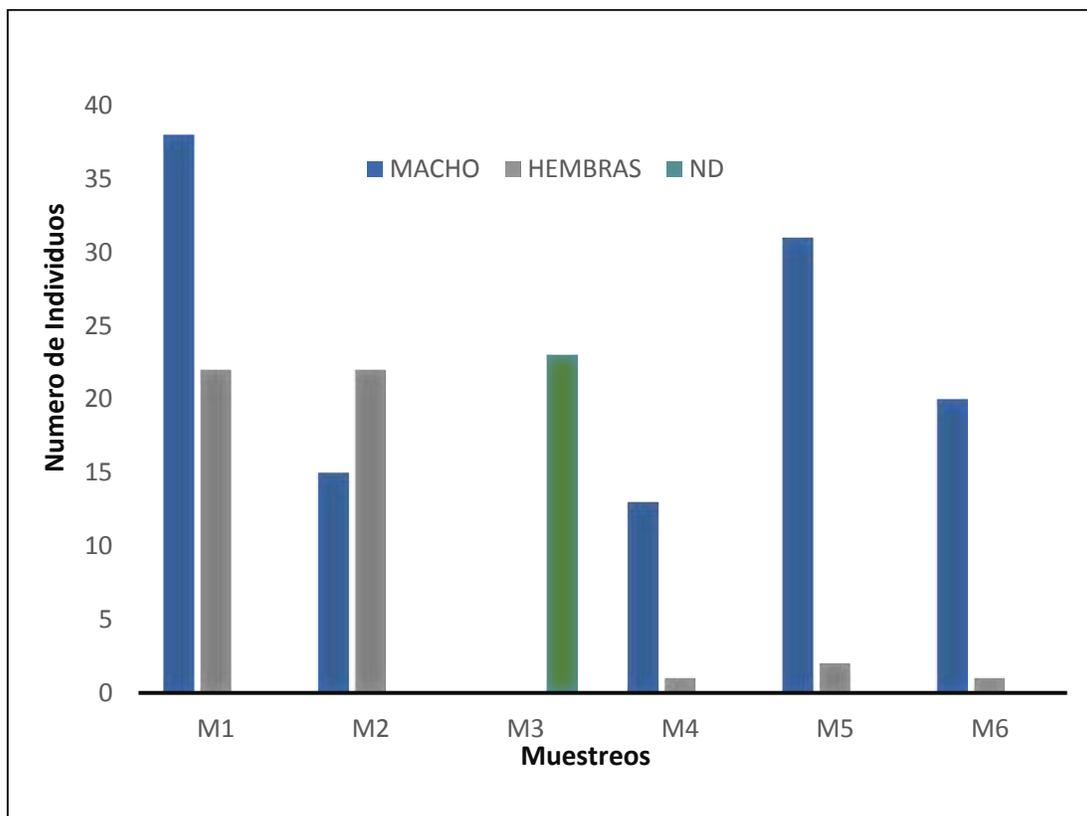


Figura 14. Proporción de sexos de *T.candalarius*, Macho, Hembra y ND (no determinado).

7.2 Relación Longitud-peso

El valor de longitud estándar más alto en machos se presentó en el mes de septiembre de 2019, con un individuo de 88.10 mm de longitud estándar y 18.4 gramos de peso y un valor mínimo de longitud estándar fue de 14.74 mm con un peso de 0.05 presentado en el mes de marzo 2021. En las hembras el valor máximo de longitud estándar fue de 79.86 mm y con peso de 11.38 gramo y el valor mínimo de longitud estándar en las hembras fue de 32.11 mm con un peso de 0.73 gramos.

Se demostró un grado de asociación muy fuerte en la relación entre la longitud estándar y el peso de los ejemplares de *T. candalarius* ($r^2= 0.98$), (Figura 15), ese mismo valor se presentó en los análisis de hembras y machos de manera independiente (Figura 16 y 17). Los valores del coeficiente de crecimiento b nos muestra un desarrollo alométrico positivo con un valor $b=3.165$ (límite inferior $LL(b)=3.106$ y límite superior $UL(b)=3.225$); mientras en machos se obtuvo el valor $b=3.176$ ($LL(b)= 3.099$ y $UL(b)= 3.253$), demostrando un tipo de crecimiento alométrico positivo y en las hembras presentan un valor de $b= 2.972$ ($LL(b)= 2.852$ y $UL(b)= 3.092$) lo que se determina un crecimiento isométrico. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de relación longitud-peso.

Sexo	n	Min	Max	a	LL(a)	UL(a)	b	LL(b)	UL(b)	r ²
Hembras y Machos	188	1.5	8.8	0.017	0.016	0.019	3.165	3.106	3.225	0.9834
Hembra	48	3.2	8	0.025	0.021	0.031	2.972	2.852	3.092	0.9818
Macho	117	1.5	8.8	0.017	0.015	0.019	3.176	3.099	3.253	0.9832

N= número de individuos; Min. y Max.= longitud estándar mínima y máxima (cm); a y b= parámetros de relación longitud peso; LL (a) , UL(a), LL(b), UL(b)= límite de confianza 95 % inferior y superior de a y b, respectivamente; r²= coeficiente de determinación.

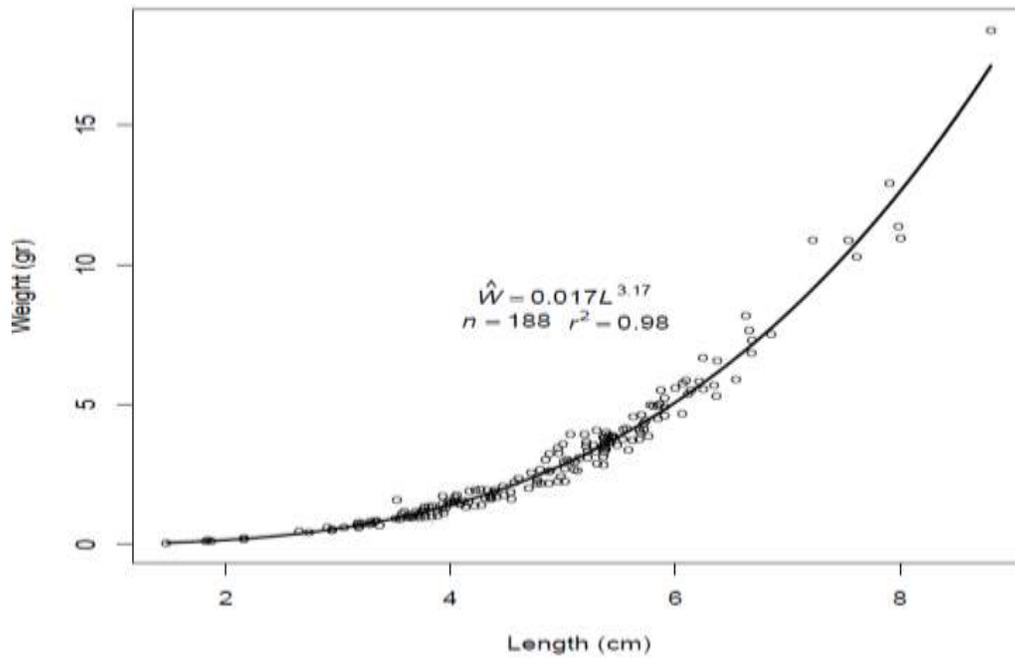


Figura 15. Relación longitud- peso de machos y hembras de la especie *Tlaloc candalarius* de Tzimol, Chiapas

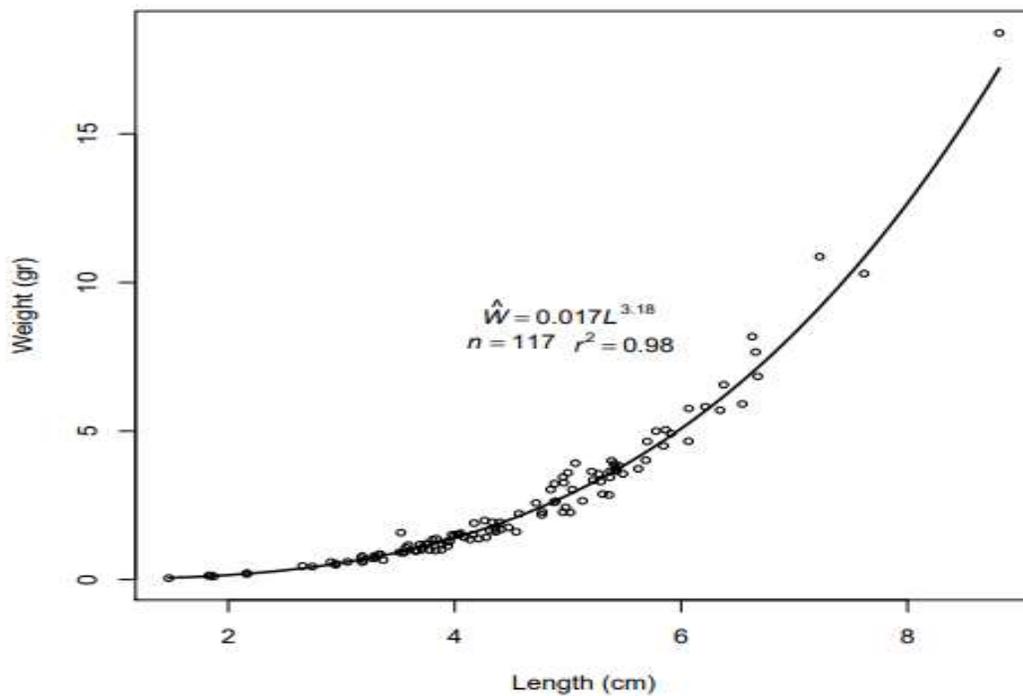


Figura 16. Relación Longitud-Peso en machos de la especie *Tlaloc candalarius*.

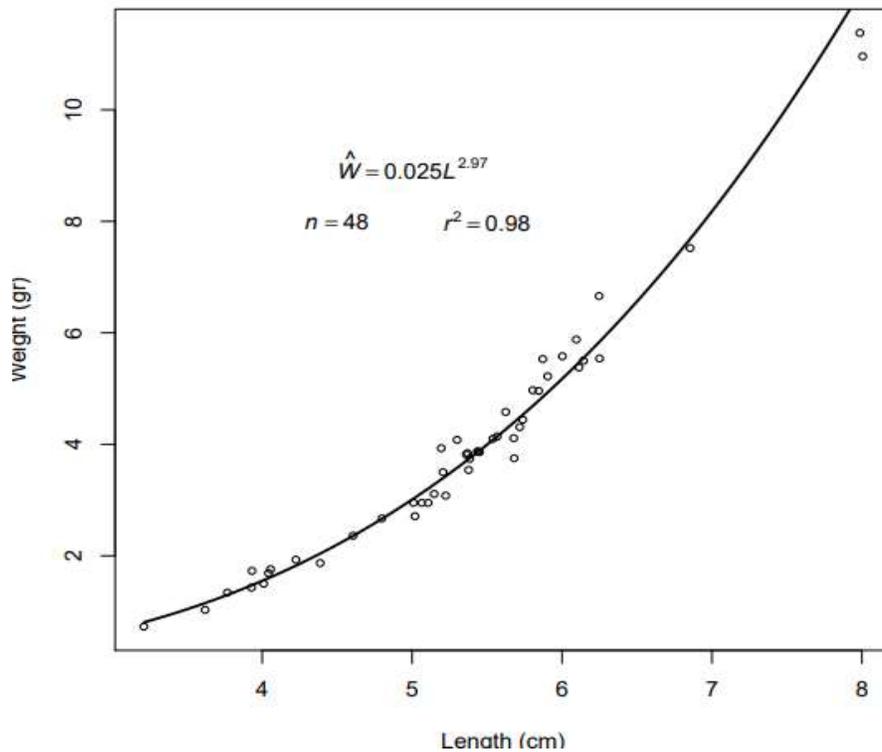


Figura 17. Relación Longitud-Peso en hembras de la especie *Tlaloc candalarius*.

7.3 Factor de condición Fulton (K)

Se registró el valor medio más alto de factor de condición de *T. candalarius*, en las hembras, con 2.41 (D.E.= 0.1843), mientras que los machos presentaron el valor medio de 2.23 (D.E.= 0.3138). El valor medio que contempló ambos sexos fue de 2.26 (D.E.= 0.2875) (figura 18). Se presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los sexos de *T. candalarius* ($t= 4.4329$ $p<0.001$).

El valor medio más alto de factor de condición determinado por temporadas se presentó con 2.41 (D.E.= 0.2108) en la temporada de lluvia comprendido en el mes de septiembre, mientras que en la temporada de estiaje obtuvo un promedio de 2.19 (D.E.= 0.2920) (Figura 19) en los meses de noviembre-marzo. Se obtuvo diferencias significativas al comparar las temporadas (estiaje-lluvias) de la especie *T.candalarius*, ($t= 9.6192$, $p < 0.001$).

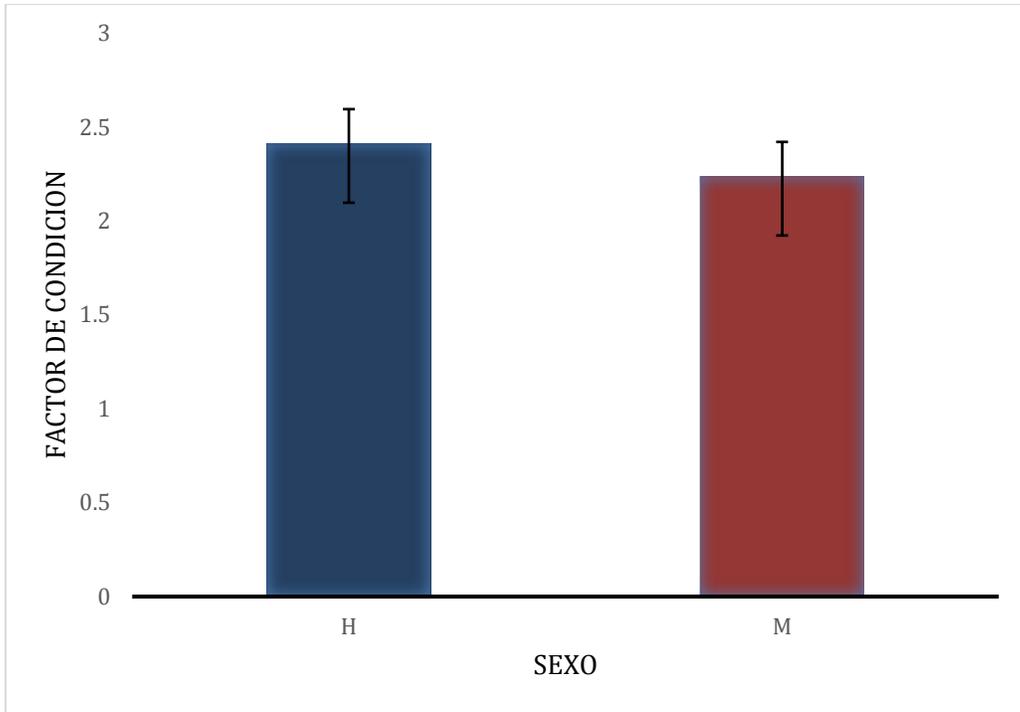


Figura 18. Factor de condición K en hembras y machos de la especie *T. candalarius*

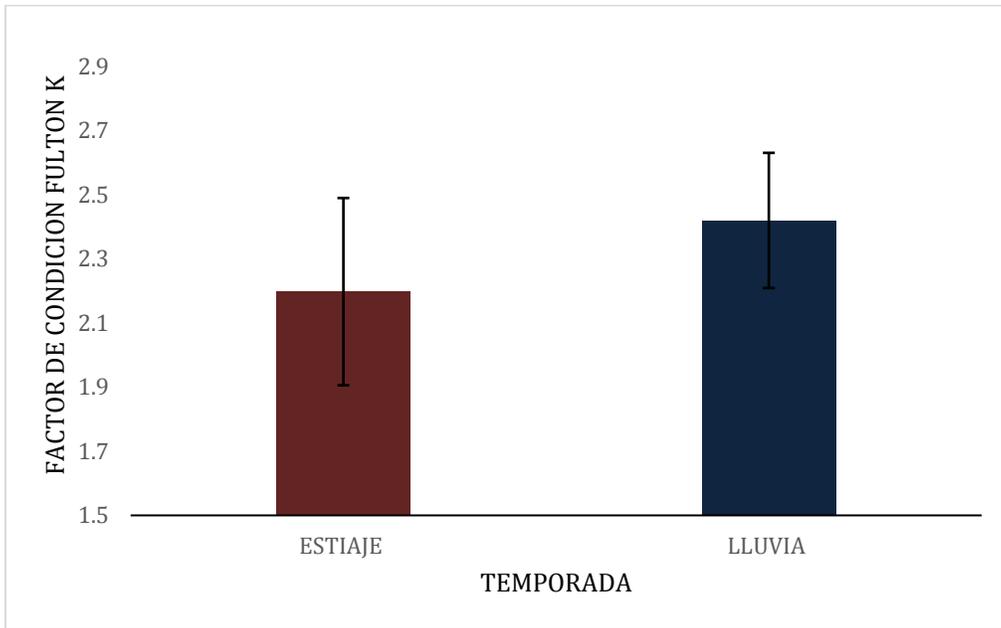


Figura 19. Factor de condición por temporada (Lluvia y Estiaje) de la especie *T. candalarius*

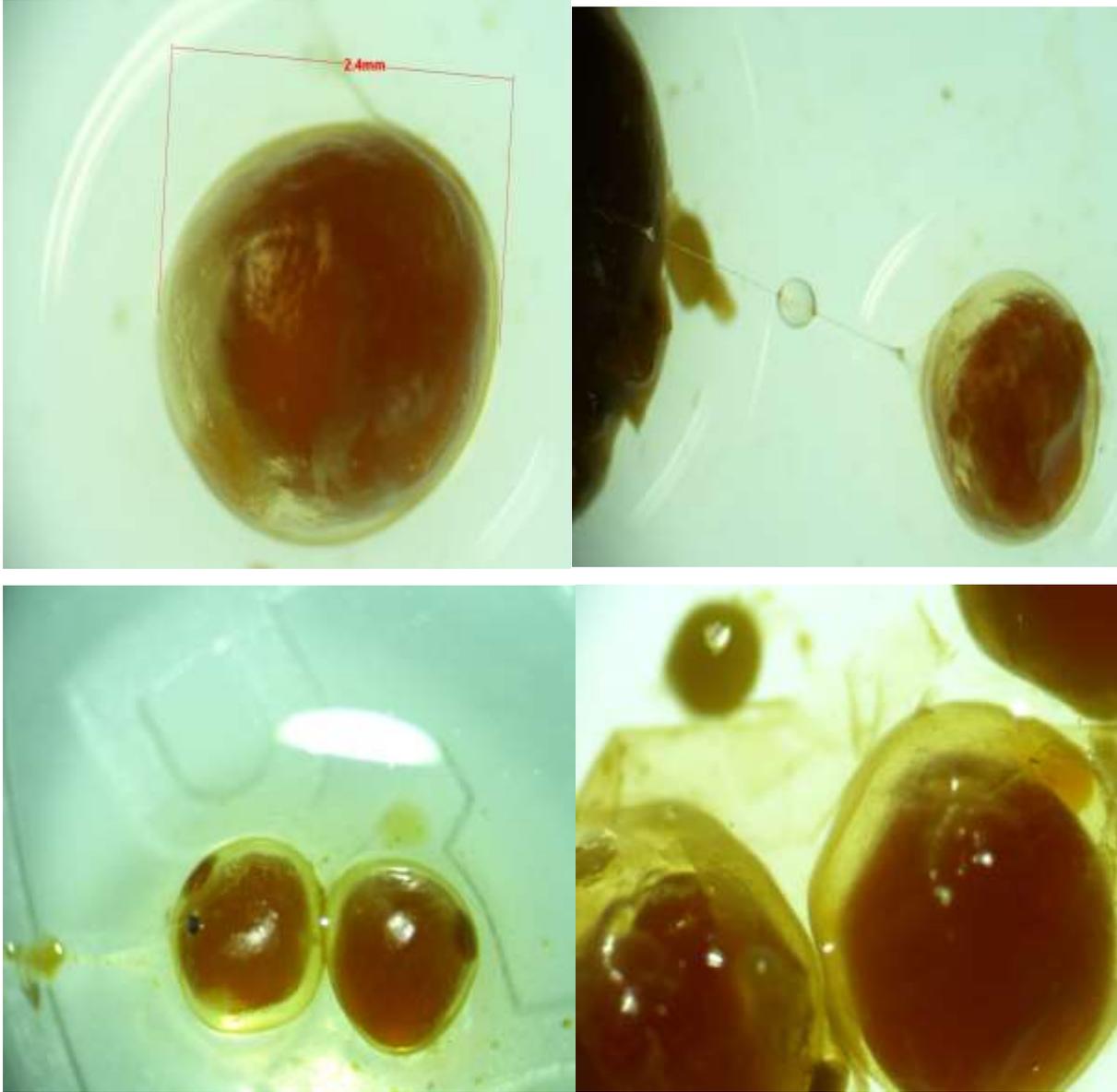
7.4 Fecundidad

Se estimó la fecundidad absoluta de *Tlaloc candalarius* con valor promedio de 344.36 (E.ETS= Error estándar: 19.49) correspondientes a 44 hembras. El valor mínimo de fecundidad absoluta fue de 82 ovocitos presentado en un ejemplar en el mes de septiembre de 2019 (M1), con un peso de 1.73 gr y longitud estándar de 39.32 mm. El valor máximo de fecundidad absoluta fue de 605 ovocitos correspondiente al ejemplar del mes de noviembre de 2019 (M2) con un peso de 3.75 gr y longitud estándar de 56.81 mm.

El valor medio de la fecundidad relativa fue de 99.19 ovocitos por gramo de hembra, registrando un valor mínimo de 41.24 ovocitos por gramo de hembra, mientras que el máximo fue de 235.07 ovocitos por gramo de hembra.

Los ovocitos presentaron un diámetro promedio de 1.42 mm (E.ETS: 0.20), con un valor mínimo de 0.7 mm y un valor máximo de 2.5 mm (Figura 20).

La relación entre la longitud estándar y fecundidad presentó el modelo $F=8.5158LP-109.3$, con un valor de correlación $r=0.643$ ($r^2=0.4135$) (Figura 21), mientras que en la relación peso y fecundidad se obtuvo el modelo $F=33.99W+209.17$, obteniendo un valor de correlación de 0.57 ($r^2=0.3305$) (Figura 22), demostrando en ambas un valor de asociación estrecha con la fecundidad.



Figuras 20. Diámetro de ovocitos de la especie *Tlaloc candalarius*.

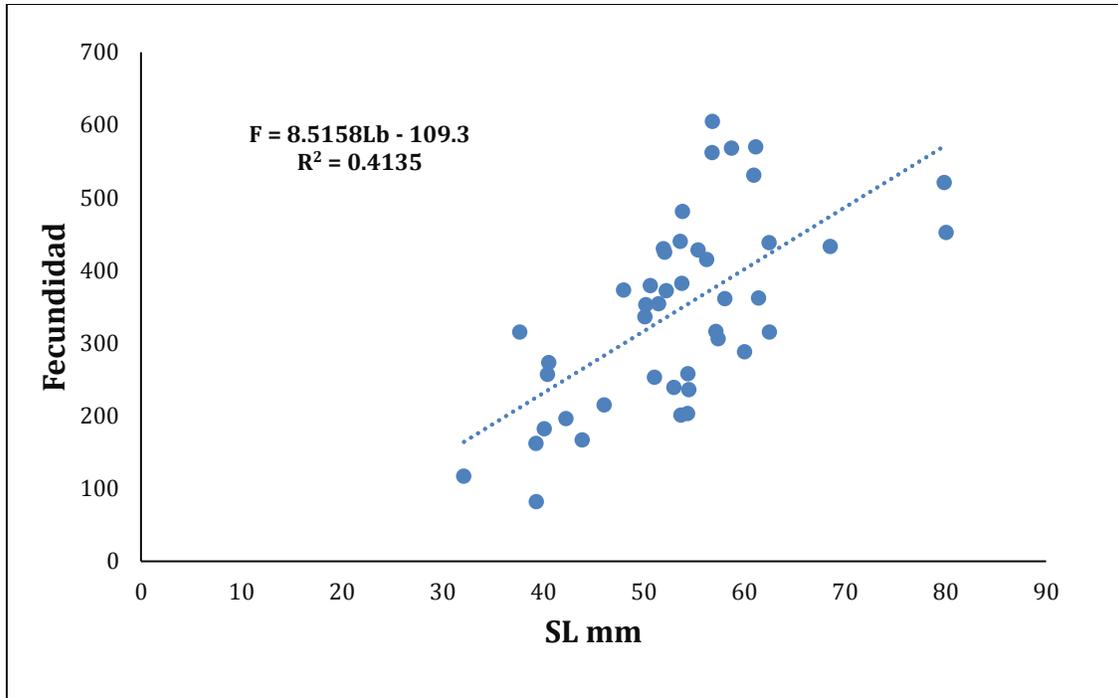


Figura 21. Relación fecundidad-longitud en 44 ejemplares hembras de *Tlaloc candalarius*

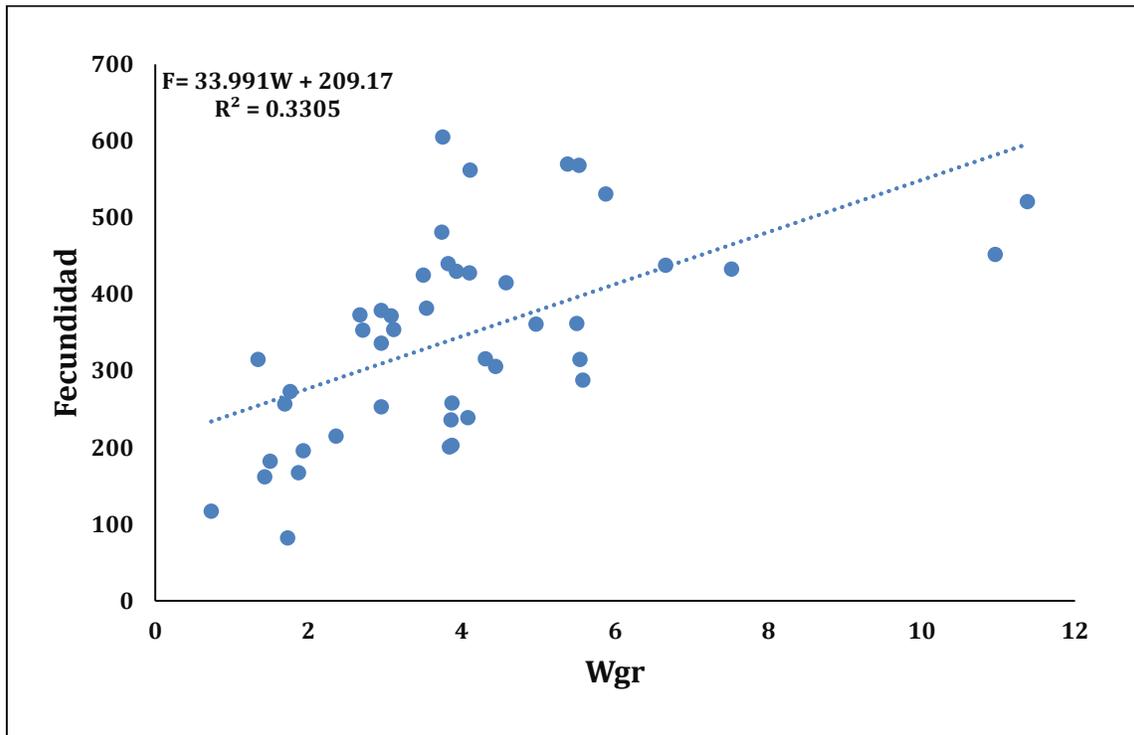


Figura 22. Relación fecundidad-peso en 44 ejemplares hembras de *Tlaloc candalarius*

7.5 Proporción de sexos

Se obtuvo un total de 117 machos y 48 hembras (1:0.41), la relación se aleja significativamente de la proporción esperada de un macho por una hembra (1:1, $\chi^2 = 14,225$, $p = 0,00016722$, $G1=1$).

7.6 Ciclo reproductivo: madurez gonádica

Se analizaron 90 ejemplares, 60 se encontraban en el estadio I: 4 hembras y 54 machos (Figura 23); 41 organismos en el estadio II: 5 hembras y 36 machos (Figura 24); 35 ejemplares hembras en el estadio III (Figura 25).



Figura 23. Ovocitos en Estadio I de *Tlaloc candalarius* (Hembra).



Figura 24. Ovocitos en Estadio II de *Tlaloc candalarius* (Hembra)

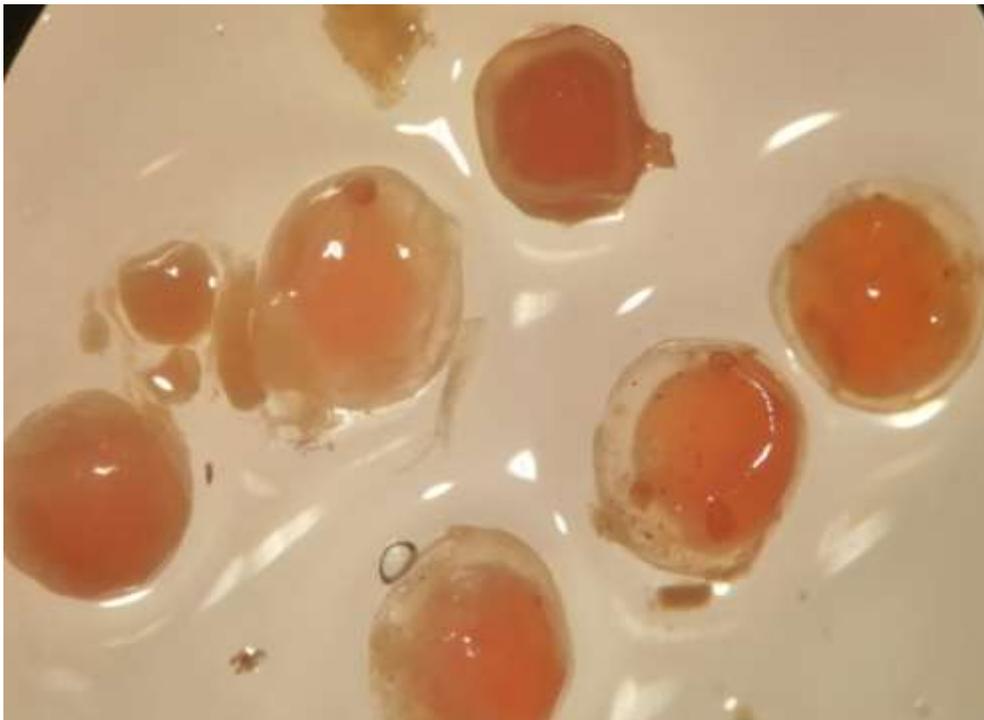


Figura 25. Ovocitos en Estadio III de *Tlaloc candalarius* (Hembra)

7.7 Índice Gonosomático

El promedio general del índice gonosomático (IGS) de 44 hembras de *T. candalarius* fue de 4.24 (D.E=1.77). El valor promedio de IGS en la temporada de lluvias fue de 3.73 (D.E.1.35), con un valor mínimo de 1.05 y un valor máximo de 6.25, mientras que en la temporada de estiaje el valor promedio fue de 4.59, con un valor mínimo de 0.56 y un valor máximo de 9.8. los valores del IGS de temporada no demostraron una diferencia estadísticamente significativa ($t = -1.4514$, $p = 0.15$) (Figura 26).

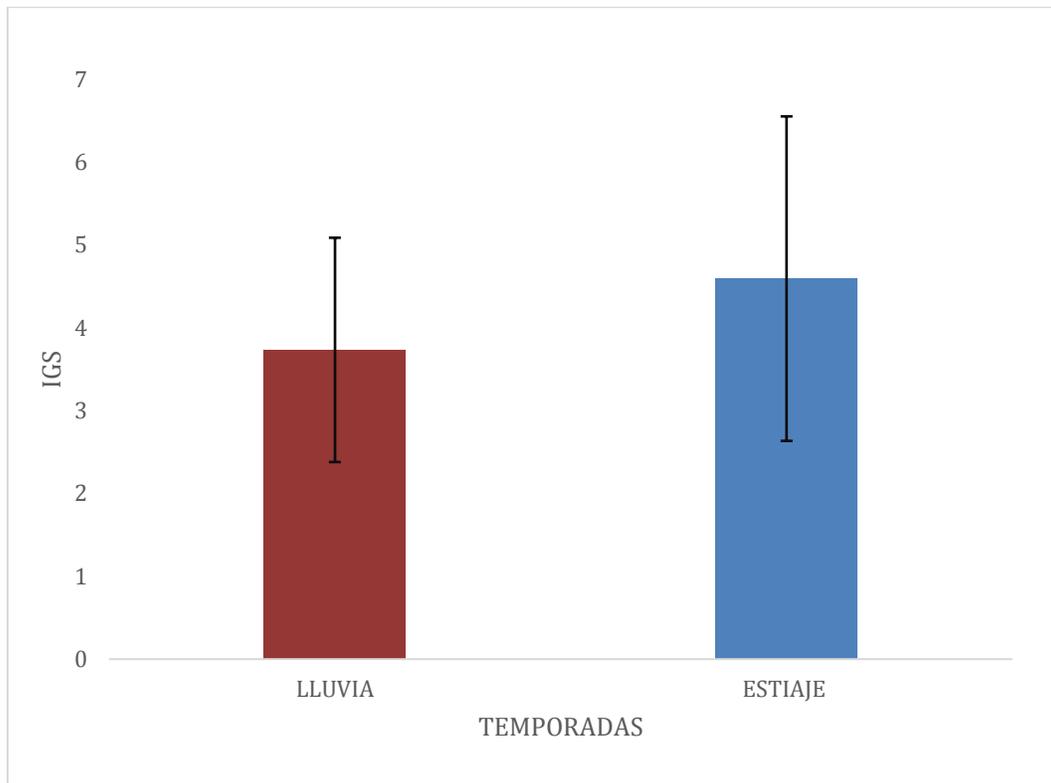


Figura 26. Índice gonosomático determinado en temporadas de lluvia y estiaje de *T.candalarius*.

7.8 Talla de la primera madurez sexual

La talla de la primera madurez sexual (L_{50}) de 136 ejemplares (44 hembras y 92 machos) fue de 58.6 mm, con intervalos confianza de 54.1- 66.1 mm, los parámetros registrados: $a = -7.0665$, $b = 0.1207$ y $r^2 = 0.36$ (Figura 27).

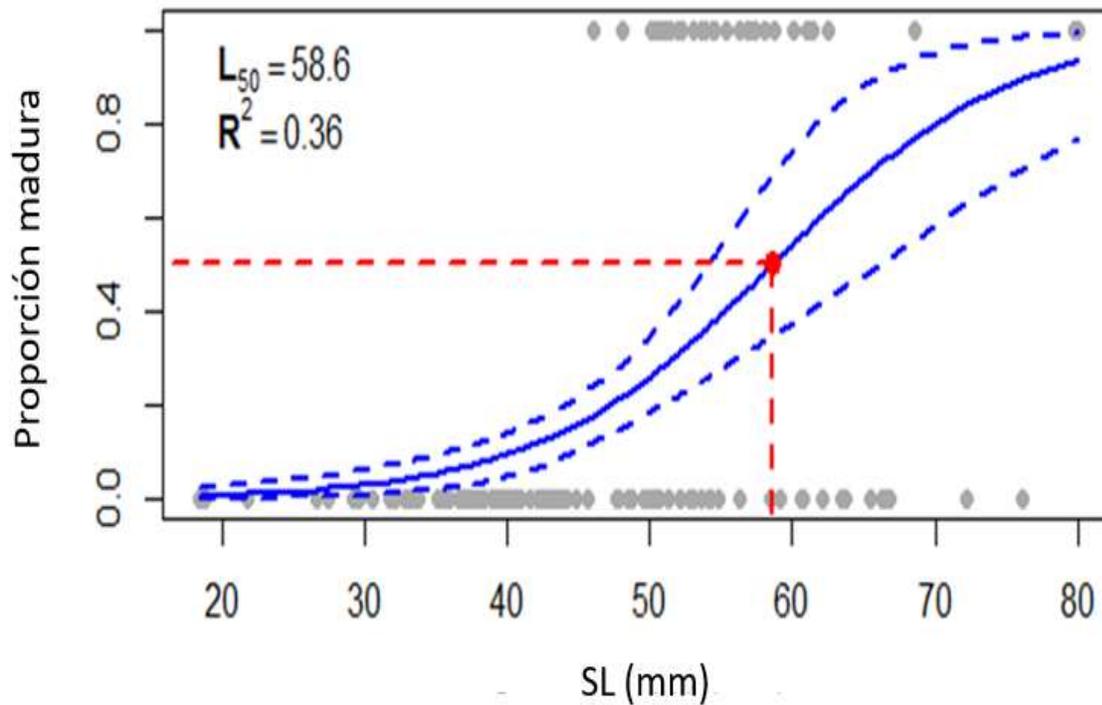


Figura 27. Talla de primera madurez sexual de *T. candalarius*.

VIII. DISCUSIÓN

Las capturas de ejemplares de *T. candalarius*, registraron una mayor abundancia relativa en la temporada de estiaje con 128 ejemplares, que en la temporada de lluvias estas diferencias observadas pueden estar asociadas a las variaciones en los factores ambientales y ecológicos (Kwon *et al.*, 2012).

8.1 Relación Longitud–Peso

La relación longitud-peso, es uno de los descriptores de gran interés en la biología de poblaciones de peces, ya que aportan información fundamental sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción (Cifuentes *et al.*, 2012), en este estudio se encontró una fuerte asociación entre las variables longitud y peso, las cuales fueron explicadas por el modelo de regresión potencial.

El parámetro b (>3) en la ecuación potencial nos arrojó un tipo de crecimiento alométrico positivo para ambos sexos, lo que significa más ganancia en peso en comparación a longitud (Froese, 2006); estos resultados son importantes porque se pueden comparar con otras poblaciones. Arismendi *et al.* (2011), sugieren que dichos estudios permiten efectuar análisis comparativos interpoblacionales. Al comparar el tipo de crecimiento entre los sexos de *T. candalarius* se presentaron diferencias significativas. Las hembras tendieron a crecer de manera isométrica (crecimiento proporcional entre el peso y la talla) y los machos tuvieron un crecimiento de tipo alométrico positivo teniendo una mayor ganancia en peso que en talla. Estos resultados contrastan con lo registrado, la mayoría de los peces ($>90\%$), los cuales poseen un crecimiento isométrico (Carlander 1969, Froese 2006) demostrando una tendencia general, aunque las especie que presentan valores fueran de este rango se deben a que se encuentran afectados por muchos factores, incluyendo el hábitat, estacionalidad, sexo, dieta, tipo y tiempo de preservación, etc. (Froese 2006; Karachle & Stergiou, 2008, Oliveira *et al.*, 2012, Anzueto-Calvo *et al.* 2017). Los datos difieren con lo reportado para *T. labialis* (Valeriano

2022, en prensa) quien registra que en esta especie con un tipo de crecimiento alométrico positivo en hembras y alométrico negativo en machos, a comparación de lo mencionado por Anzueto-Calvo *et al.* (2022) para *T. hildebrand* que presenta un crecimiento isométrico ($b=3$).

8.2 Factor de condición

El factor condición (K), es un valor derivado de RLP (Le Cren, 1951). El factor de condición refleja las circunstancias físicas y biológicas y las fluctuaciones debido a la interacción entre las condiciones de alimentación, las infecciones parasitarias y los factores fisiológicos (Le Cren 1951). Los valores más altos del factor de condición (K) registrados en el presente estudio, muestran que las hembras de *T. candalarius* son más robustas que los machos; lo cual puede ser el reflejo del estado reproductivo de las hembras, ya que se observaron hembras grávidas en el periodo de estudio. Los datos del factor de condición (K) observados en *T. candalarius* son muy similares a los reportados en *Tlaloc hildebrandi* por Anzueto-Calvo *et al.* (2022); Valeriano (*en prensa*), en un estudio paralelo con *T. labialis*, registraron valores muy cercanos ($K=1.89$) a los reportados en el presente estudio.

8.3 Fecundidad

En peces la fecundidad no sólo permite saber la cantidad de ovocitos que una hembra podría expulsar en un desove, sino que también informa sobre el potencial reproductivo, aproxima a las estrategias reproductivas y las capacidades de recuperación poblacional de la especie y permite aproximar a las posibilidades para la piscicultura y conservación de las especies (Vazzoler, 1996; Sato *et al.*, 2003; Moyle y Cech, 2004). La fecundidad de *Tlaloc candalarius* mostró una asociación fuerte entre las variables longitud y el peso lo que determina que conforme hay un crecimiento del pez (en peso y talla) hay un incremento en el número de óvulos. El resultado obtenido en este estudio es similar a lo reportado por Cruz *et al.* (2006) en *P. puntactus* y Rodríguez (2007) para *P. hildebrandi*,

donde mencionan que obtuvieron una alta asociación entre la longitud patrón y la fecundidad. *T. candalarius* tiene rangos de fecundidad 41.24 como mínimo y máximo de 235.07 ovocitos por gramos de hembra.

8.4 Dimorfismo y proporción sexuales.

Los profundulidos poseen escaso dimorfismo sexual secundario; en el caso de *T. candalarius* posee un marcado dimorfismo sexual, ya que cuenta con un patrón de coloración característico en los extremos de la aleta dorsal y anal de los machos, las cuales están frecuentemente pigmentados de anaranjado mientras que en las hembras la coloración es uniforme pero presentan la aleta anal ligeramente más larga en comparación con los machos (Velázquez-Velázquez *et al.* 2007; Miller, 2009; Velázquez-Velázquez *et al.*, *en prensa*) por lo cual su diferenciación de los sexos fue más fácil al determinar la proporción sexual de *Tlaloc candalarius*; destacando una predominancia en favor de los machos sobre las hembras (1:1, $\chi^2 = 14,225$, $p = 0,00016722$, $Gf=1$), estas diferencias observadas fueron significativamente diferentes de lo esperado. Estos reportes difieren con lo documentado de la proporción sexual para la especie de *Tlaloc hildebrandi*, Velázquez-Velázquez y Schmitter-Soto (2004) los datos estimaron una proporción sexual esperada entre machos y hembras (1:1); aunque para Anzueto-Calvo *et al.* (2022) reporta diferencias en la población sexual entre la población de la misma especie.

La proporción sexual, da a conocer información para entender la dinámica entre el número de machos y hembras en una población. Tabadkani *et al.* (2012) detallan que la proporción de sexual que tiende ser en la mayoría 1:1, sin embargo se ha observado una varianza de esta proporción, para aumentar al máximo el potencial evolutivo y las perspectivas a largo plazo de una población dada (Hjernquist *et al.*, 2009; Tabadkani *et al.*, 2012); mientras que las causas e implicaciones de la variación en las proporciones disimiles de machos y hembras, pueden depender de numerosos procesos ecológicos y evolutivos; sin embargo las proporciones sesgadas de machos y hembras, pueden ser

producto de proporciones sesgadas al nacer, mortalidad por diferencias de sexos de juveniles y adultos, tiempos de maduración diferencial relativas al sexo y diferencias en la dispersión debido al sexo (Székely *et al.*, 2014).

8.5 Talla de la primera madurez sexual.

Los estudios sobre parámetros reproductivos para la familia Profundulidae son escasos y aún más para el género *Tlaloc*, sin embargo, Rodríguez (2007), registra para *T. hildebrandi*, que la madurez sexual en hembras es de 50 mm y en machos de 40 mm de longitud patrón, estos resultados son muy similares a los que se obtuvieron para *T. candalarius*, que alcanza la primera talla de madurez sexual a los 58.6 mm de longitud patrón (L50).

8.6 Índice Gonadosomático

El índice gonadosomático constituye la expresión más utilizada en el estudio del desarrollo de las gónadas para describir el ciclo reproductivo en peces (Granado, 1996 y Encina *et al.*, 2001). El promedio de IGS para las hembras de *Tlaloc candalarius*, presentó variaciones entre las temporadas, donde los valores más altos fueron en estiaje (febrero-marzo), lo cual se comprende que hay más actividad reproductiva. Estudios similares del género, se registra para la especie *Tlaloc hildebrandi* mostrando que el valor más alto de actividad reproductiva fue en los meses de febrero-marzo extendiéndose a junio (Velázquez-Velázquez *et al.*, 2007).

IX. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio representan la primera caracterización sobre los aspectos reproductivos e índices somáticos en *T.candalarius*; estos datos son fundamentales para avanzar en nuestra comprensión de la historia natural de estos organismos y servirán de línea base para los esfuerzos de manejo y conservación de esta especie cuasiendémica de Chiapas; del cual se derivan las principales conclusiones:

- Los índices somáticos evaluados en *Tlaloc candalarius* arrojan que el tipo crecimiento de esta especie es diferenciado sexualmente, ya que se registró un crecimiento alométrico positivo ($b>3$) para machos, mientras que en hembras se muestra un crecimiento de isometría ($b=3$).
- El factor de condición (K) fue mayor en las hembras ($K=2.41$) de *T. candalarius* que en los machos ($K=2.23$) mostrando una mayor robustez en las primeras.
- El promedio de fecundidad absoluta de *T.candalarius* fue de 344.36 ovocitos, mostrando un promedio de fecundidad relativa de 99.9 ovocitos, con un mínimo de 41 y un máximo de 235 ovocitos por gramo. Los resultados obtenidos demuestran una asociación estrecha entre las variables fecundidad-peso y fecundidad-longitud .
- El valor medio del diámetro de un ovocito es de 1.42 mm (rango: 0.7-2.5mm).
- *T. candalarius* presenta un dimorfismo sexual secundario evidente. Los machos exhiben una coloración en los extremos de la aleta dorsal y anal que están frecuentemente pigmentados de anaranjado, mientras que en las hembras no se presenta tal coloración; además las hembras muestran una aleta anal más alargada en comparación de los machos.

- La proporción de sexos observada (1:0.42; machos-hembras) difiere estadísticamente de lo esperado (1:1). Lo que significa una mayor proporción de machos que hembras, en la zona de estudio.
- Los valores más altos del índice gonosomático (IGS) de *T. candalarius*, se registraron en la temporada de estiaje (febrero-marzo), lo cual sugiere una mayor actividad reproductiva en esta época del año.
- La talla de la primera madurez sexual en la especie *T. candalarius* fue estimada en 58.5 mm de longitud patrón.

X. RECOMENDACIONES

Este estudio se enfocó en algunos aspectos reproductivos e índices somáticos que ayudaran a obtener información básica de la especie *T. candalarius* como herramienta introductoria del manejo y/o estrategias de conservación de esta. Por tal motivo, es importante señalar que es la primera investigación de reproducción de esta especie que se sugiere realizar más estudios que corroboren o complementen datos a la investigación.

Es de importancia complementar datos en el análisis de primera madurez sexual por sexos ya sé que se obtuvo por especie y así saber con más precisión la primera talla de madurez sexual en ambos sexos.

Asimismo, se recomienda hacer estudios en distintas localidades para determinar su abundancia y los factores que determinen que se encuentre la especie en la lista roja UICN como categoría de preocupación menor.

XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Anzueto, M., Velázquez, E., Matamoros, W., Cruz, B. y Nettel, A. 2017. Efecto de conservación de pescado en formalina y etanol sobre relaciones peso-longitud y factor de condición en *Tlaloc labialis* (Günther, 1866). *Journal of Applied Ichthyology*. 1(6): 1-3. <https://doi.org/10.1111/jai.13461>
- Arévalo, H. 2018. Morfología trófica de *Tlaloc candalarius* (Hubbs, 1924). Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Arismendi, I., Penaluna, B. y Soto, D. 2011. Índices de condición corporal como evaluación rápida de la abundancia de salmónidos introducidos en lagos oligotróficos del sur de Chile. *Gestión de lagos y embalses*.
- Ávila, Foucat y Rodríguez, Robayo. 2018. Determinantes de la diversificación de medios de vida: El caso del turismo de vida silvestre en cuatro comunidades costeras de Oaxaca, México.
- Brown-Peterson, N., Wyanski, D., Saborido, F., Macewicz, B. y Lowerre, S. 2011. Terminología estandarizada para describir el desarrollo reproductivo de los peces. *Pesquerías marinas y costeras: dinámica, gestión y ciencia de los ecosistemas*, 3(1), pp.52-70.
- Burkhead, N. 2012. Tasas de extinción en peces de agua dulce de América del Norte, 1900-2010. *BioScience*, 62, 798–808. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.9.5>
- Carlander, K. 1969. Manual de biología pesquera de agua dulce. University Press, el estado de Iowa, EEUU. Vol.I 752 pp.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P. y Habit, E. 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana* 75(2), 101-110.
- Conabio. 2010. estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Conabio-Conanp-Semarnat. México.
- Contreras Balderas, S.,G. Ruíz-Campos, JJSchmitter-Soto, MI. Díaz-Pardo, Contreras-McBeath, Medina-Soto, I Zambrano González, A. Varela-Romero, mendoza-alfaro, C. Ramírez Martínez, Leija-Tristán, Almada-Villela, D. A. Hendrickson y J.Lyon. 2008.

Agua dulce peces y estado del agua en México: una evaluación a nivel nacional. *Ecosistema Acuático Salud & Gestión* 11:246-256.

CPALACHO. S.d. Datos Tzimol, Chiapas. <https://es.scribd.com/document/258539051/DATOS-TZIMOL-CHIAPAS>.

Cruz, B. 2018. Historia de vida y ecología de *Tlaloc hildebrandi* (Miller, 1950) en los altos de Chiapas, México. Tesis de maestría. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Domínguez, S., Velázquez, E., McMahan, C. y Matamoros, W 2021. "Una nueva especie de killis del género *Profundulus* (Atherinomorpha: *Profundulidae*) del curso alto del río Papaloapan en el estado mexicano de Oaxaca" *Ictiología y Herpetología*. 109(4).

Domínguez-Cisneros. 2014. Morfología Trófica y hábitos de alimento de *Profundulus hildebrandi* Miller 1950, pez endémico de Chiapas, México. Tesis de Maestría. Universidad de Ciencias Y Artes de Chiapas.

Espinosa, H., Valencia, D., y Rodiles, R. 2011. Peces dulceacuícolas de Chiapas. In Chiapas: Estudios sobre su diversidad biológica, F. Álvarez (ed.), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Espinosa, P., Fuentes, M., Gaspar, V. y Arenas. 1993. Apuntes sobre la diversidad de la ictiofauna mexicana. *Diversidad biológica de México*, pp. 229-251

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis, and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241-253.

González, A., Díaz, E., Soria, M. y Rodiles, R. 2005. Análisis morfométrico de los peces del grupo labialis, género *Profundulus* (Cyprinodontiformes: *Profundulidae*), en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 76: 55- 61

González, A., Díaz, E., Soria, M. y Martínez, E. 2014. Diferencias osteológicas entre los subgéneros *Profundulus* y *Tlaloc* (Teleostei: *Profundulidae*). *Revista Internacional de Morfología* , 32 (3),1074-1078. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300053>

González, Díaz, A. A. 2008. Estudio morfométrico y osteológico del género *Profundulus* (Cyprinodontiformes: *Profundulidae*). Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Querétaro. México. 103 pp.

- Granado, L. 1996. Ecología de peces. Serie Ciencias. Universidad de Sevilla, España. 353 pp.
- Hjernquist, M., Hjernquist, K., Forsman, J. y Gustafssona, L. 2009. Asignación de sexos en respuesta a la competencia de recursos locales por los territorios de reproducción. *Ecología del comportamiento* 20: 335–339.
- INEGI. Biblioteca digital de Mapas. 2022. Consultado el 20 de enero de 2022, desde <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Jamangapé, J., Velazquez, E., Martínez, E., Anzueto, M. Gómez E., Domínguez, S., Caleb, D. & Matamoros, W. 2016. Validez y Redescipción de *Profundulus balsanus* Ahl, 1935. (Cyprinodontiformes: Profundulidae). *Zootaxa* 4173 (1): 055–065.
- Karr, James. 1981. Evaluación de la integridad biótica utilizando comunidades de peces. *Pesca*. 6. 21-27.10.1577/1548-8446(1981)006%3C0021:A0BIUF%3E2.0.CO;2.
- Kim. I., Choi, C., Lee, B. y J. H. Kim. 2005. Libro ilustrado de peces coreanos. Kyohak Publ., Co., Ltd., Seúl, Corea. 615 págs.
- Kwon, Y. S., Li, F., Chung, N., Bae, M. J., Hwang, S. J., Byoen, M. S. & Park, Y. S. 2012. Respuesta de las comunidades de peces a diversas variables ambientales en múltiples escalas espaciales. *Revista internacional de investigación ambiental y salud pública*, 9(10)
- Le Cren, E.D. 1951. Relación longitud-peso y ciclo estacional en peso gonadal y condición en la perca (*Perca fluviatilis*). *El Diario de Ecología Animal*.
- Manel, S., Pierre, M., Blanchet, D., Velez, S., Albouy, L., Camille y Pellissier. 2020. Determinantes globales de la diversidad genética de peces marinos y de agua dulce. *Comunicaciones de la naturaleza*. 11. 10.1038/s41467-020-14409-7.
- Martínez Gómez J. E. 2002. Historias de vida. En: *Conservación de aves experiencias en México*. 335-378.
- Matamoros, W. y Schaefer, J. 2010. Una nueva especie de *Profundulus* (Cyprinodontiformes: Profundulidae) del altiplano central de Honduras. *J. Fish Biol*, 76(6), 507-1498.
- MCCALLUM, H. 2000. *Parámetros Poblacionales: Estimación para Modelos Ecológicos*. Blackwell Science Ltd. Oxford, Londres. 348 págs.

- Miller, R. R. 1955. Una revisión sistemática de los peces de América Central del género *Profundulus*. Museo de zoología de la Universidad de Michigan. (92): 1-64.
- Miller, R. R. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Ediciones de la noche. Guadalajara, Jalisco. México. 559 pp.
- Miller, R. R., Minckley, W. L. y Norris, S. M. 2005. Peces de agua dulce de México. La Universidad de Chicago. Chicago, UE Páginas. 290-319.
- Morcillo, F. 2004. El género *Profundulus* Hubbs, 1924 (Actinopterygii: Profundulidae): Sistemática, filogenia y biogeografía. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Pp. 201.
- Morcillo, F., Ornelas-García, C.P., Alcaraz, L., Matamoros, W.A. y Doadrio, I. 2016. Relaciones filogenéticas e historia evolutiva de la familia de peces de agua dulce endémica mesoamericana Profundulidae (Cyprinodontiformes: Actinopterygii). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 94, 242–251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2015.09.002>
- Murphy, W.J. y Collier, G.E.1996. Relaciones filogenéticas dentro del género de peces aplocheiloide *Rivulus* (Cyprinodontiformes, Rivulidae): Implicaciones para la biogeografía del Caribe y América Central. *mol. Biol. Evol.*
- Myers, G.S. 1938. Peces de agua dulce y zoogeografía de las Indias Occidentales. *Smithson. Rep.*, 1937, 339-364.
- Nelson, J. S. 2006. Peces del Mundo. Cuarta edición. J. Wiley. Nueva York. Estados Unidos de América.
- Olinger, C., Peoples, B. y Frimpong E. 2016. Historia de vida reproductiva de *Heterandria bimaculata* (Heckel, 1848) (Poeciliinae: Poeciliidae) en el altiplano interior de Honduras: variación de rasgos a lo largo de un gradiente altitudinal. *Neotrop. Ictiol.*, 14 (1), 10. e150050
- Oliveira, M., Costa, E., Araújo, A., Pessoa, R., Carvalho, M., Cavalcante, L. y Chellappa, S. 2012. Proporción de sexos y relación longitud-peso para cinco especies de peces marinos de Brasil. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 1(2). <http://dx.doi.org/10.4172/2324-866>

- Ornelas, C., Martínez, E. y Doadrio, I. 2016. Una nueva especie de killis de la familia Profundulidae de las tierras altas de la Mixteca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86: 926-933.
- Parenti, L.R. 1981. Un análisis filogenético y biogeográfico de los Peces Cyprinodontiformes (Teleostei, Atherinomorpha). *B. Am. Mus. Nat. Hist.*, 168, 335-557.
- Rodiles, R., González, A., Gonzales, A., Soria, M. y Espinosa, H. 2013. Ictiofauna de Chiapas.
- Rodríguez, R. 2007. Aspectos reproductivos de *Profundulus hildebrandi* Miller, 1950; pez endémico de Chiapas, México. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Snoeks, J., Laleye, P., Contreras-MacBeath, T. 2009. *Profundulus candalarius*. The IUCN Red list of threatened species: <http://www.iucnredlist.org/details/169379/0>
- TABADKANI, S.; ASHOURI, A.; RAHIMI-ALANGI, V.; FATHI-MOGHADDAM, M. 2012. ¿Cuándo estimar la proporción de sexos en poblaciones naturales de insectos? Un estudio sobre las variaciones de la proporción de sexos de los mosquitos de las agallas dentro de una generación. *Ciencias Entomológicas* 2:1-6.
- Velázquez- Velázquez, .E. y Schmitter-Soto J.J., 2000. Comentarios sobre el dimorfismo sexual y nueva localidad de distribución de *Profundulus candalarius* Hubbs (Profundulidae) en el estado de Chiapas. *Memorias del VII Congreso Nacional de Ictiología*, Ciudad de México.
- Velázquez-Velázquez E, Schmitter-Soto JJ, Domínguez-Cisneros S. 2009. Peces amenazados del mundo: *Profundulus hildebrandi* Miller, 1950 (Profundulidae). *Biología ambiental de los peces* 84: 345–346, <http://dx.doi.org/10.1007/s10641-008-9425-8>
- Velázquez-Velázquez, E. Méndez-Gómez, B. Salgado-Maldonado, G. y Wilfredo Matamoros. 2015. La tenia invasora *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 en el killis en peligro de extinción *Profundulus candalarius* Hubbs, 1924 en Chiapas, México. *Registros de bioinvasiones*. Volumen 4.
- Velázquez-Velázquez, E.; Domínguez-Ruiz, E.; Domínguez-Cisneros, S. E.; Hernández-Sánchez, J. C.; Rodríguez-Martínez, R. K. 2007. Monografía de *Profundulus*

hildebrandi Miller, 1950, pez endémico de Chiapas. Colección Jaguar. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. 26 pp.

Zar, J. H., 1996. *Biostatistical analysis*. 3rd. Ed., Prentice Hall, New Jersey.