



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS

Edad, crecimiento y aspectos reproductivos del bagre azul *Ictalurus meridionalis* (Günther, 1860) de la presa Malpaso, Chiapas

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y
CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS TROPICALES**

PRESENTA

José Manuel Aguilar Ballinas

Director

Dr. Gustavo Rivera Velázquez

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Co-Director

Dra. Genoveva Cerdenares Ladrón de Guevara

UNIVERSIDAD DEL MAR

Asesores

Dr. Miguel Ángel Peralta Meixueiro

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Dr. Wilfredo Antonio Matamoros Ortega

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA ACADÉMICA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 18 de junio de 2025

Oficio No. SA/DIP/0693/2025

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. José Manuel Aguilar Ballinas

CVU: 892309

Candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Biodiversidad y
Conservación de Ecosistemas Tropicales

Instituto de Ciencias Biológicas

UNICACH

Presente

Con fundamento en la opinión favorable emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **Edad, crecimiento y aspectos reproductivos del bagre azul *Ictalurus meridionalis* (Günther, 1860)** de la presa Malpaso, Chiapas cuyo Director de tesis es el Dr. Gustavo Rivera Velázquez (CVU: 206288) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo autoriza la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
"Por la Cultura de mi Raza"

Dra. Dulce Karol Ramírez López
DIRECTORA



C.c.p. Dra. Alma Gabriela Verdugo Valdez, Directora del Instituto de Ciencias Biológicas, UNICACH. Para su conocimiento.
Dr. José Antonio De fuentes Vicente, Coordinador del Posgrado, Instituto de Ciencias Biológicas, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

EPL/DKRL/hyb/igp/gtr

2025, Año de la mujer indígena
Año de Rosario Castellanos

Ilustración: Noé Zenteno



Ciudad Universitaria, libramiento norte
poniente 1150, col. Lajas Maciel C.P. 29039.
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
investigacionyposgrado@unicach.mx

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnologías (CONACYT), por la beca otorgada para realizar este proyecto.

A mis asesores y profesores, por compartir su conocimiento, por sus orientaciones, en especial, agradezco al Dr. Gustavo Rivera Velázquez, director de este proyecto, por su guía y compromiso. A la Dra. Genoveva Cerdenares Ladrón de Guevara, codirectora, por su acompañamiento cercano y sus valiosas sugerencias. Al Dr. Miguel Ángel Peralta Meixueiro y al Dr. Wilfredo A. Matamoros Ortega, por sus aportes académicos y su disposición constante.

Agradezco también a mis revisores, el Dr. Francisco Javier Toledo Solís y el Dr. Emilio Ismael Romero Berny, por sus observaciones críticas y enriquecedoras que fortalecieron este trabajo.

A mis colegas y amistades, por las conversaciones, los retos compartidos y el compañerismo que hicieron más llevadero este proceso.

Finalmente, agradezco profundamente a Dios, por darme fortaleza en los momentos difíciles, por iluminar mi camino cuando todo parecía incierto, y por permitirme llegar hasta aquí con gratitud y esperanza.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por su apoyo constante y su paciencia en cada etapa de este camino. Y en especial, a mi mamá Genito, que ya no está físicamente, pero vive en cada decisión que tomo. Su amor, su fuerza y su ternura siguen guiando mi andar, como una luz serena que nunca se apaga.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Orden Siluriformes	3
2.2. Género <i>Ictalurus</i>	3
2.3. Diagnósis	4
2.4. Distribución, hábitat y ecología.	4
2.5. Estudio de edad y crecimiento en peces	5
2.6. Métodos para determinar la edad en los peces.....	6
2.6.1. Método de edad conocida	6
2.6.2. Métodos indirectos	6
2.6.3. Método directo.....	7
2.7. Validación de las marcas de crecimiento.....	9
2.8. Estrategias reproductivas	9
2.9. Proporción sexual	10
2.10. Temporada de reproducción e Índice gonadosomático (IGS).....	10
2.11. Fecundidad	11
2.12. Talla de primera madurez sexual.	11
III. ANTECEDENTES	14
IV. OBJETIVOS.....	17
4.1. General	17
4.2. Particulares.....	17
V. ZONA DE ESTUDIO	17
VI. MÉTODO	18
6.1. Trabajo de campo.....	18
6.2. Fijación de los organismos	19
6.3. Determinación de la edad y crecimiento	19
6.3.1. Obtención y tratamiento de las espinas	19
6.3.2. Encapsulado de las espinas	20
6.3.3. Corte de espinas	21

6.4. Tipo de crecimiento	22
6.5. Longitud patrón del pez y diámetro de la espina	23
6.6. Periodicidad de la formación de las marcas de crecimiento.....	24
6.7. Determinación de grupos de edad de <i>Ictalurus meridionalis</i>	24
6.8. Ecuación de crecimiento de <i>Ictalurus meridionalis</i>	25
6.9. Aspectos reproductivos	26
6.9.1. Proporción sexual.....	26
6.9.2. Temporada de reproducción.....	26
6.9.3. Fecundidad	27
6.9.4. Talla de primera madurez sexual.....	30
VII. RESULTADOS	31
7.1. Tipo de crecimiento	32
7.2. Relación entre el diámetro de la espina y longitud del pez	33
7.3. Periodicidad de la formación de las marcas de crecimiento.....	34
7.4. Determinación de los grupos de edad de <i>Ictalurus meridionalis</i>	37
7.5. Ecuación de crecimiento de <i>Ictalurus meridionalis</i>	39
7.6. Proporción sexual	42
7.7. Temporada de reproducción	43
7.8. Fecundidad	46
7.9. Talla de primera madurez sexual	48
VIII. DISCUSIÓN	49
8.1. Tipo de crecimiento	49
8.2. Relación entre el diámetro de la espina y longitud del pez	50
8.3. Periodicidad de la formación de las marcas de crecimiento.....	51
8.4. Determinación de los grupos de edad de <i>Ictalurus meridionalis</i>	53
8.5. Ecuación que describe el crecimiento de <i>Ictalurus meridionalis</i>	54
8.6. Proporción sexual	55
8.7. Temporada de reproducción	56
8.8. Fecundidad	58
8.9. Talla de primera madurez sexual	59
IX. CONCLUSIONES	61
X. REFERENCIAS DOCUMENTALES	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del bagre azul <i>Ictalurus meridionalis</i> (datos de registros GBIF.org, 2025) (López-Contreras, 2025).	5
Figura 2. Corte transversal de la primera espina dorsal del atún aleta amarilla, <i>Thunnus albacares</i> (102,0 cm) que muestra las medidas tomadas: D1: diámetro hasta la primera banda; D2: diámetro hasta la segunda banda; SD: diámetro de la espina (Lessa y Duarte-Neto, 2004). Cada banda representa una marca de crecimiento.	8
Figura 3. Ubicación geográfica de la presa hidroeléctrica Nezahualcóyotl (Malpaso), Chiapas, México.....	18
Figura 4. Separación de la espina de la aleta dorsal de <i>Ictalurus meridionalis</i> ; a) separación de la espina y el primer radio de la aleta dorsal, b) extracción de la espina de la aleta dorsal, c) espina sin restos de piel.	20
Figura 5. Medición del cóndilo y proyección de la longitud del cóndilo hacia la longitud de la espina.	20
Figura 6. Encapsulado de espinas en moldes de popotes y encapsulado seco. ..	21
Figura 7. Modelo de la cortadora propuesta por Gray y la utilizada en este estudio: a) cortadora propuesta por Gray (1970), b) cortadora modificada, c) micro-motor SUNBURST, d) disco de diamante, e) cortes obtenidos con un grosor de 0.6 mm.	21
Figura 8. Observación de 10X de anillos utilizando estereoscopio y fondo oscuro, la flecha del número 1 corresponde al anillo hialino y la del número 2 al anillo opaco.	22
Figura 9. Diámetro del corte de la espina (Desp) y diámetro de anillos (Da) de la espina de la aleta dorsal de <i>I. meridionalis</i>	23
Figura 10. Distribución de frecuencias de tallas de <i>Ictalurus meridionalis</i>	31
Figura 11. Relación longitud patrón-peso para machos y hembras de <i>Ictalurus meridionalis</i>	32
Figura 12. Relación entre la longitud patrón y el diámetro de la espina de la aleta dorsal de <i>Ictalurus meridionalis</i>	34
Figura 13. Porcentaje mensual de aparición de bordes hialinos y opacos en cortes transversales de la espina de la aleta dorsal de <i>Ictalurus meridionalis</i>	35
Figura 14. Porcentaje mensual de aparición de bordes hialinos y opacos en cortes transversales de la espina de la aleta dorsal de <i>Ictalurus meridionalis</i> relacionados con el porcentaje presente mensual del índice gonadosomático (IGS).	36

Figura 15. Porcentaje mensual de aparición de bordes hialinos y opacos en cortes transversales de la espina de la aleta dorsal de <i>Ictalurus meridionalis</i> relacionados con la temperatura ambiente.....	37
Figura 16. Histograma de frecuencia de edad preliminar de <i>Ictalurus meridionalis</i>	38
Figura 17. Histograma de frecuencia de edades estimadas con base el método de localización de anillos la especie de <i>Ictalurus meridionalis</i>	39
Figura 18. Curva de crecimiento logística ajustada para <i>Ictalurus meridionalis</i> ...	40
Figura 19. Proporción sexual por mes de <i>Ictalurus meridionalis</i> de la presa Malpaso, Chiapas	43
Figura 20. Variación mensual en el índice gonadosomático promedio (IGS) de <i>Ictalurus meridionalis</i> y la precipitación media en el periodo mayo de 2018 - abril de 2019, las barras representan la desviación estándar.....	44
Figura 21. Proporción mensual de los estadios de madurez sexual de <i>Ictalurus meridionalis</i>	45
Figura 22. Relación fecundidad y longitud patrón de hembras de <i>Ictalurus meridionalis</i>	47
Figura 23. Relación fecundidad y peso de hembras de <i>Ictalurus meridionalis</i>	47
Figura 24. Talla de primera madurez (L_{50}) para hembras de <i>Ictalurus meridionalis</i> . La línea punteada indica la longitud a la cual el 50% de las hembras se encuentran sexualmente maduros.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción macroscópica y microscópica de las fases del ciclo reproductivo de las hembras. CA = alvéolos corticales; GVBD = ruptura de la vesícula germinal; GVM = migración de la vesícula germinal; OM = maduración de los ovocitos; PG = crecimiento primario; POF = folículo postovulatorio complejo; OV1= vitelogénesis primaria; OV2= vitelogénesis secundaria, OV3= vitelogénesis terciaria (Brown-Peterson <i>et al.</i> 2011).	29
Cuadro 2. Parámetros de relación longitud-peso: n= número de ínvodos; Min= longitud patrón mínima; Max= longitud patrón máxima (cm); a y b= parámetros de la relación; LL (a), UL(a), y LL (b), UL (b)= límite de confianza 95% inferior y superior de a y b respectivamente; R ² = coeficiente de determinación y r= coeficiente de correlación.	33
Cuadro 3. Distancias máximas y mínimas de los anillos identificados (mm), IC= intervalos de confianza del 95%.....	38
Cuadro 4. Tallas promedio, mínimas y máximas de (Lp) en (cm) de machos y hembras de <i>Ictalurus meridionalis</i> , durante el período de muestreo mayo de 2018 - abril de 2019.....	41
Cuadro 5. Peso promedio, mínimos y máximos de (Pt) en (g) de machos y hembras de <i>Ictalurus meridionalis</i> , durante el periodo de muestreo mayo de 2018 - abril de 2019.....	42

RESUMEN

Ictalurus meridionalis es una especie importante y de interés comercial a lo largo de la cuenca del río Grijalva, sin embargo. Aún se desconocen aspectos clave como la edad, el crecimiento y los parámetros reproductivos de *I. meridionalis*, información fundamental para comprender su dinámica poblacional. Por ello, el objetivo de este estudio fue estimar la edad, describir el patrón de crecimiento y caracterizar su biología reproductiva, incluyendo la temporada de reproducción y la longitud de primera madurez (L_{50}). Para determinar la edad se utilizaron organismos provenientes de la presa Malpaso, durante el periodo julio-noviembre de 2014 y el periodo mayo de 2018 - abril de 2019. Se obtuvieron 458 organismos, las tallas variaron de 8.0 a 73.5 cm de longitud patrón (L_p), los machos presentaron un crecimiento de tipo isométrico $b=3.045$, mientras que las hembras presentaron un crecimiento alométrico positivo $b=3.137$. La edad se determinó aplicando el método directo de las lecturas de anillos presentes en la espina de la aleta dorsal de 423 peces. El análisis de tipo de bordes indicó que se forman dos anillos por año, los cuales estuvieron asociados al incremento del Índice gonadosomático (IGS). Las edades oscilaron de 0 a 5 años, predominando organismos con edades de 1 a 2.5 años. Los parámetros del modelo de crecimiento fueron estimados usando el modelo logístico: $LFti = 172.52 / (1 + e^{-0.179(t-12.22)})$. En general, *I. meridionalis* mostró crecer rápido después de los tres primeros años de vida hasta los 26 años alcanzando una estabilidad después de este y cerca de su longitud máxima. El valor de $k = 0.179$ reveló que *I. meridionalis* presenta una tasa de crecimiento relativamente lenta y similar a la reportada para otros siluriformes. Los aspectos reproductivos se determinaron a partir de 286 organismos obtenidos en el periodo mayo de 2018 - abril de 2019, con longitudes patrón de 8 a 56 cm y pesos entre 7 g y 2500 g. De los cuales 114 fueron machos (39.9 %) y 172 hembras (60.1 %). La proporción sexual fue de 1.5 hembras por macho (H:M) = 1.5:1 con un predominio significativo de hembras ($X^2_{0.05,1gl} = 11.76$, $p < 0.05$). El índice gonadosomático indicó mayor actividad reproductiva en la temporada de lluvia. La fecundidad promedió fue de 5.77 ± 1.28 ovocitos/g, en tallas entre 25.2 cm a 32.4 cm de longitud patrón, mostrando una correlación positiva con la longitud ($r = 0.72$). La talla de primera madurez (L_{50}) se

estimó en 17.79 cm de Lp (IC 95%:15.03 a 20.43 cm) mediante el ajuste de una curva logística.

Palabras clave: Modelos de crecimiento, reproducción estacional, presa hidroeléctrica.

ABSTRACT

Ictalurus meridionalis is a commercially important species throughout the Grijalva River basin. However, key aspects such as age, growth, and reproductive parameters remain unknown—information that is essential for understanding its population dynamics. Therefore, the objective of this study was to estimate age, describe growth patterns, and characterize its reproductive biology, including the spawning season and length at first maturity (L50). Specimens were collected from the Malpaso Reservoir during two periods: July–November 2014 and May 2018–April 2019. A total of 458 individuals were obtained, ranging from 8.0 to 73.5 cm in standard length (SL). Males exhibited isometric growth ($b = 3.045$), while females showed positive allometric growth ($b = 3.137$). Age was determined using the direct method based on annuli readings from the dorsal spine of 423 fish. Edge-type analysis indicated the formation of two annuli per year, which were associated with increases in the gonadosomatic index (GSI). Estimated ages ranged from 0 to 5 years, with individuals between 1 and 2.5 years being the most frequent. Growth parameters were estimated using the logistic model: $L_{Fti} = 172.52 / (1 + e^{-0.179(t-12.22)})$. In general, *Ictalurus meridionalis* exhibited rapid growth during the first three years of life, stabilizing around year 26 near its maximum length. The growth coefficient $k = 0.179$ revealed a relatively slow growth rate, comparable to that reported for other siluriforms. Reproductive traits were assessed from 286 specimens collected between May 2018 and April 2019, with standard lengths ranging from 8 to 56 cm and weights from 7 g to 2500 g. Of these, 114 were males (39.9%) and 172 females (60.1%), yielding a sex ratio of 1.5 females per male ($F:M = 1.5:1$), with a significant predominance of females ($\chi^2_{0.05, 1\text{gl}} = 11.76$, $p < 0.05$). The gonadosomatic index

indicated peak reproductive activity during the rainy season. Mean fecundity was 5.77 ± 1.28 oocytes/g, in individuals ranging from 25.2 to 32.4 cm SL, showing a positive correlation with length ($r = 0.72$). Length at first maturity (L50) was estimated at 17.79 cm SL (95% CI: 15.03–20.43 cm) using a logistic curve fit.

Key words: Growth models, seasonal reproduction, hydroelectric reservoir.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Ictalurus* comprende por lo menos diez especies descritas (Froese y Pauly, 2018), dentro de estas encontramos a *Ictalurus meridionalis* (Günther, 1860), conocido comúnmente como bagre azul. Esta especie es nativa del sureste de México y América Central en Guatemala y Belice. En México se distribuye en la vertiente del Atlántico, de la cuenca del río Pánuco, Veracruz, hacia el sur hasta la cuenca de los ríos Grijalva, Usumacinta y Hondo (Anzueto-Calvo *et al.*, 2013).

A lo largo de la cuenca del río Grijalva *I. meridionalis* ha sido una especie objetivo para la pesca debido su gran tamaño y la calidad de su carne (Rivera-Velázquez *et al.*, 2015). Con la construcción de los grandes embalses entre ellos la presa Netzahualcóyotl (Malpaso), se ha mantenido y se desarrollado una importante actividad pesquera artesanal. Junto con *I. meridionalis*, se comercializan 15 especies de peces, de las cuales diez son nativas y cinco introducidas (Rivera-Velázquez *et al.*, 2015; Gutiérrez-Montejo, 2023).

Ictalurus meridionalis, constituye un recurso pesquero relevante, siendo una de las especies dominantes; en 2015 ocupaba el segundo lugar en importancia comercial (Rivera-Velázquez *et al.*, 2015). Sin embargo, esta posición ha cambiado y Gutiérrez-Montejo (2023) reporta a *I. meridionalis* en tercer lugar de acuerdo al índice de importancia relativa (IIR de 10.95), además de mencionar la aparición de una nueva especie en las capturas comerciales, *Mayaheros urophthalmus* (Günther, 1862), que podría competir y desplazar a las especies ya establecidas.

Considerando la importancia *I. meridionalis*, en la pesquería artesanal de la presa Malpaso, resulta fundamental generar información sobre su biología. Hasta la fecha, no existen estudios sobre su edad crecimiento y reproducción, lo que limita la implementación de estrategias de manejo. Conocer la dinámica poblacional de la especie permitirá en un futuro establecer medidas de manejo, como la definición de tallas de captura y temporadas de veda, asegurando la conservación de la especie y la continuidad de la actividad pesquera.

De acuerdo a lo anterior en este estudio se determinó la edad y crecimiento a través de la lectura de anillos de crecimientos formados en la espina de la aleta dorsal. También se revisaron los aspectos reproductivos temporada de reproducción, fecundidad y talla de primera madurez sexual L_{50} ; esta información permite comprender la dinámica de la población lo cual es fundamental para tener un adecuado plan de manejo pesquero y acuícola de los recursos pesqueros (Holden y Raitt, 1975; Csirke, 1989; Morales-Nin, 1991; Sparre y Venema 1997).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Orden Siluriformes

El orden Siluriformes, es un grupo que se encuentra en aguas dulces, salobres y marinas (Nelson, 1994). Se caracterizan por tener barbillas o bigotes, el cuerpo sin escamas (desnudo) o en algunas especies, cubierto total o parcialmente con placas (Reis *et al.*, 2003); normalmente tienen hasta cuatro pares de barbillas, un par nasal, un maxilar y dos mentonianos. Las barbillas nasales pueden estar ausentes en varias familias como Heptapridae, Cetopsidae y Callichthyidae, así como las barbillas mentonianas pueden ser inexistentes, por ejemplo, en las familias Trichomyteridae y Astroblepidae (Nelson, 2006).

La mayor parte de los representantes de este orden son de agua dulce, pero hay algunas formas marinas como los de la familia Ariidae (*Galeichthys peruvianus*). Muchos llevan corazas óseas dérmicas para protección, otros desarrollan órganos eléctricos y algunos presentan la piel desnuda. Radios espinosos frecuentemente presentes en la parte frontal de las aletas pectorales y dorsal, (referidas como espinas en las descripciones de familias) la aleta dorsal de la mayor parte de Siluriformes técnicamente tiene dos espinas, siendo la primera muy corta y formando un mecanismo de cierre para la segunda espina, la cual usualmente es la única referida en las descripciones de la familia, usualmente presente una segunda aleta dorsal adiposa. Por lo general, son peces de hábitos nocturnos que viven asociados al fondo de los cuerpos de agua, y troncos y vegetación sumergida (Jiménez-Segura *et al.*, 2014).

Los peces de la familia Ictaluridae, componen un diverso grupo que incluye 50 especies. Es el único grupo de bagres dulceacuícolas de Norteamérica y América Central (Burgess, 1989). Este grupo incluye siete géneros con casi 50 especies (Lundberg, 2003).

2.2. Género *Ictalurus*.

Los peces del género *Ictalurus*, viven en agua dulce, desde el sur de Canadá (cuencas de las bahías de Hudson y del San Lorenzo) hacia el sur, entre las montañas Rocallosas y la costa del Atlántico, hasta el norte de Guatemala y Belice (Rio Belice).

Habitan también en la vertiente del Pacífico de México, al parecer de manera discontinua, del río Yaqui hacia el sur hasta la cuenca del río Balsas (Miller, 1959).

Las características más significativas de este género son las siguientes: tienen una aleta caudal furcada, la mandíbula superior se proyecta sobre la inferior y la parte posterior de la espina dorsal, presenta dientes a manera de sierra, ocho barbillones (2 nasales, 2 maxilares y 4 mentonianos) (Miller *et al.*, 2005).

México es el centro de especiación del género, donde existen al menos nueve especies de *Ictalurus*, (Froese y Pauly, 2016), como el bagre azul *Ictalurus furcatus*, el bagre de balsas *I. balsanus*, el bagre de canal *Ictalurus punctatus*, el bagre Mexicano *I. mexicanus*, el bagre tropical *I. meridionalis*, el bagre del Lerma *I. dugessi*, el bagre lobo *I. lupus* y el bagre Yaqui *I. pricei* y el bagre de Chapala *I. ochoteranai* (Lundberg, 1992: Miller *et al.*, 2009; Froese y Pauly, 2016).

2.3. Diagnosis

Nombre común Bagre, en la región también se le conoce como “bobo” o “bobo liso”. Aleta caudal escotada, una aleta dorsal adiposa (de base igual a la base de la primera dorsal) y otra con una gran espina aserrada, pectorales con una espina similar, provista de 5 o 6 dientes; sin escamas. Cuatro pares de barbillones, dos de ellos mentonianas, uno originado en los orificios nasales, uno más maxilar, este último, extendido por los menos hasta la base de las aletas pectorales. Margen distal de la aleta anal recto; vejiga gaseosa de tres cámaras, 289-38 radios anales. Mandíbula superior claramente más larga que la inferior. La coloración es variable gris pálido a oscuro, con tonalidades plateadas. Puede alcanzar grandes tallas de más de un metro de LP y 18 kg de peso. Es una especie de importancia alimenticia, muy apreciada por su carne (Velasco Colín, 1976; Anzueto *et al.*, 2013).

2.4. Distribución, hábitat y ecología.

La distribución actual de *I. meridionalis* va de la cuenca del río Pánuco (Veracruz) hacia el sur, hasta la cuenca de los ríos Grijalva, Usumacinta y Hondo, en México, Guatemala y Belice (Figura 1). Ríos grandes y sus afluentes principales, sobre todo en y cerca de

tramos veloces y remansos profundos; los juveniles habitan principalmente en pozas de los ríos. Se alimenta sobre todo cerca del fondo, e incluso, a media agua (Rodiles-Hernández *et al.*, 2010; Anzueto *et al.*, 2013).

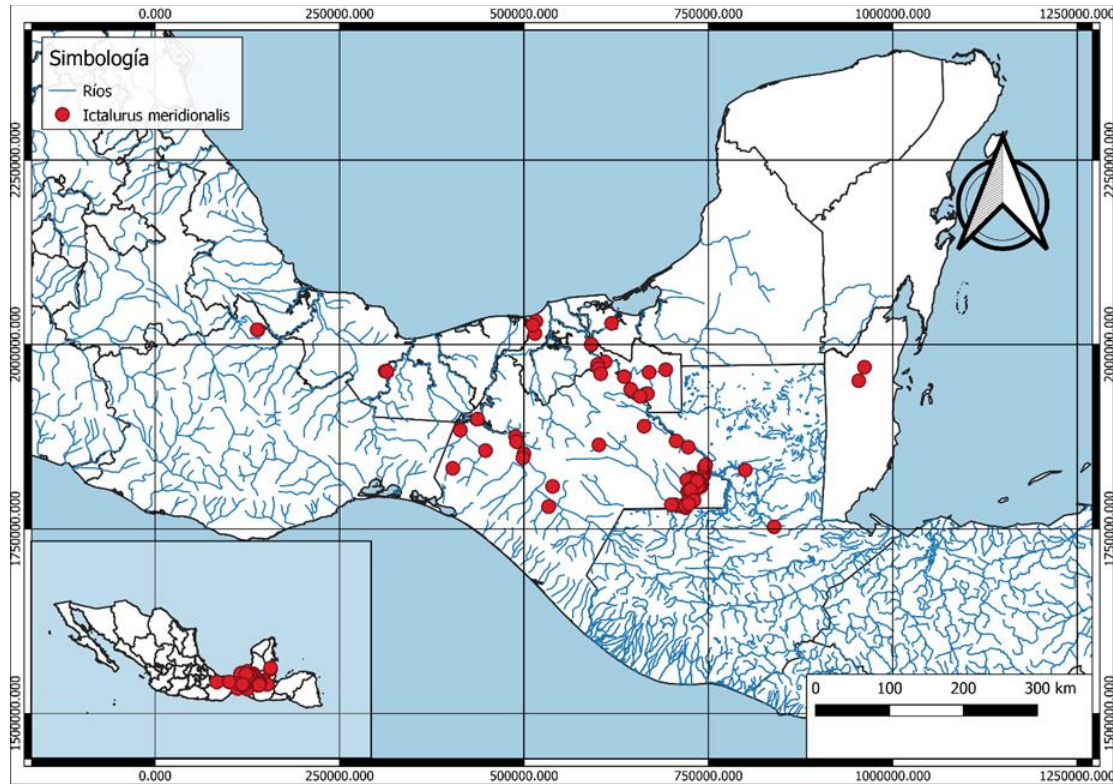


Figura 1. Distribución del bagre azul *Ictalurus meridionalis* (datos de registros GBIF.org, 2025) (López-Contreras, 2025).

Es una especie de hábitos omnívoros con tendencia a ictiófago, aunque no especializada. Su dieta es variada e incluye diversos grupos como peces, Insectos, materia vegetal y mejillones de agua dulce (Velázquez-Velázquez, 1997), en tallas menores a 25 cm., tiene una dieta herbívora, pero con un alto consumo de insectos y a tallas mayores a 40, exhibe una dieta omnívora con tendencia piscívora de acuerdo con el contenido estomacal y los índices de posicionamiento trófico (Trejo-González *et al.*, 2019; López-Contreras, 2025).

2.5. Estudio de edad y crecimiento en peces

En la actualidad los datos de edad son comúnmente utilizados en estudios poblacionales de peces (Jackson, 2007), forman la base para los cálculos de la tasa de crecimiento, y de los fenómenos relacionados al mismo tales como conocer el tiempo

que les toma alcanzar la maduración sexual, productividad, tasa de mortalidad, edad de reclutamiento. La edad se considera, una de las variables biológicas más influyentes en estudios de biología pesquera. Es la base para hacer los cálculos que permiten conocer el crecimiento, mortalidad, reclutamiento y otros parámetros fundamentales de su población y determinar volúmenes de captura por edad (Pauly, 1983; Morales-Nim, 1991; Campana, 2001).

2.6. Métodos para determinar la edad en los peces

Existen diferentes métodos para la determinación de la edad, entre los métodos utilizados encontramos métodos directos y métodos indirectos (Gómez-Márquez *et al.*, 2020).

2.6.1. Método de edad conocida

Este método consiste en tomar peces jóvenes y colocarlos dentro de un estanque de cultivo, mantenerlos a través de una o más estaciones y tomar muestras periódicas para determinar el crecimiento; aquí se está aplicando el método de edad conocida (Gómez-Márquez *et al.*, 2020).

Otro método que se puede aplicar es el de marcaje en el cual la edad precisa de los peces puede ser obtenida fácilmente si ellos son fertilizados artificialmente y entonces liberados bajo condiciones de cultivo controladas. Sin embargo, información similar puede ser conocida si los peces son cultivados en sistemas naturales o contruidos artificialmente (reservorios o microreservorios). También se pueden liberar peces marcados de edad conocida en aguas naturales y recuperarlos a diferentes intervalos de tiempo. Es un método que se basa en la probabilidad de recapturar individuos marcados previamente una vez que son liberados para reincorporarse a su población de origen. Al efectuar muestreos consecutivos se registra el número de individuos recapturados ya marcados y aquellos sin marcar: estos últimos son también marcados y todos liberados de nuevo (Gómez-Márquez *et al.*, 2020).

2.6.2. Métodos indirectos

Estos métodos son utilizados en la determinación de edad, los cuales se basan en el análisis de agrupamientos de individuos de tamaños aproximadamente similares, los

que estarían reuniendo a grupos anuales o cohortes. Estos agrupamientos ocurren en poblaciones de especies que se reproducen estacionalmente y se caracterizan por influjos regulares de nuevos reclutas de manera que, si se muestrean adecuadamente, revelarán una estructura de tamaños, formada por un conjunto de modas que generan polígonos de frecuencia de longitudes (Gómez-Márquez *et al.*, 2020).

La muestra debe de incluir un intervalo de talla amplio y contener un adecuado número de peces jóvenes en la población. Así, cada moda reflejará el flujo anual de nuevos reclutas y por lo tanto esta progresión modal en diferentes tiempos de muestreo puede ayudar a confirmar la edad relativa y el crecimiento de los peces de varios tamaños algunos métodos son, método de Petersen, método de Harding, método de Bhattacharya y el método de progresión modal (Gómez-Márquez *et al.*, 2020).

2.6.3. Método directo

Consiste en el recuento de las marcas de crecimiento en los tejidos calcificados (Morales-Nin, 1987; Morales-Nin, 1991), tales como escamas, otolitos, vertebras, espinas de las aletas, radios y cartílago de los elasmobranquios (Pauly, 1983; Das, 1994). Estas marcas de crecimiento también denominadas marcas anuales, *annuli* o *annulus*, son el manifiesto de periodos alternados de rápido y lento crecimiento, observándose altamente opacas y translucidas respectivamente (Morales-Nin, 1987 y Gómez-Márquez, 1994).

Estas marcas están relacionadas con la observación directa de discontinuidades del crecimiento en estructuras esqueléticas, como producto de cambios en la tasa de crecimiento o metabolismo de los individuos durante ciertos períodos y su correlación con el tiempo en que ocurrieron. Los cambios estacionales en el crecimiento de los peces son reflejados como bandas contrastadas en las estructuras óseas del cuerpo. En las latitudes templadas, en la primavera y el verano, la temperatura del agua se eleva y los peces tienen temperaturas elevadas en el ambiente (aceleración del ritmo metabólico) y recursos alimenticios disponibles para el mantenimiento del metabolismo basal y crecer (también para reproducirse). En este momento las especies invierten la energía obtenida del alimento para incrementar su biomasa y talla (Gómez-Márquez *et al.*, 2020).

A medida que avanza el periodo anual, en otoño e invierno, las condiciones ambientales se tornan adversas, las temperaturas descienden, los organismos se mantienen en fase de latencia y cesa el crecimiento y a veces incluso, su alimentación. Por lo tanto, este patrón estacional de crecimiento y alimentación es más contrastante en ambientes templados (Gómez-Márquez *et al.*, 2020), estos anillos son altamente opacos y translucidos, corresponden, respectivamente a periodos de crecimiento rápido y lento (Figura 2) (Morales-Nin, 1987).

En las zonas tropicales dichos cambios periódicos (ciclos de temperatura, disponibilidad de alimento), son más limitados e irregulares que en las zonas templadas. Las causas de este crecimiento cíclico anual no son claras; algunos autores los relacionan con los periodos de freza y otros con los cambios de la temperatura del agua. Dado que los anillos de crecimiento anual están presentes en peces inmaduros, es probable que la formación siga un ritmo interno de crecimiento sincronizado con las oscilaciones estacionales del medio (Morales-Nin, 1991).

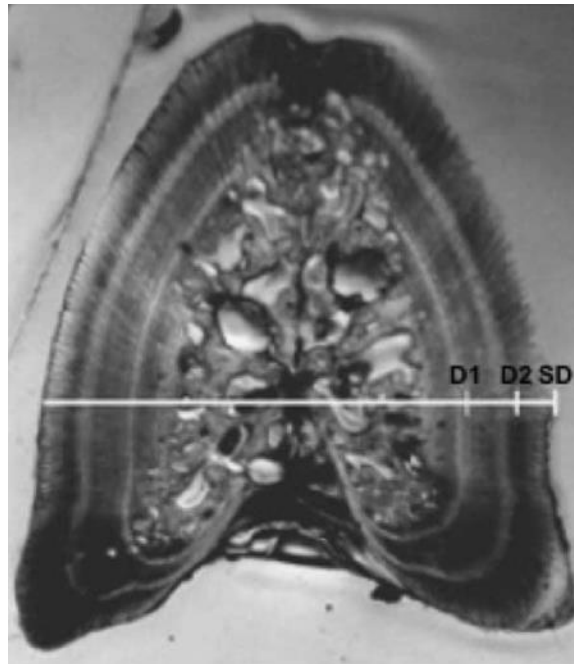


Figura 2. Corte transversal de la primera espina dorsal del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares* (102,0 cm) que muestra las medidas tomadas: D1: diámetro hasta la primera banda; D2: diámetro hasta la segunda banda; SD: diámetro de la espina (Lessa y Duarte-Neto, 2004). Cada banda representa una marca de crecimiento.

2.7. Validación de las marcas de crecimiento

La validación de la formación de las marcas de crecimiento presentes en las diferentes estructuras duras es uno de los aspectos más importantes al momento de la determinación de la edad, ya que permite asignar la temporalidad de su formación existiendo diferentes técnicas para la validación (Caillet *et al.*, 2001; Campana, 2001; Beltrán-Álvarez *et al.*, 2009).

Entre las técnicas más utilizadas se encuentra la de analizar las características de la zona de crecimiento (marcas opacas y translucidas) e incrementar las dimensiones a lo largo del tiempo también conocido como análisis del incremento marginal y análisis de bordes el cual consiste analizar los porcentajes presentes de bordes opacos y translucidos a lo largo de un año (Morales-Nim, 1991; Caillet *et al.*, 2001; Campana, 2001).

Se han llevado a cabo numerosos estudios realizados con peces de zonas tropicales y templadas en donde se ha conseguido determinar y validar las marcas de crecimiento en estructuras duras, encontrando en algunos casos la formación de una marca de crecimiento. Manrique-Ledezma (2008), al determinar la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento en otolitos de *Coulolatilus princeps* en el área de la bahía La Paz, Baja California, encontró que el mayor porcentaje de bordes opacos se observó durante julio a noviembre presentando una estrecha relación con valores altos de la temperatura superficial del mar. Por otro lado, González *et al.* (2010) asocian la formación de las marcas de crecimiento durante los últimos meses de sequía de la región del Orinoco medio para el bagre rayado *Pseudoplatystoma orinocoense*. Chávez-Arellano (2018) reporta para el pez gallo *Nematistius pectoralis* los porcentajes más altos de bordes opacos se registraron en los meses con las temperaturas más altas, y los porcentajes más altos de bordes hialinos se registraron en los meses con las temperaturas más bajas.

2.8. Estrategias reproductivas

Las estrategias reproductivas, es el conjunto de características que una especie acuática ha desarrollado para tener éxito en la reproducción (Vazzoler, 1996). Las especies acuáticas tienen diferentes mecanismos reproductivos y las combinaciones

con el hábitat, la fisiología y comportamiento reproductivo es muy importante para determinar la estrategia reproductiva.

Por estrategia de reproducción, se suele entender la conducta inflexible determinada filogenéticamente, cuyo propósito es maximizar el número de descendientes reproductivamente activos (Wootton, 1990), como resultado de la asignación diferencial de energía al esfuerzo reproductor y al crecimiento somático. Los fenotipos alternativos se denominan tácticas (Wootton, 1990; Gross, 1996) y, a diferencia de las estrategias, son flexibles y están relacionados con plasticidad fenotípica de los organismos. En ellas operan componentes a nivel genético, gonádico, morfológico, fisiológico, neuronal y conductual, de tal manera que su expresión depende de las presiones ocasionadas por las distintas variaciones ambientales con el éxito de la reproducción (Wootton, 1990; Sánchez, 2007, Hernández, 2008; Hernández, 2012).

2.9. Proporción sexual

La proporción de sexos se expresa como el cociente entre el número de machos y hembras (Sex-ratio) presentes en un stock determinado. Es una variable que, para determinados autores, resume el tipo de población y la relación de la especie con el funcionamiento del ambiente (Granado-Lorencio, 1996).

2.10. Temporada de reproducción e Índice gonadosomático (IGS)

Es el más común, también llamado coeficiente de madurez. Es el peso de la gónada expresado como porcentaje del peso corporal eviscerado o eviscerado y sin ovario. En la mayoría de especies con puesta estacional, este índice cambia muy notoriamente en las sucesivas etapas del desarrollo gonadal. En cambio, en peces sin estacionalidad en la puesta este índice apenas varía a nivel poblacional. Los índices gonadales pueden ser una herramienta útil para la identificación del momento de la puesta, pero no suele permitir la clasificación en estados de madurez, por lo que tienen que usarse junto con otros métodos de diagnóstico (Saborido-Rey, 2008).

2.11. Fecundidad

La fecundidad es el eslabón principal entre las estimaciones cuantitativas de huevos y larvas y la estimación del tamaño del stock reproductor. Para calcular la biomasa reproductora, lo primero es conocer la fecundidad específica, determinando el número de huevos puestos por hembra adulta y año. La segunda fase es determinar por mes o estación la probabilidad de que una hembra adulta logre las condiciones necesarias para una puesta efectiva. Una tercera fase sería examinar las variaciones interanuales de la fecundidad particularmente en cuanto al número de puestas parciales consecutivas durante el periodo de puesta. La fecundidad también se utiliza para estimar la supervivencia, para determinar el número de individuos necesario para mantener un stock a nivel sostenible y como criterio para identificar unidades de stock (Saborido-Rey, 2008).

La fecundidad suele mostrar una correlación positiva con características corporales como la talla y el peso (Cabrera y Solano, 1995; Loaiza-Santana *et al.*, 2018), así como con la edad. En consecuencia, las hembras de mayor longevidad tienden a producir más huevos por tanda de desove que las hembras más jóvenes (Perea de la Matta *et al.*, 2022).

La fecundidad de una especie es el resultado de un proceso evolutivo en el que se optimiza el reparto de energía obtenida por la alimentación entre el consumo metabólico, el crecimiento y la reproducción y tiene un carácter adaptativo en relación a las estrategias vitales de la *r* y de la *k*. Las especies con estrategias de la *r* están adaptadas a ambientes muy variables e impredecibles, ponen muchos huevos de pequeño tamaño tienen una puesta prolongada y una mortalidad larvaria muy elevada. Esta estrategia les permite sobrevivir cuando se dan condiciones ambientales favorables (Saborido-Rey, 2008).

2.12. Talla de primera madurez sexual.

La talla de primera maduración se define como la talla a la cual un individuo se reproduce por primera vez. Pero no todos los individuos de una población se reproducen por primera vez a la misma talla. Así a cada talla existe una proporción de individuos que son maduros y otros que son inmaduros (Saborido-Rey, 2008) y se

calcula a través de la curva sigmoide ajustada al modelo logístico con el cual se obtienen los parámetros a y b (Arancibia *et al.*, 1994; González, Eslava y Bermúdez, 1999).

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{(a-b.Lt)}}$$

donde:

P_i : es la proporción estimada de individuos maduros por clase de talla i .

Lt : es la marca de clase del intervalo de talla i .

a y b : son las constantes

Para obtener las constantes " a " y " b " la ecuación se transformó en línea recta

$$\ln [(1 / P_i) - 1] = a - b \cdot Lt$$

finalmente se calculó la talla del 50% de la población sexualmente madura mediante la ecuación:

$$L_{50} = a / b$$

A cada escala poblacional, la talla de primera maduración, se define como la talla a la que el 50% de los individuos están maduros. Para su cálculo el muestreo debe ser suficiente, especialmente en las tallas alrededor de las cuales la población empieza a madurar. Por debajo de una cierta talla, todos los individuos son inmaduros y, no es necesario muestrear intensivamente esta porción de la población. Sin embargo, es interesante muestrear todas las tallas por encima, ya que individuos grandes pueden ser inmaduros. Un aspecto de gran interés en la ecología de la reproducción, es el hecho que la talla de primera maduración puede variar dentro de una misma especie. Esta variación puede ser espacial o temporal (Saborido-Rey, 2008)

La edad y la talla de primera madurez sexual son rasgos cruciales en las teorías de las historias de vida de los peces en las cuales la optimización reproductiva es más sensible que en los otros rasgos (Stearns, 1992). Así para comprender el proceso en la

determinación de la madurez en las poblaciones naturales es importante definir ambos términos.

El término “fases de madurez sexual” se emplea para designar el grado de madurez de los ovarios y testículos de los peces, representados en una escala de estadios o grados de maduración sexual (Martínez-Espinoza, 1984). Según Bagenal y Tesh (1987) la madurez sexual es la fase durante la cual el pez alcanza el estado adulto con capacidad de reproducirse. Aunque no solamente comprende a los individuos que han alcanzado la primera madurez sexual sino también a los individuos que entran en maduración gonadal cada año durante la época de reproducción (Saborido-Rey, 2008).

III. ANTECEDENTES

Ictalurus meridionalis anteriormente era clasificada como una especie indistinta de *Ictalurus furcatus* por diferentes autores, hasta que Ruiz-Campos *et al.* (2009) realizaron una comparación morfométrica en ejemplares de bagre azul (*Ictalurus furcatus*) del norte (Bajo Río Bravo) y sur (Chiapas) de México, con el fin de identificar caracteres diagnósticos que permitan su discriminación.

El análisis de función discriminante determinó tres caracteres como altamente diagnósticos para separar los dos grupos de ejemplares: el grupo sur [GS] tiene una base anal más corta (media = 3.4 veces en longitud estándar [SL], rango = 3.1 a 3.7) vs grupo norte [GN] (media = 2.9 veces en SL, rango = 2.7 a 3.1), un ancho de cabeza menor (media = 6.0 veces en SL, rango 5.1 a 6.8) vs GN (media = 5.6 veces, rango = 5.3 a 6.0), y un menor número de radios anales (media = 26, rango = 24 a 28) vs GN (media = 31, rango = 29 a 34). Adicionalmente, otros 14 caracteres también fueron diferentes ($p < 0,01$) entre ambos grupos. Todos estos caracteres apoyan la validación taxonómica de *Ictalurus meridionalis* (Günther, 1864).

Posteriormente Rodiles-Hernández *et al.* (2010) a través de un trabajo osteológico y molecular reconocen tres especies del grupo *Ictalurus furcatus* (género *Ictalurus*): *I. furcatus*, *I. meridionalis* e *I. balsanus*. Estas especies se diagnostican diferencialmente por los caracteres del esqueleto óseo, los recuentos de radios y aletas vertebrales, las morfologías y la coloración.

Ictalurus balsanus se distingue por tener un proceso supraoccipital relativamente corto, placa nugal anterior y proceso cleitral posterior, ornamentación de la espina de la aleta pectoral débilmente desarrollada y un proceso premaxilar posterolateral alargado. *Ictalurus furcatus* e *I. meridionalis* son especies muy similares, pero se distinguen claramente por las características de la ornamentación de la espina de la aleta pectoral, la forma y textura del proceso supraoccipital, la forma del proceso cleitral posterior, el número de radios y vértebras de la aleta anal, y las medidas proporcionales relacionadas con la longitud de la aleta anal y el pedúnculo caudal. También se observan diferencias aparentes entre las tres especies en tamaño máximo y coloración.

Una muestra limitada de datos de secuencia molecular de los loci de ADN mitocondrial 12S/16S es consistente con los resultados basados en la morfología que indican que *I. meridionalis* es una especie distinta de *I. furcatus*, y que *I. balsanus* es la especie más divergente de las tres. *Ictalurus furcatus* e *I. meridionalis* exhiben variación en las cuencas fluviales en el número de vértebras y radios de la aleta anal y el pedúnculo caudal.

No existen estudios dirigidos a la edad, crecimiento y biología reproductiva de *I. meridionalis*. Algunos de los estudios de esta especie mencionan el tipo de crecimiento relativo y aspectos tróficos, entre ellos están los de Velázquez-Velázquez *et al.* (2015) y el de Trejo *et al.* (2019) respectivamente.

Existen algunos estudios de edad para especies del género *Ictalurus*, Gray (1970), reporta para *I. furcatus* edades de 1 a 11 años en organismos del río Arkansas utilizando lecturas de cortes en la espina izquierda de la aleta pectoral, con una longitud total de 18.29 a 94.74 cm. Stewart *et al.* (2009), reportan edades de 0 a 34 años determinadas a través de las lecturas de marcas presentes en los otolitos con organismos pertenecientes a cuatro cuerpos de agua, con rangos de edad para cada uno: lago Barkley, 2 a 18 años; lago Kentucky, 2–14 años; Río Mississippi, 0–21 años; y Embalse de Fort Loudoun, 5–34 años en tallas de 7 a 119 cm de longitud total.

Para el orden Siluriformes se ha determinado la edad del bagre rayado *Pseudoplatystoma orinocoense* mediante el conteo de anillos de crecimientos formados en la espina de la aleta dorsal, encontrando de 3 a 10 anillos, el crecimiento se ajustó al modelo de von Bertalanffy $L_{\infty} = 112.6$ cm $k = 0.080$ año⁻¹ y una $t_0 = 0.055$ (González *et al.*, 2010).

Sobre la biología y aspectos reproductivos del género *Ictalurus* encontramos el estudio de Díaz-Rojas y Díaz-Pardo (1991), estudiaron la biología reproductiva del bagre del Balsas *Ictalurus balsanus*, encontraron una proporción sexual de 1:1.14 para machos y hembras respectivamente, una temporada de reproducción que comprende de noviembre hasta julio, y una fecundidad relativa de 2716 para una hembra de 236 mm y 20691.6 para una de 614 mm.

Otro estudio es el de Hubenova *et al.* (2014) titulado biología reproductiva del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) criado en agua caliente, analizaron individuos cultivados en el embalse de Ovcharitsa (sureste de Bulgaria). Se estudió el tamaño y la edad en que alcanzan la madurez sexual. El peso corporal establecido del bagre de un verano es de 100.5 g para los machos y 81.2 g para las hembras.

Para el bagre de un año, el peso corporal fue de 163.4 g para los machos y 133.2 g para las hembras. La diferenciación de las gónadas fue claramente pronunciada ya a la edad de un verano. El IGS fue de 0.19% para las hembras y 0.016% para los machos. Al año de edad, los ovarios duplicaron su tamaño con un peso promedio de 0.21 g, y los testículos de 0.03 g. El IGS tuvo valores de 0.21% para las hembras y 0.04% para los machos.

Para los bagres de dos veranos de edad (16-17 meses de edad), se estableció un peso corporal promedio de 958.9 g para los machos y 894,8 g para las hembras. El IGS fue de 1.68% para las hembras y 0.15% para los machos. El desove se produce a mediados de mayo y principios de junio, y los peces que alcanzan la edad de dos años, con un peso corporal promedio de 1007.8 g para los machos y 985.2 g para las hembras, pueden participar con éxito en el proceso de reproducción. Los valores de fecundidad absoluta (7583 huevos) y relativa (8700 huevos/kg de peso corporal) para los bagres maduros de dos años fueron inferiores a los típicos para los peces sexualmente maduros de mayor edad.

Para el orden Siluriformes, Zavala *et al.* (2019) determina el periodo reproductivo bagre Chihuil *Bagre panamensis* (Siluriformes: Ariidae) en el sureste del Golfo de California, realizaron muestreos mensuales entre noviembre 2015 y octubre 2016 de la pesca comercial. Recolectaron 346 ejemplares de los cuales 182 fueron hembras y 164 machos. La proporción sexual no fue diferente de 1:1. La relación peso-longitud mostró que ambos sexos presentaron un tipo de crecimiento alométrico positivo. De acuerdo al índice gonadosomático (IGS) y el hepatosomático (IHS) se observó que esta especie presenta un periodo de reproducción al año, que va de mayo a agosto.

IV. OBJETIVOS

4.1. General

Analizar la edad, el crecimiento y aspectos reproductivos de *Ictalurus meridionalis* en la presa Malpaso, Chiapas.

4.2. Particulares

Describir el tipo de crecimiento de *I. meridionalis* mediante el análisis de la relación longitud-peso.

Determinar la edad de *I. meridionalis* a partir del conteo de marcas de crecimiento en cortes de la espina de la aleta dorsal.

Estimar la ecuación que describa el crecimiento individual de *I. meridionalis*.

Determinar la proporción sexual de la población a partir del análisis y gonadal.

Identificar la temporada reproductiva mediante el seguimiento del índice gonadosomático.

Estimar la fecundidad relativa a partir del conteo de ovocitos en hembras maduras.

Estimar la talla de primera madurez sexual (L_{50}) mediante el ajuste de una curva logística a la proporción de individuos maduros por clase de talla.

V. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la presa hidroeléctrica Nezahualcóyotl (Malpaso) ubicada en la cuenca baja del río Grijalva, cuyo embalse es alimentado por los ríos La Venta y Grijalva. Se localiza entre los municipios de Copainalá, Tecpatán y Ocozocoautla de Espinosa, en el estado de Chiapas, entre las coordenadas geográficas 93° 14' 20" y 93° 54' de longitud oeste y 17° 00' y 17° 15' de latitud Norte. Fisiográficamente se localiza en la depresión central del estado a 40 kilómetros al oriente del punto donde concurren los límites de los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas (Figura 3) (SAGARPA 2015).

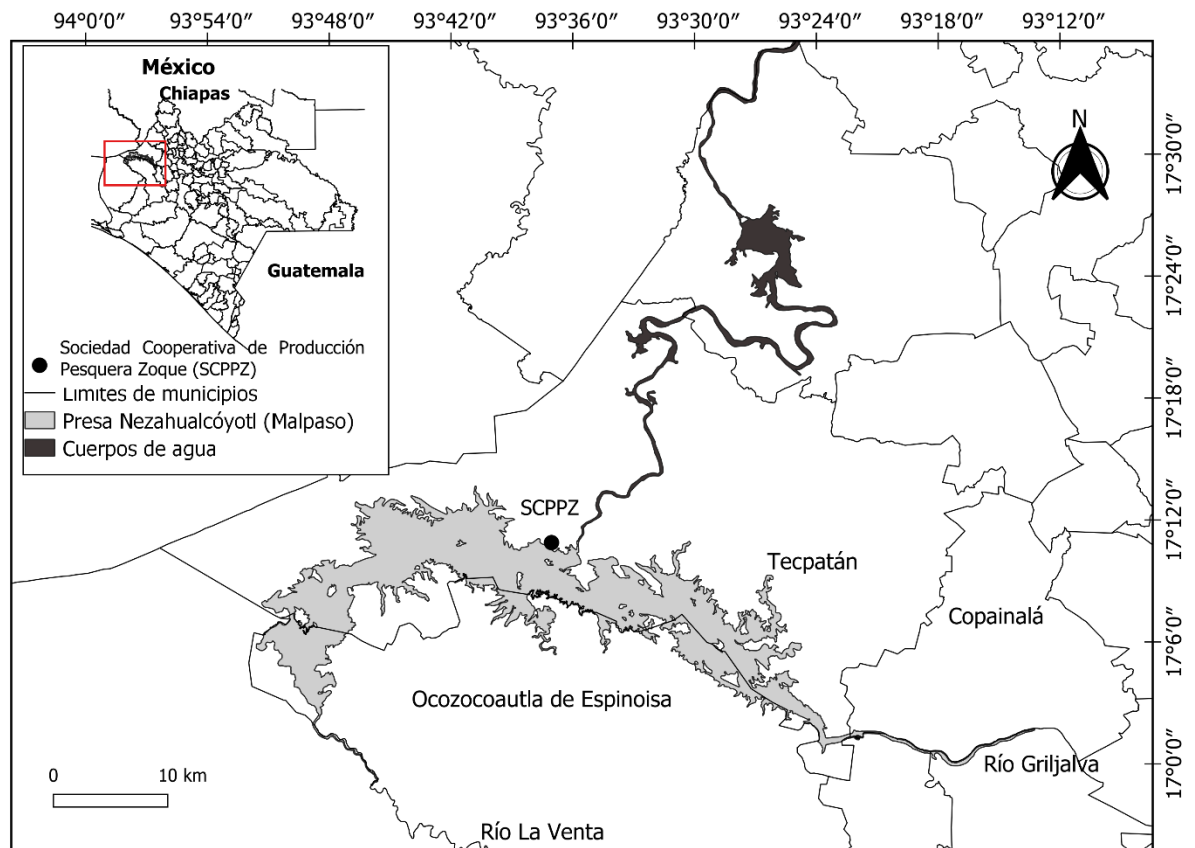


Figura 3. Ubicación geográfica de la presa hidroeléctrica Nezahualcóyotl (Malpaso), Chiapas, México.

VI. MÉTODO

6.1. Trabajo de campo

El trabajo se realizó con peces provenientes de la pesca artesanal entregados en el centro de acopio Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera (SCPP) Zoque, los cuales se capturan con diferentes artes de pesca; anzuelo, trasmallo y palangre. Los organismos se obtuvieron en el periodo julio-noviembre de 2014 y durante el periodo mayo de 2018 - abril de 2019, realizando salidas de campo mensuales.

Los organismos fueron transportados congelados en hieleras al Laboratorio de Acuicultura y Evaluación Pesquera (LAyEP) del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH.

6.2. Fijación de los organismos

En el laboratorio los peces fueron colocados en contenedores y fijados con formalina al 10% por un periodo de siete días. Posteriormente, para deshacerse del exceso de formalina de los especímenes, se lavaron con agua del grifo y se dejaron remojando con recambios diarios durante tres días. A continuación, se colocaron en alcohol al 70% para preservación. Posteriormente a cada organismo se le midió la longitud patrón (Lp) que comprendió desde la punta del hocico al pedúnculo caudal con un ictiómetro convencional de una precisión de $(1 \pm 0,1\text{cm})$, y se obtuvo su peso total (Pt) mediante balanza granataria con una precisión $(1 \pm 0,01\text{ g})$.

6.3. Determinación de la edad y crecimiento

6.3.1. Obtención y tratamiento de las espinas

Se removió la espina de la aleta dorsal de cada uno de los ejemplares, posteriormente esta fue lavada con agua y jabón para remover los restos de piel (Figura 4). Para marcar la zona del corte en la espina, se utilizó una estrategia empírica para determinar la zona y grosor del corte, la cual consistió en proyectar la longitud del cóndilo de cada espina hacia la longitud de la espina, a fin de reducir la influencia de la vascularización central (Luque *et al.*, 2014). Todos los cortes se realizaron a la misma altura para obtener cortes homogéneos (Figura 5).

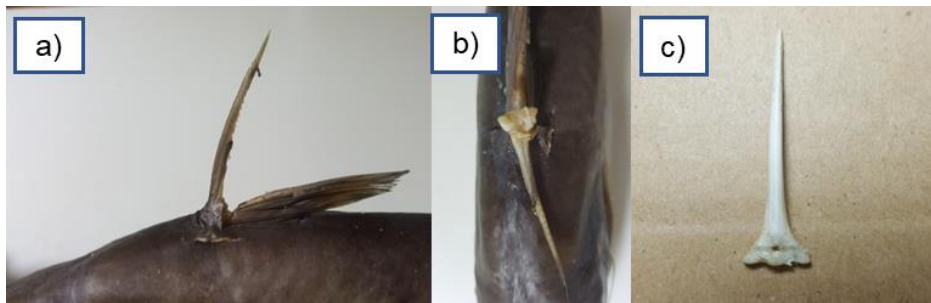


Figura 4. Separación de la espina de la aleta dorsal de *Ictalurus meridionalis*; a) separación de la espina y el primer radio de la aleta dorsal, b) extracción de la espina de la aleta dorsal, c) espina sin restos de piel.



Figura 5. Medición del cóndilo y proyección de la longitud del cóndilo hacia la longitud de la espina.

6.3.2. Encapsulado de las espinas

Las espinas fueron colocadas en moldes utilizando popotes de plástico. Se preparó la resina epóxica con la adición de 20 partes de endurecedor Ciba-Geigy® por cada 100 ml de resina, esta fue vaciada en los moldes que contenían las espinas y se dejaron secar por 24 horas a temperatura ambiente (Figura 6).

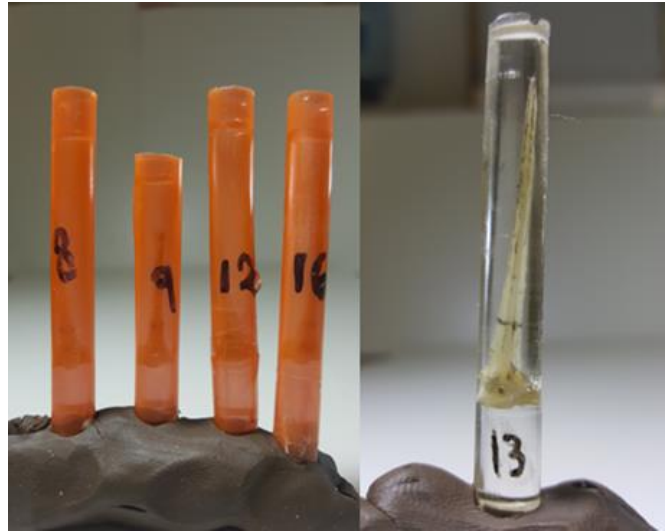


Figura 6. Encapsulado de espinas en moldes de popotes y encapsulado seco.

6.3.3. Corte de espinas

Los cortes de las espinas se realizaron con una cortadora similar a la diseñada por Gray (1970), la cual consiste en un micro-motor SUNBURST de uso odontológico y un disco de diamante el cual nos permitió hacer cortes con un grosor de 0.6 mm (Figura 7).

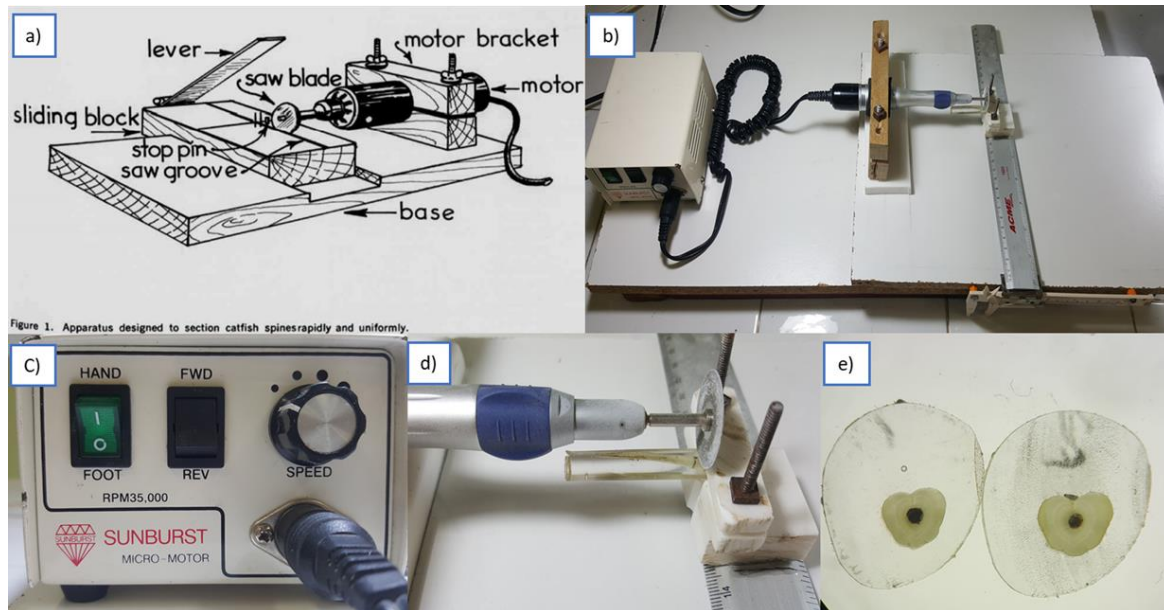


Figura 7. Modelo de la cortadora propuesta por Gray y la utilizada en este estudio: a) cortadora propuesta por Gray (1970), b) cortadora modificada, c) micro-motor SUNBURST, d) disco de diamante, e) cortes obtenidos con un grosor de 0.6 mm.

Posteriormente cada corte fue pulido con pasta (Metal Bril), observado y digitalizado con un estereoscopio triocular (Motic Digital Microscope DM143) con cámara incluida. Las fotos fueron obtenidas con el software (Motic Images Plus 2.0) sobre un fondo oscuro, de esta manera los anillos opacos se ven claros y los hialinos se ven oscuros (Figura 8). El conjunto de un anillo opaco y un hialino conforman una marca de crecimiento, el conteo de marcas presentes y las respectivas mediciones se realizaron con ayuda del programa de análisis de imágenes ImageJ 1.52i (2018).

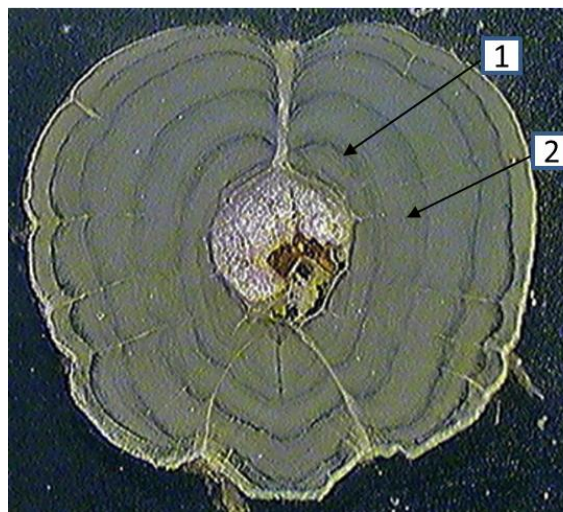


Figura 8. Observación de 10X de anillos utilizando estereoscopio y fondo oscuro, la flecha del número 1 corresponde al anillo hialino y la del número 2 al anillo opaco.

6.4. Tipo de crecimiento

Se tomaron las medidas de la longitud patrón (Lp) y peso total (Pt) de 458 organismos, los datos se usaron para obtener la relación que existe entre las longitudes tomadas y el peso. La relación se estimó con la ecuación potencial $W = aLp^b$ (Le Cren 1951), donde W es el peso expresado en gramos, Lp es la longitud patrón en centímetros, a es el intercepto y b es la pendiente de la relación (Froese, 2006). Para evaluar la diferencia entre las relaciones de hembras y machos se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA), para evaluar si el valor de 'b' fue diferente del valor teórico de crecimiento isométrico ($b = 3$), se aplicó una prueba t de student (Zar, 2010; Froese, 2011) Los datos

se procesaron mediante el lenguaje de programación R (R Development Core Team 2018).

6.5. Longitud patrón del pez y diámetro de la espina

Una vez digitalizados los cortes, se midió el diámetro de cada sección de la espina (Desp) de manera lineal a cada borde externo pasando por el centro, debido a que las secciones de la espina no son completamente simétricas. Esto con el fin de realizar la regresión lineal del Desp contra la Lp de cada individuo, y así determinar la relación entre las dimensiones del cuerpo con la de la espina, verificando si la espina crece conforme crece el pez, siguiendo la ecuación: $Lp=a+b*Desp$ (Alvarado-Castillo y Félix-Uraga, 1996; Medina-Gómez, 2006; Alcaraz-García, 2012) (Figura 9). El diámetro de cada anillo (Da) fue medido de manera horizontal entre los dos puntos extremos de cada zona translúcida pasando por el centro esto con el fin de realizar la corrección de números de anillos explicada posteriormente.

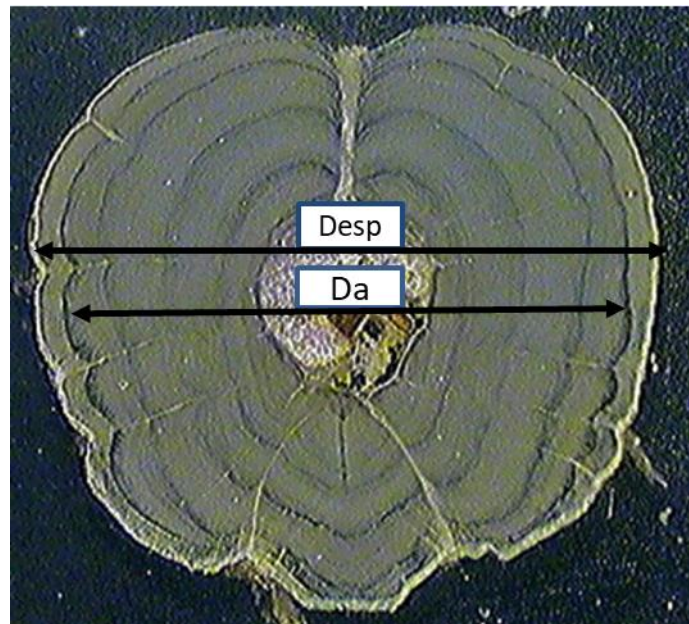


Figura 9. Diámetro del corte de la espina (Desp) y diámetro de anillos (Da) de la espina de la aleta dorsal de *I. meridionalis*.

6.6. Periodicidad de la formación de las marcas de crecimiento

La periodicidad de formación de las marcas de crecimiento se evaluó utilizando un método cualitativo, el cual consistió en realizar observaciones individuales y determinar si el borde de las secciones de las espinas era opaco o hialino (Cayré y Diouf, 1983). El seguimiento del porcentaje mensual del tipo de borde opaco y hialino se representó en una gráfica de barras. El estudio del tipo de borde y su frecuencia mensual en un ciclo anual permite conocer la época y la periodicidad de la formación de marcas de crecimiento (Morales-Nin y Panfili, 2002). La teoría dice que la presencia de un pico máximo de bordes hialinos en un ciclo anual indica que la formación de las marcas de crecimiento es anual (Campana, 2001).

Con el fin de conocer que factores están influyendo en la formación de las marcas de crecimiento, el porcentaje mensual de bordes opacos y hialinos se correlaciono con los promedios mensuales de la temperatura ambiental obtenidos para el periodo de muestreo, los cuales provienen de la estación meteorológica Yamonho (7178) ubicada en Tecpatán perteneciente a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y con factores endógenos como los periodos de actividad reproductiva identificados a través del seguimiento del índice gonadosomático (IGS) (Morales-Nin, 1987; Rossenblum *et al.* 1987); el cual se describe posteriormente, para este se utilizaron las muestras obtenidas durante un ciclo anual en el periodo mayo de 2018 - abril de 2019.

6.7. Determinación de grupos de edad de *Ictalurus meridionalis*

El conjunto de un anillo opaco y un hialino conforman una marca de crecimiento, por lo que la determinación de la edad se realizó contando el número de anillos hialinos (Gómez-Márquez, 1994). La lectura de las marcas de crecimiento se realizó por duplicado y de manera independiente. Los cortes en donde las lecturas no coincidieron se revisaron de manera conjunta hasta llegar a un acuerdo, cuando esto no fue posible, se desechó la estimación siguiendo (Megalofonou, 2000). Se realizó una clave con base a la frecuencia de aparición de cada grupo de edad de la muestra total en los cortes transversales de la espina de la aleta dorsal de *I. meridionalis*.

Diferentes autores mencionan que en organismos de mayor edad existe una reabsorción de los primeros anillos por causa del tejido vascularizado (Cayré y Diouf, 1983; Drew, Die, y Arocha, 2006; González *et al.*, 2010; Farley *et al.*, 2013; Velazco-Polanco, 2017), por lo que para evitar una subestimación de la edad en los organismos viejos se realizó la corrección a las asignaciones de edad preliminar, se estimó el promedio, la varianza y los intervalos de confianza al 95 % de los diámetros de cada anillo identificado. Con esto se verificó que los diámetros de anillos ubicados en cada clase de edad se encontraran dentro de los límites estadísticos calculados, de no cumplir con la restricción, se ubicaron en el grupo de edad correspondiente. Con lo anterior se sumó la cantidad de anillos perdidos a los anillos obtenidos por la asignación de edad considerando que el proceso de vascularización elimina marcas de crecimiento (Velazco-Polanco, 2017).

6.8. Ecuación de crecimiento de *Ictalurus meridionalis*

Para describir el crecimiento de *I. meridionalis* se probaron diferentes modelos que se han reportado para la mayoría de los peces;

Gompertz (1825): $Lp_{ti} = Lp_{\infty} e^{(-e^{-k(t-t_0)})}$

von Bertalanffy (1938): $Lp_{ti} = Lp_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^{-1}$

SchnuteRichards (Quinn y Deriso 1999): $Lp_{ti} = Lp_{\infty} (1 + \delta e^{-kt_i^{\gamma}})^{1/\gamma}$

logístico (Ricker 1975): $Lp_{ti} = L_{\infty} (1 + e^{-k(t-t_0)})^{-1}$

Donde: Lp_{ti} = Longitud patrón al tiempo ti , Lp_{∞} = Longitud patrón promedio asintótica; k = coeficiente de crecimiento (en años⁻¹); ti = edad del organismo (en años); t_0 = edad teórica a la longitud cero; δ , γ = son parámetros adimensionales del modelo Schnute-Richards. Los datos se procesaron mediante el software Stata 11 (StataCorp, 2009).

6.9. Aspectos reproductivos

Para determinar los aspectos reproductivos se utilizaron los organismos obtenidos en el periodo mayo 2018 - abril 2019.

6.9.1. Proporción sexual

Se determinó el sexo por medio de la visualización de las gónadas. La proporción de sexos Hembra:Macho (H:M) se estableció para todo el periodo de estudio y se graficó mensualmente. Se contabilizó el número de hembras y el número de machos y se calculó la relación entre ellos, número de hembras entre número de machos. Para determinar si la proporción difería significativamente de la relación teórica 1:1, se aplicó el test de Chi-cuadrada (X^2) con un grado de significancia $\alpha = 0.05$. (Lorenzo-Nespereira y González-Pajuelo, 1993).

6.9.2. Temporada de reproducción

La época de reproducción se determinó realizando un seguimiento mensual del índice gonadosomático (IGS; también llamado coeficiente de madurez), en el periodo mayo de 2018 - abril de 2019. El IGS es una herramienta útil en la mayoría de especies con puesta estacional este índice cambia muy notoriamente, utilizándose para delimitar la época de puesta (Saborido-Rey, 2004), éste se refiere a la proporción que representan las gónadas con referencia al cuerpo (Nikolsky 1963; Bagenal 1978), expresa como:

$$IGS = \frac{Pg}{(Pt - Pg)} \times 100$$

donde:

Pg = Peso de la gónada en gramos (g)

Pt = Peso total del pez en gramos (g)

Con el fin de observar si existe influencia con algún parámetro ambiental en el comportamiento reproductivo de la especie, el IGS se relacionó con los promedios mensuales de precipitación obtenidos para el periodo de muestreo, los cuales provienen

de la estación meteorológica Yamonho (7178) ubicada en Tecpatán perteneciente a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Para determinar diferencias significativas del IGS durante los meses de muestreo, los datos se analizaron por temporadas (lluvias y secas) considerando finales de mayo a octubre como la temporada de lluvia y finales de octubre a mayo como secas (Weather Spark, 2020), se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon-Mann-Whitney, dado que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$) (Zar, 1999).

6.9.3. Fecundidad

La estimación de la fecundidad se realizó por el método gravimétrico. Para esto se utilizaron 38 hembras seleccionadas al azar en fase III de madurez gonádica (desovador capaz) siguiendo la escala macroscópica propuesta por Brown-Peterson *et al.* (2011), que consta de cinco fases o estadios (Cuadro 1). Se tomaron tres submuestras por gónada con un peso de 0.5 g cada una. El número medio de huevos en las submuestras se extrapoló al peso total del ovario (Holden y Raitt, 1975; Murua *et al.*, 2003; Saborido-Rey, 2004):

$$F = \frac{nG}{g}$$

n = número de huevos en la submuestra

G = peso total de los ovarios.

g = peso de la submuestra.

Posteriormente la fecundidad relativa al peso se calculó a partir de la fórmula $FRP = F / P$ (g) expresada como ovocitos por gramos de peso corporal (Chaves y Vazzoler 1984, Araya *et al.*, 2003), donde F es fecundidad y P el peso.

Para establecer la relación entre el peso o la longitud del pez y la fecundidad, se hicieron análisis de regresión para ajustar los datos a dos modelos, el lineal: $F = a + b.W$

donde:

donde:

F = Fecundidad.

W = Peso

a y b = Constantes de regresión.

Y el modelo potencial: $F = aLp^b$

donde:

F = Fecundidad.

Lp = longitud patrón.

a y b = Constantes de regresión.

Cuadro 1. Descripción macroscópica y microscópica de las fases del ciclo reproductivo de las hembras. CA = alvéolos corticales; GVBD = ruptura de la vesícula germinal; GVM = migración de la vesícula germinal; OM = maduración de los ovocitos; PG = crecimiento primario; POF = folículo postovulatorio complejo; OV1= vitelogénesis primaria; OV2= vitelogénesis secundaria, OV3= vitelogénesis terciaria (Brown-Peterson *et al.* 2011).

Fase	Terminología previa	Características macroscópicas e histológicas
1. Inmadura (nunca desovada)	Virgen inmaduro	Ovarios pequeños, frecuentemente claros, vasos sanguíneos poco distinguibles. Sólo están presentes ovogonias y ovocitos PG. No presenta atresia ni músculos blandos. Pared ovárica delgada y poco espacio entre ovocitos.
2. En desarrollo (ovarios comenzando a desarrollarse, pero no está listo para desovar)	Maduración, desarrollo temprano, maduración temprana, maduración media, maduración, previtelogénico	Los ovarios se agrandan y los vasos sanguíneos se vuelven más visibles. Ovocitos en PG, CA, Vtg1 y Vtg2 presentes. No hay evidencia de POFs ni de ovocitos Vtg3. Algunos atrésicos pueden estar presentes. Subfase de desarrollo temprano: solo ovocitos PG y CA.
3. Desovador capaz (peces desarrollados fisiológicamente capaz de desovar en este ciclo)	Maduro, desarrollo tardío, maduración tardía, maduración total, grávido, vitelogénico, maduro, parcialmente gastado, completamente desarrollado, antes del desove, maduro, OM final, desove, grávido, ovulado	Ovarios grandes, vasos sanguíneos prominentes. Ovocitos individuales visibles macroscópicamente. Ovocitos Vtg3 presentes o POFs presentes en reproductores parciales. Puede haber atresia de ovocitos vitelogénicos y/o hidratados. Pueden estar presentes etapas tempranas de OM. Subfase de desove activo: ovocitos en GVM tardía, GVBD, hidratación u ovulación.
4. Regresión (cese del desove)	Regresión, postdesove, recuperación, gastado	Ovarios flácidos, vasos sanguíneos prominentes. Atresia (cualquier etapa) y POFs presentes. Algunos ovocitos con CA y/o vitelogénicos (Vtg1, Vtg2) presentes
5. Regeneración (sexualmente maduro, reproductivamente inactivo)	Descansando, regeneración, recuperándose, inactiva.	Ovarios pequeños, vasos sanguíneos reducidos pero presentes. Sólo están presentes ovogonias y ovocitos PG. Músculos blandos, vasos sanguíneos agrandados, pared ovárica gruesa y/o atresia gamma/delta o avanzada, puede presentar POFs en de generación.

6.9.4. Talla de primera madurez sexual

La talla de primera madurez (L_{50}), se define como el tamaño en el que el 50% de las hembras y machos de una muestra representativa de la población, ha alcanzado la madurez sexual (Saborido-Rey, 2004). La L_{50} se estimó sobre la base de la frecuencia de tallas de hembras que han alcanzado la fase III (desovador capaz) de la escala macroscópica de desarrollo gonadal de Brown-Peterson *et al.* (2011), a través de la curva sigmoide ajustada al modelo logístico con el cual se obtuvieron los parámetros a y b (Arancibia *et al.*, 1994; González, Eslava y Bermúdez, 1999).

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{(a-b.Lt)}}$$

donde:

P_i : es la proporción estimada de individuos maduros por clase de talla i .

Lt : es la marca de clase del intervalo de talla i .

a y b : son las constantes

Para obtener las constantes " a " y " b " la ecuación se transformó en línea recta

$$\ln [(1 / P_i) - 1] = a - b \cdot Lt$$

finalmente se calculó la talla del 50% de la población sexualmente madura mediante la ecuación:

$$L_{50} = a / b$$

VII. RESULTADOS

Durante el periodo julio-noviembre de 2014 se obtuvieron un total de 172 organismos, mientras que para el periodo mayo 2018 - abril 2019 se obtuvieron un total de 286 organismos (Cuadro I). El intervalo de tallas de los organismos muestreados fue de 8.0 a 73.5 cm de Lp, predominando los individuos entre los 21 a 47 cm representando el 82% del total de ejemplares muestreados) (Figura 10).

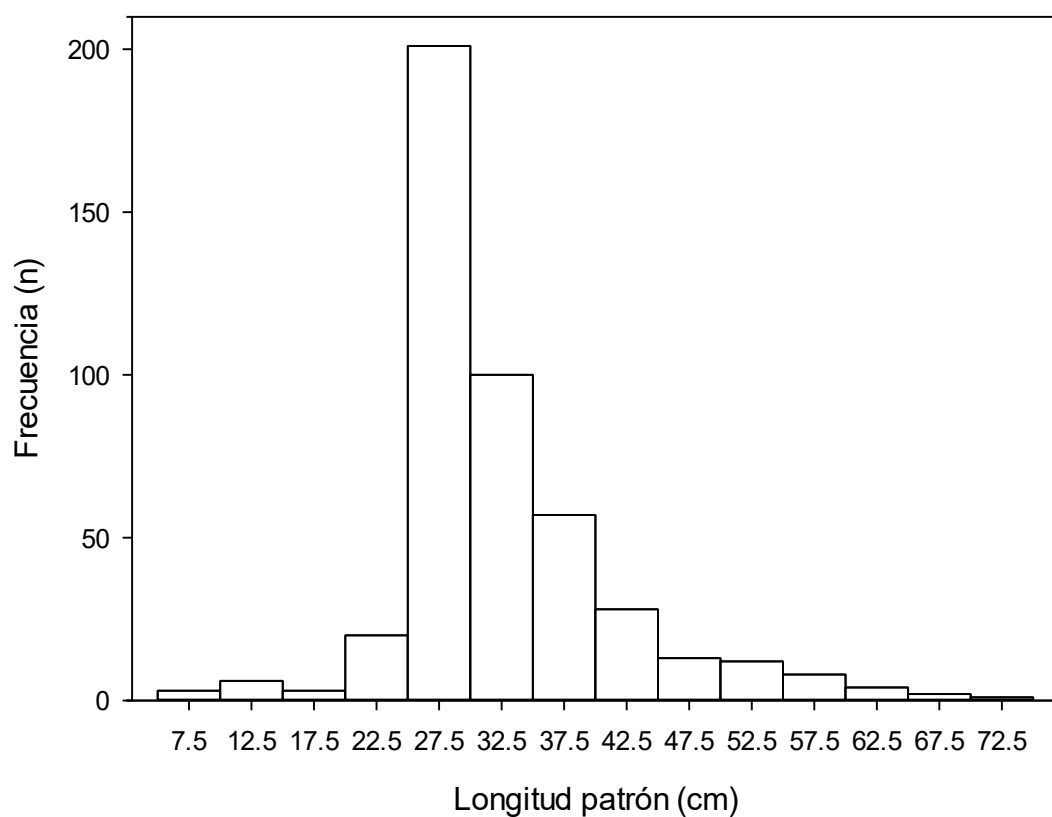


Figura 10. Distribución de frecuencias de tallas de *Ictalurus meridionalis*.

7.1. Tipo de crecimiento

En la figura 11 se muestran los parámetros de la relación longitud-peso por sexos separados (macho y hembras), realizada con 374 organismos debido a que 84 ejemplares no presentaron gónadas o restos de estas para hacer posible el sexado por lo cual se excluyeron para dicho análisis.

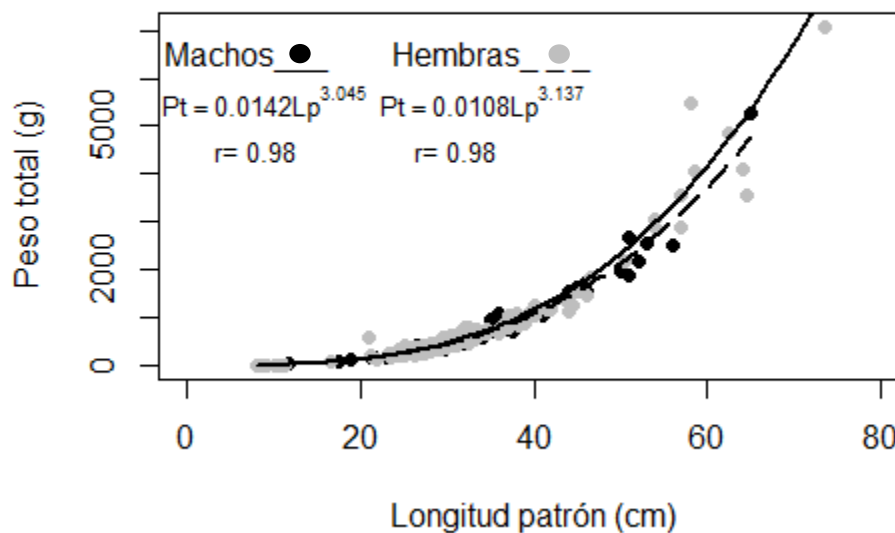


Figura 11. Relación longitud patrón-peso para machos ● y hembras ● de *Ictalurus meridionalis*.

El análisis de covarianza (ANCOVA) reflejó que existen diferencias significativas en la relación longitud-peso entre sexos ($p = 0.02$), por lo que se obtuvo cada relación por sexo separados obteniendo una correlación de $r = 0.98$, $p < 0.001$, mientras que para las hembras se obtuvo una correlación similar $r = 0.98$, $p < 0.001$. El coeficiente de crecimiento $b = 3.045$ para machos, no mostró diferencia significativa respecto al valor teórico de tres (prueba t , $p = 0.089$), presentando entonces un crecimiento de tipo isométrico con intervalos de confianza del 95% $IC = 2.953 - 3.136$, para las hembras se obtuvo un coeficiente de crecimiento de $b = 3.137$ el cual mostro diferencias

significativas respecto al valor de isometría (prueba t , $p=0.002$) mostrando un crecimiento alométrico positivo con $IC= 3.063 - 3.211$ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de relación longitud-peso: n = número de ínvodos; Min= longitud patrón mínima; Max= longitud patrón máxima (cm); a y b = parámetros de la relación; LL (a), UL(a), y LL (b), UL (b)= límite de confianza 95% inferior y superior de a y b respectivamente; R^2 = coeficiente de determinación y r = coeficiente de correlación.

Sexos	n	Min	Max	a	IC.inf (a)	IC.sup (a)	b	IC.inf (b)	IC.sup (b)	R^2	r
Hembras	225	8.0	73.5	0.010	0.008	0.013	3.137	3.063	3.211	0.969	0.984
Machos	149	11.8	65.0	0.014	0.010	0.019	3.045	2.953	3.136	0.966	0.982

*Organismos sin sexar (84).

7.2. Relación entre el diámetro de la espina y longitud del pez

De un total de 458 cortes de espinas, se utilizaron 423. Treinta y cinco cortes se eliminaron debido a que se rompieron o su interpretación era confusa.

La regresión calculada presenta una tendencia lineal positiva que muestra como el diámetro del corte de la estructura dura se incrementa conforme los organismos aumentan en longitud patrón, explicando más del 75% de la variabilidad del diámetro del corte de la espina, con una correlación de $r= 0.87$, $p< 0.001$ (Figura 12). Por lo anterior se considera que la espina de la aleta dorsal del bagre azul crece proporcionalmente con el cuerpo del organismo, por lo que puede ser empleada para la lectura de las marcas de crecimientos y determinar la edad.

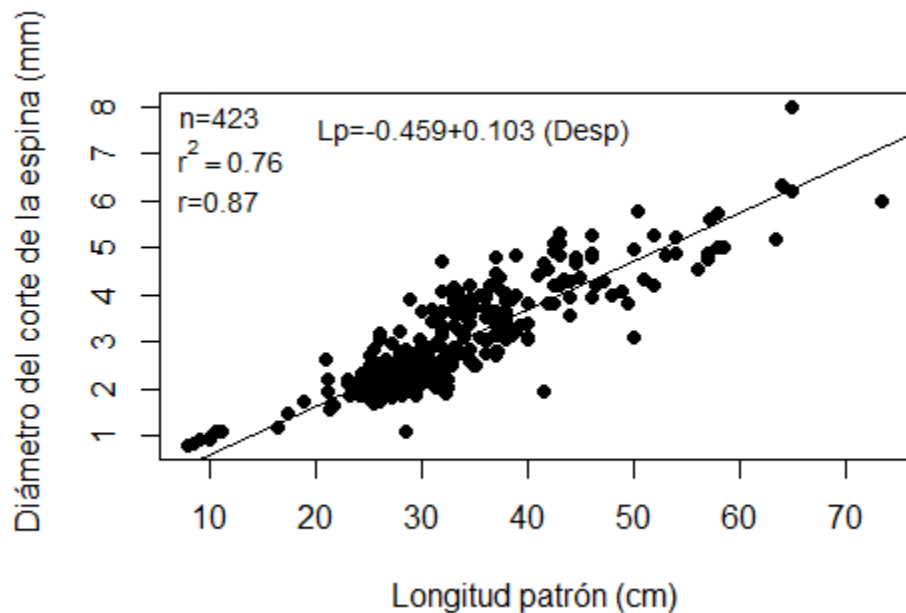


Figura 12. Relación entre la longitud patrón y el diámetro de la espina de la aleta dorsal de *Ictalurus meridionalis*.

7.3. Periodicidad de la formación de las marcas de crecimiento

La periodicidad de las marcas de crecimiento se determinó para la muestra obtenida en el periodo mayo de 2018 - abril de 2019, mediante el seguimiento del porcentaje mensual de aparición de bordes hialinos y opacos. Se observaron dos picos máximos de bordes hialinos, uno en septiembre y otro en enero con una diferencia de formación de ocho y cuatro meses respectivamente entre cada pico (Figura 13). La presencia de dos picos máximos de bordes hialinos durante un ciclo anual indicó la formación de dos marcas de crecimiento anual.

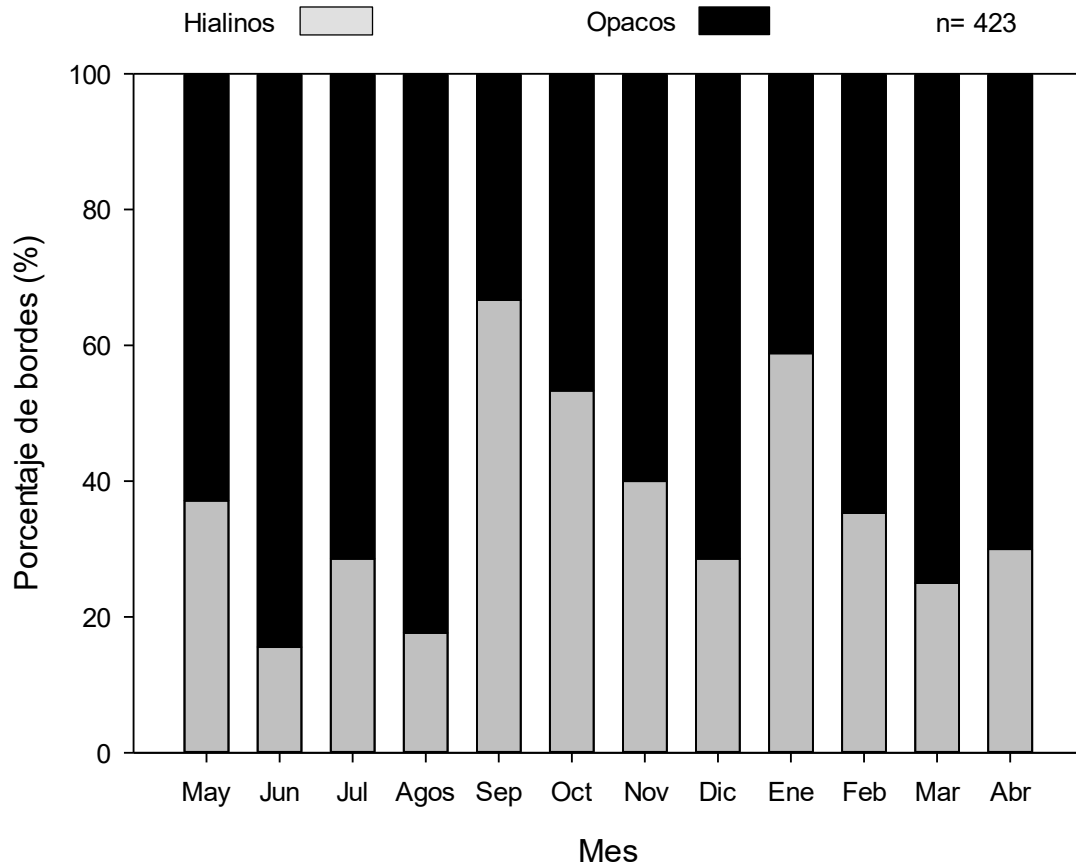


Figura 13. Porcentaje mensual de aparición de bordes hialinos y opacos en cortes transversales de la espina de la aleta dorsal de *Ictalurus meridionalis*.

Al relacionar los porcentajes de bordes hialinos con el seguimiento mensual del IGS, se observó que existen dos picos en el incremento del IGS, el primero ocurre a partir de mayo en el cual se observa un aumento sucesivo del IGS en los siguientes meses, siendo octubre el mes con mayor incremento y posterior a este comienza a descender, el segundo pico menos marcado ocurre en los meses de enero a febrero. Ambos picos coinciden con los mayores porcentajes de bordes hialinos; la correlación obtenida fue débil $r = 0.31$ (Figura 14). La relación de la temperatura y los porcentajes de borde hialinos se realizó con la temperatura media ambiental ya que se desconocen los datos de la temperatura del agua en la presa Malpaso, se observó una correlación

$r = -0.18$, existe presencia de porcentajes altos de bordes hialinos en temperaturas altas como bajas (Figura 15).

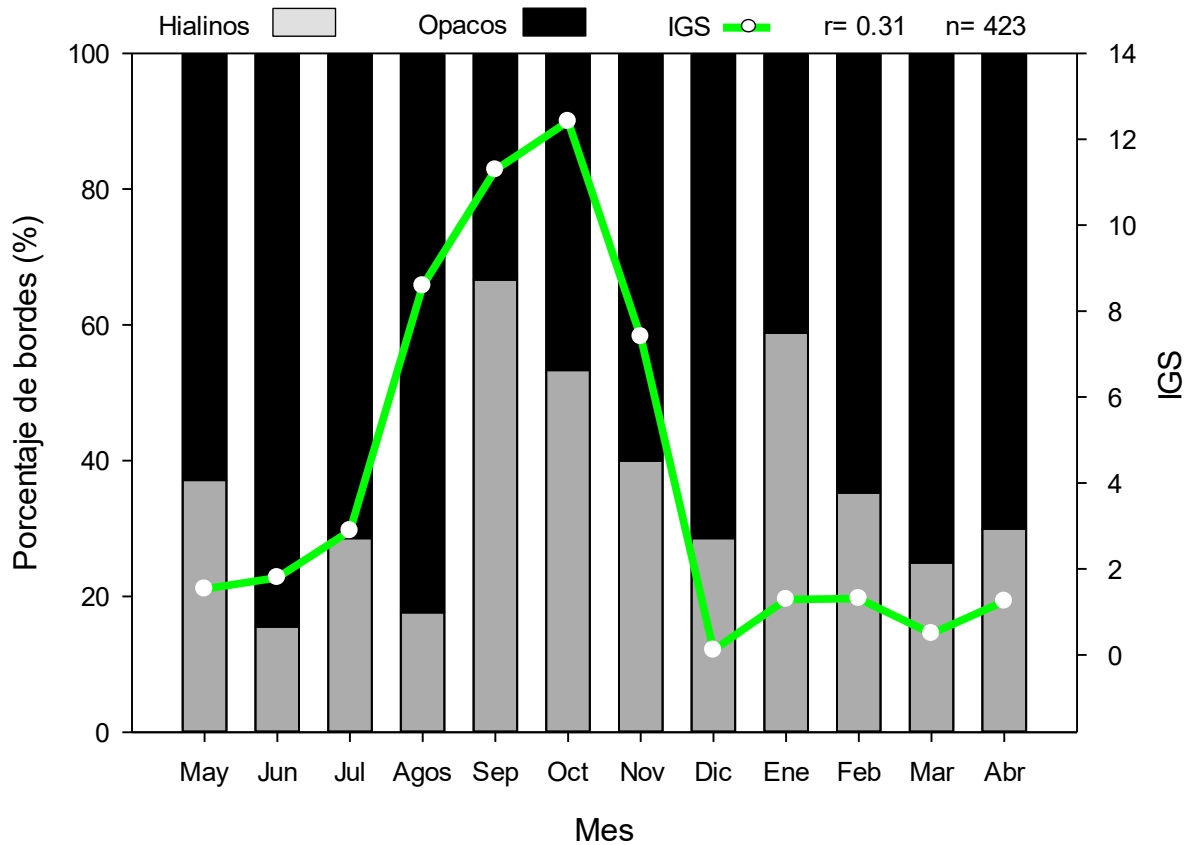


Figura 14. Porcentaje mensual de aparición de bordes hialinos y opacos en cortes transversales de la espina de la aleta dorsal de *Ictalurus meridionalis* relacionados con el porcentaje presente mensual del índice gonadosomático (IGS).

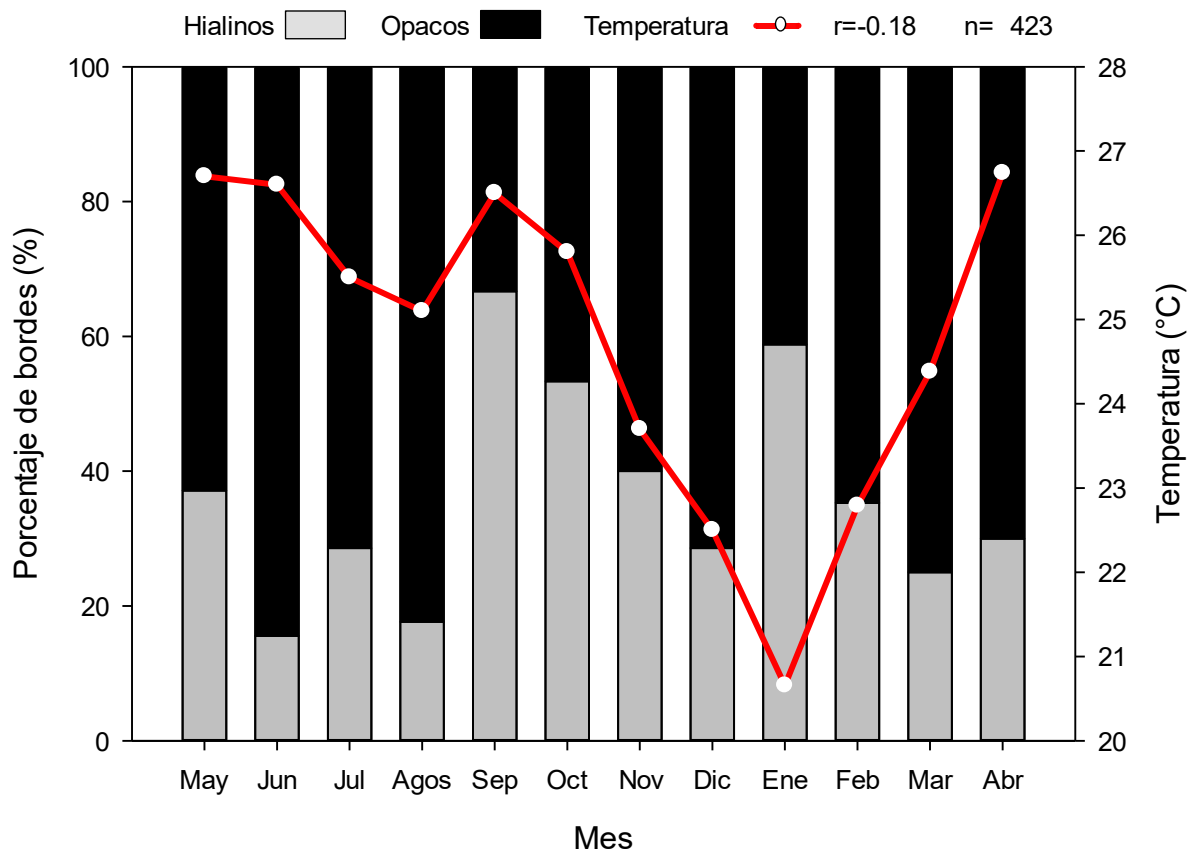


Figura 15. Porcentaje mensual de aparición de bordes hialinos y opacos en cortes transversales de la espina de la aleta dorsal de *Ictalurus meridionalis* relacionados con la temperatura ambiente.

7.4. Determinación de los grupos de edad de *Ictalurus meridionalis*

De acuerdo con los anillos observados se encontraron nueve grupos que presentaron de 0 a 8 marcas de edad preliminar (cero a cuatro años), siendo el grupo de dos años y ocho meses (2.66) el más frecuente representando el 31.6 % de la muestra, seguido por el grupo de dos años con el 29 %, los organismos con más de tres años y ocho meses fueron raros (Figura 16).

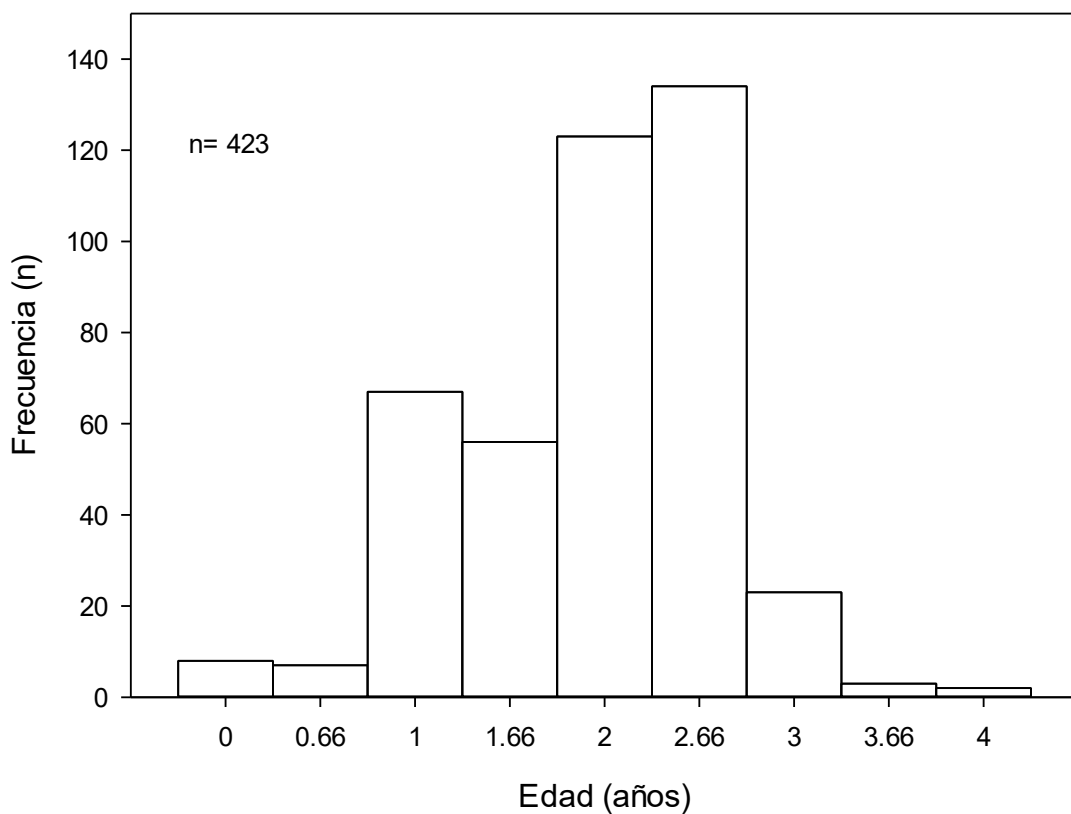


Figura 16. Histograma de frecuencia de edad preliminar de *Ictalurus meridionalis*.

Con la corrección de edad preliminar se encontraron once grupos de edad estimada de cero a cinco años, en el cuadro 3 se muestran los grupos que presentaron de 1 a 10 anillos, al grupo que presentó cero anillos no se le realizó la corrección de edad, el grupo de edad estimada menos frecuente fue el de cinco años (Figura 17).

Cuadro 3. Distancias máximas y mínimas de los anillos identificados (mm), IC= intervalos de confianza del 95%.

Anillos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IC superior	0.432	0.680	0.983	1.240	1.504	2.050	2.957	3.912	4.643	*
Promedio	0.427	0.660	0.950	1.196	1.437	1.895	2.680	3.407	3.930	4.200
IC inferior	0.421	0.640	0.933	1.153	1.371	1.740	2.404	2.901	3.217	*

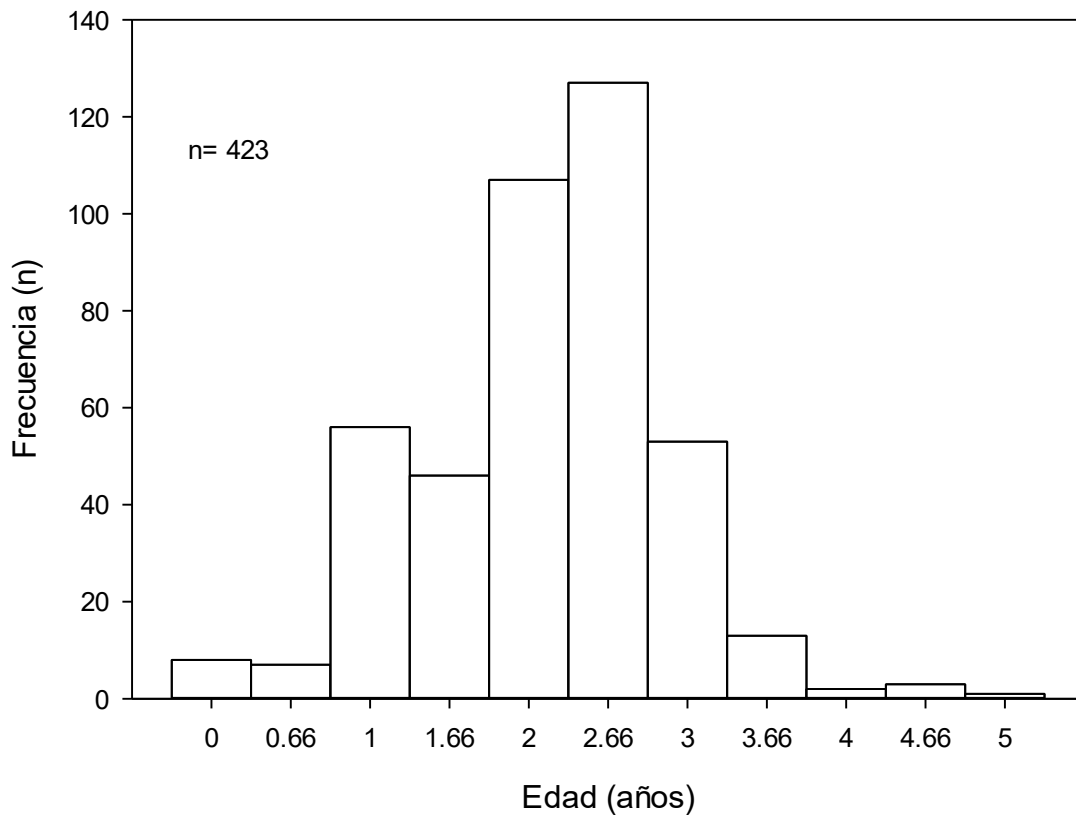


Figura 17. Histograma de frecuencia de edades estimadas con base el método de localización de anillos la especie de *Ictalurus meridionalis*.

7.5. Ecuación de crecimiento de *Ictalurus meridionalis*

De los modelos planteados para describir el crecimiento individual: Gompertz (1825), von Bertalanffy (1938) y el modelo de SchnuteRichards (Quinn y Deriso 1999), no se obtuvieron ajustes. El modelo que se ajustó y dio parametros dentro de lo esperado fue el modelo logístico, $L_{\infty}= 172.5$ con intervalos de confianza al 95% (-438.6 a 783), $k= 0.179$ con intervalos de confianza de (-0.044 a 0.403) y una $t_0= 12.22$ con intervalos de confianza de (-22.4 a 46.8), el modelo ya ajustado es el siguiente : $Lp_{ti}=172.52/(1 + e^{-0.179(t-12.22)})$ (Figura 18). De manera general de acuerdo al modelo ajustado, *I. meridionalis* muestra un crecimiento rapido despues de los tres primeros años de vida hasta los 26 años alcanzando una estabilidad después de este, para estas edades las

longitudes patrones promedio son muy similares, variando entre 1 cm a 0.5 cm (Figura 18).

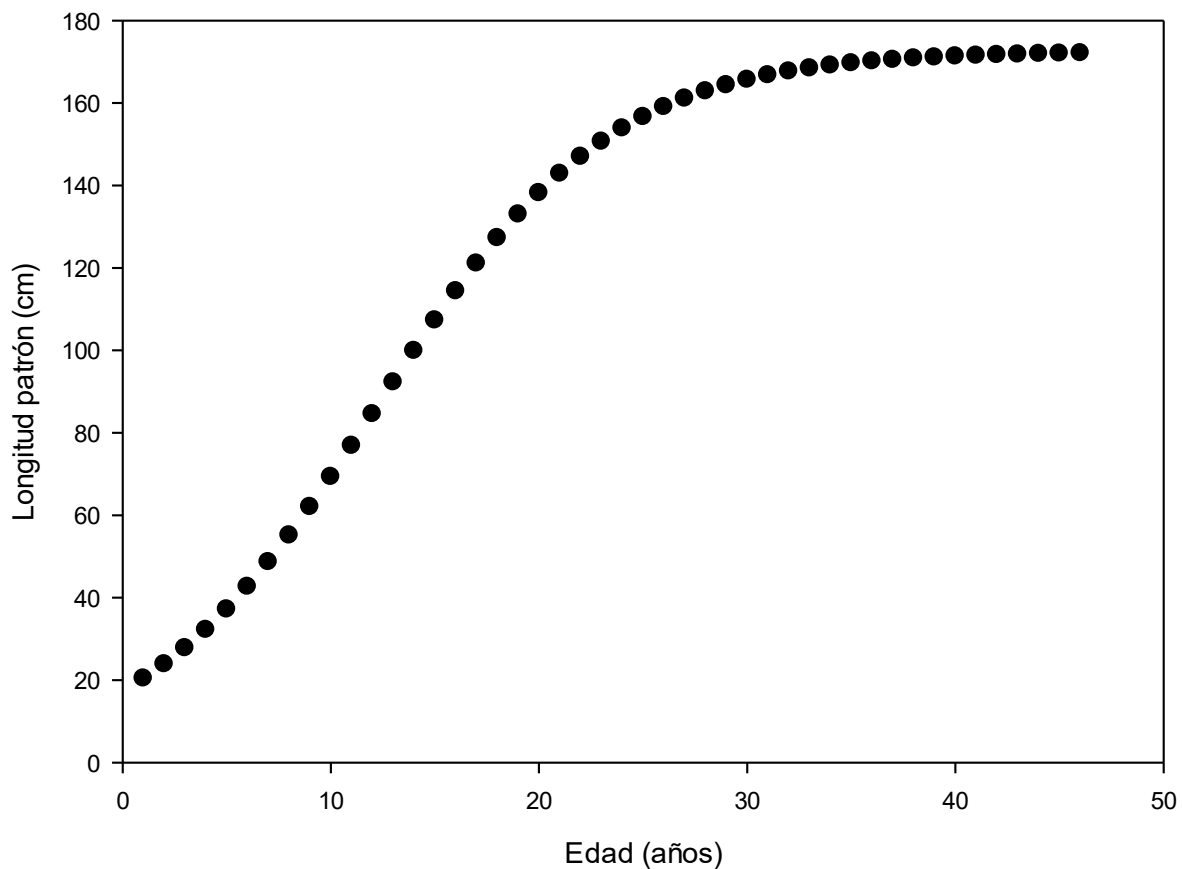


Figura 18. Curva de crecimiento logística ajustada para *Ictalurus meridionalis*.

Para determinar los aspectos reproductivos, se analizaron un total de 286 individuos, de los cuales 114 fueron machos y 172 hembras. La longitud patrón promedio de todos los ejemplares fue de 28.13 cm en longitudes que fluctuaron entre 11 cm y 56 cm en machos y en hembras la Lp promedio fue de 27.35 en longitudes que fluctuaron de 8 cm a 41.5 cm de Lp en hembras. La talla promedio mensual de los ejemplares analizados varió entre 23.36 cm en el mes de enero y 46.65 cm de Lp en diciembre y entre 20.77 cm en el mes octubre y 32.9 cm de Lp en marzo, machos y hembras respectivamente (Cuadro 4).

El peso promedio en machos fue de 398 g en pesos que van de 30 g a 2500 g de Pt y, en hembras, de 388 g en pesos que fluctuaron de 7 g a 1160 g de Pt en hembras. El peso promedio mensual de los ejemplares analizados varió entre 280 g en el mes de abril y 1727 g de Pt en el mes de diciembre, y entre 239 g en octubre y 745 g de Pt en marzo, machos y hembras respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 4. Tallas promedio, mínimas y máximas de (Lp) en (cm) de machos y hembras de *Ictalurus meridionalis*, durante el período de muestreo mayo de 2018 - abril de 2019.

	Machos			Hembras		
Mes	Talla mínima (cm)	Talla promedio (cm)	Talla Máxima (cm)	Talla mínima (cm)	Talla promedio (cm)	Talla máxima (cm)
Mayo	25.5	29.86	35.2	23.5	28.75	33.4
Junio	23.5	27.76	32	21.1	26.84	30.6
Julio	24.9	27.48	30.9	24.9	27.54	30.2
Agosto	24.2	27.3	30	25	27.98	29.5
Septiembre	29.5	29.5	29.5	27	28.9	31.3
Octubre	26.9	28.1	29.4	8	20.77	32.4
Noviembre	32.2	32.2	32.2	28.4	31.18	38
Diciembre	37.3	46.65	56	21.3	27.7	39.3
Enero	11.8	23.36	34.4	16.5	26.86	33
Febrero	25.3	28.72	32	26.7	31.25	38.3
Marzo	31.3	31.19	32.5	24.3	32.9	41.5
Abril	23	26.25	32	26	27.66	29

Cuadro 5. Peso promedio, mínimos y máximos de (Pt) en (g) de machos y hembras de *Ictalurus meridionalis*, durante el período de muestreo mayo de 2018 - abril de 2019.

	Machos			Hembras		
Mes	Peso mínimo (g)	Peso promedio (g)	Peso máximo (g)	Peso mínimo (g)	Peso promedio (g)	Peso máximo (g)
Mayo	250	467.77	820	190	436.84	800
Junio	210	366.25	560	200	347.6	500
Julio	200	336	500	220	348.22	450
Agosto	250	368.57	470	390	443.5	530
Septiembre	420	420	420	320	404.54	550
Octubre	370	422	490	7	239	460
Noviembre	580	590	600	450	612	110
Diciembre	955	1727	2500	180	472	1100
Enero	30	281.66	710	80	391	720
Febrero	235	389	600	360	520	820
Marzo	555	580	605	330	745	1160
Abril	160	280	510	310	351.66	440

7.6. Proporción sexual

La proporción sexual para todo el muestreo estuvo sesgada hacia las hembras H:M = 1.5:1 esta proporción de hembras por macho difirió significativamente de la proporción balanceada o teórica de 1:1 ($X^2_{0.05,1g} = 11.76$, $p < 0.05$). En el seguimiento mensual de la proporción de sexos se observó para todos los meses un mayor porcentaje de hembras con excepción del mes de marzo (Figura 19), las hembras representaron el 63.13 % de toda la muestra y los machos el 39.86 %.

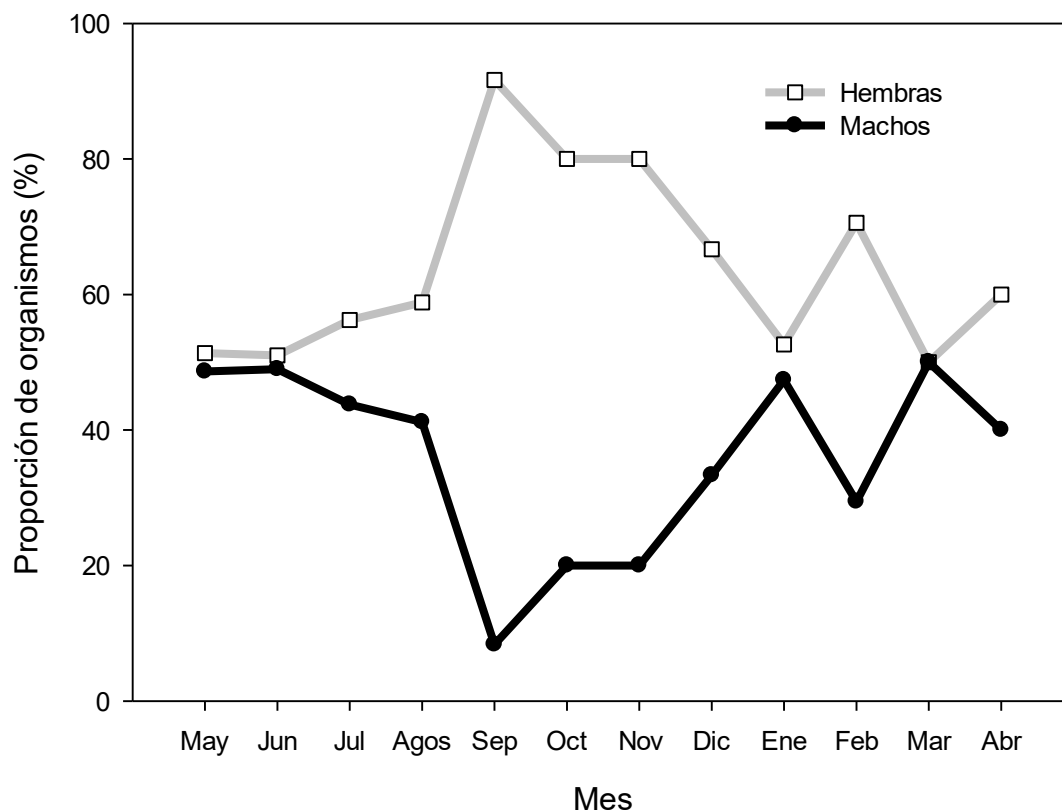


Figura 19. Proporción sexual por mes de *Ictalurus meridionalis* de la presa Malpaso, Chiapas

7.7. Temporada de reproducción

Se analizó el seguimiento mensual del índice gonadosomático de 172 hembras, el cual vario de 0.10 a 12.41 %. El comportamiento mensual del IGS, mostró un incremento sucesivo durante la temporada de lluvia presentando un valor de 1.53 % en el mes de mayo evolucionando hasta un valor máximo de 12.41 % en el mes de octubre, en este momento se produce una caída paulatina lo que estaría marcando el inicio del periodo de desove. Este último concluye en diciembre cuando se registra un IGS de 0.10 %, manteniéndose por debajo de 1.5 % para los siguientes meses hasta abril (Figura 18).

La correlación entre el IGS y la precipitación fue positiva ($r=0.64$, $p =0.027$) observándose un aumento en la precipitación que va acompañada del aumento sucesivo del IGS en el mes de mayo hasta el mes de diciembre en donde esta

desciende, aunque se observa un aumento en la precipitación en los siguientes meses esta no se mantiene (Figura 20). La prueba no paramétrica de Wilcoxon-Mann-Whitney indicó que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) del IGS al compararlo durante la temporada de lluvia la cual abarca de mayo a noviembre y la temporada más seca que va de diciembre a abril para la zona de Malpaso.

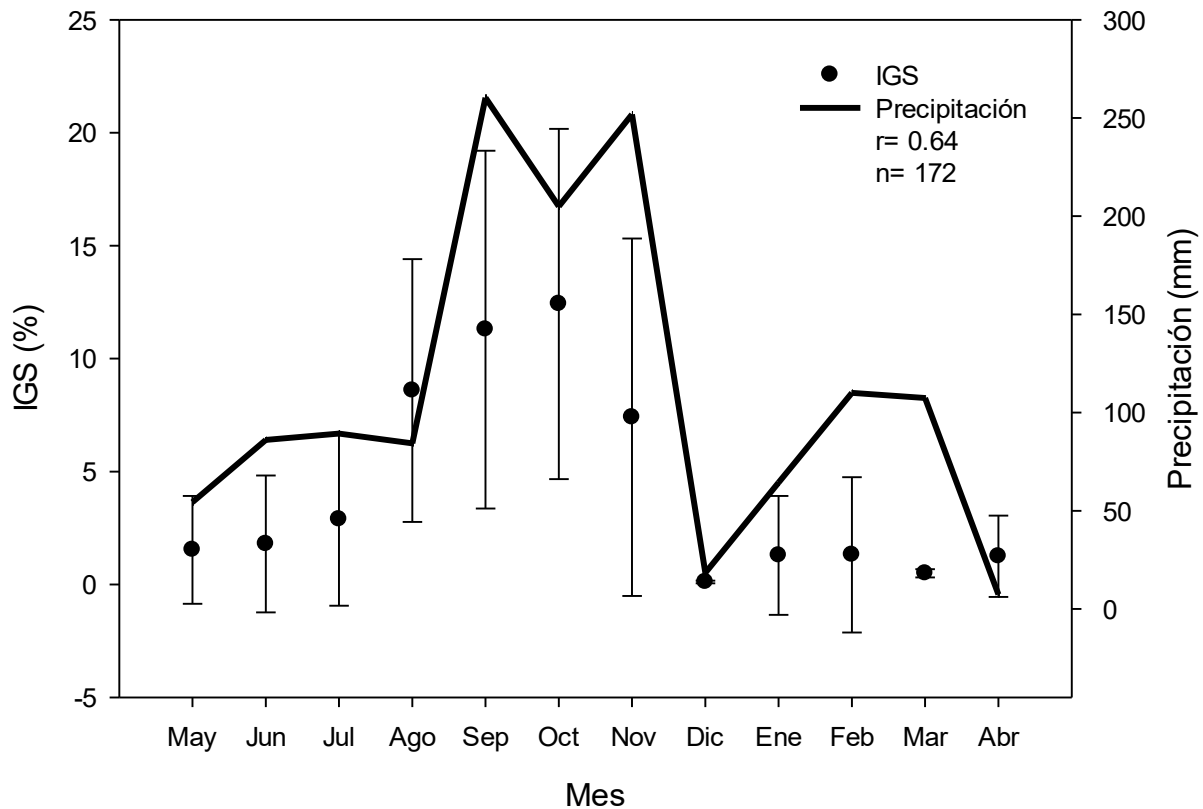


Figura 20. Variación mensual en el índice gonadosomático promedio (IGS) de *Ictalurus meridionalis* y la precipitación media en el periodo mayo de 2018 - abril de 2019, las barras representan la desviación estándar.

El análisis mensual de los estadios de madurez gonádica mostró que los organismos inmaduros (fases I) representan el 7.55 % de toda la muestra, estando presentes en los meses de julio, octubre, diciembre, enero y abril. Los ejemplares en fase de desarrollo (fase II) se observaron en todo el muestreo representando el 43.60 %. Los organismos en fase desovador capaz (fase III) estuvieron presentes en la mayoría de los meses con excepción del mes diciembre con un 48.85 %. Durante el periodo de estudio no se obtuvieron organismos en fase IV y V (Figura 21).

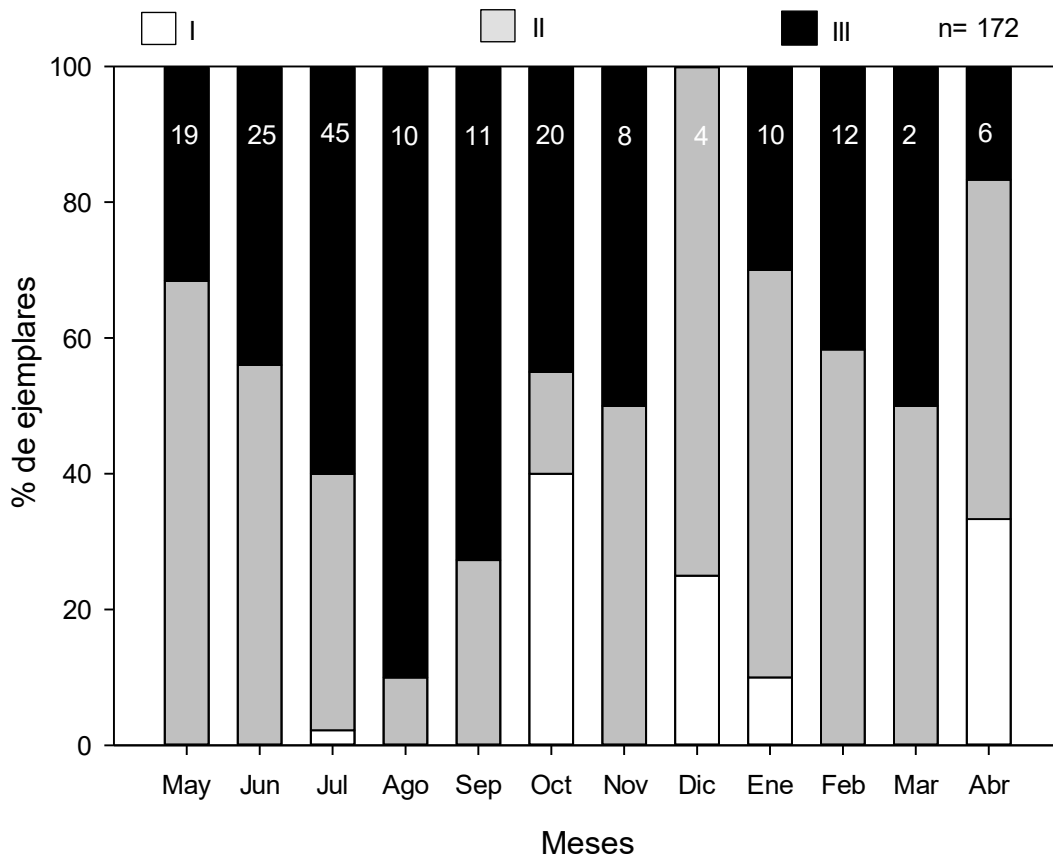


Figura 21. Proporción mensual de los estadios de madurez sexual de *Ictalurus meridionalis*.

7.8. Fecundidad

Se estimó la fecundidad de 38 hembras a partir de gónadas que se encontraban en la fase III de maduración en la escala propuesta por Brown-Peterson *et al.* (2011). El peso de las gónadas analizadas fluctuó entre los 9.6 g y 51.8 g. El menor número de ovocitos producidos fue de 1392 por una hembra con un peso de 390 g, mientras que el máximo fue de 5456.26 por una hembra con un peso de 810. En promedio se contabilizaron 2541.81 ovocitos por hembra, que registraron tallas que variaron de 25.2 cm a 32.4 cm y un peso promedio de 440 g. La fecundidad relativa osciló entre 3.56 a 9.52 ovocitos por gramo, con un promedio de 5.77 ± 1.28 ovocitos/g, equivalente a 5770 ovocitos/kg.

La relación de la fecundidad y la longitud patrón es descrita por el modelo exponencial $F = 0.016Lp^{3.54}$ ($R^2 = 0.52$; $F = 39.93$, $p < 0.001$) (Figura 22). La relación lineal fecundidad y peso fue $F = -2.437Pt6.335$ ($R^2 = 0.61$; $F = 58.64$, $p < 0.001$) (Figura 23). De acuerdo con los resultados, el modelo exponencial reveló una relación alométrica significativa entre la fecundidad y la longitud patrón, con un exponente de 3.54, lo que indica que la fecundidad aumenta más que proporcionalmente con el tamaño estructural del pez. Por otro lado, el modelo lineal entre peso y fecundidad explicó el 62% de la variabilidad observada, lo que sugiere una relación directa y proporcional entre masa y capacidad reproductiva.

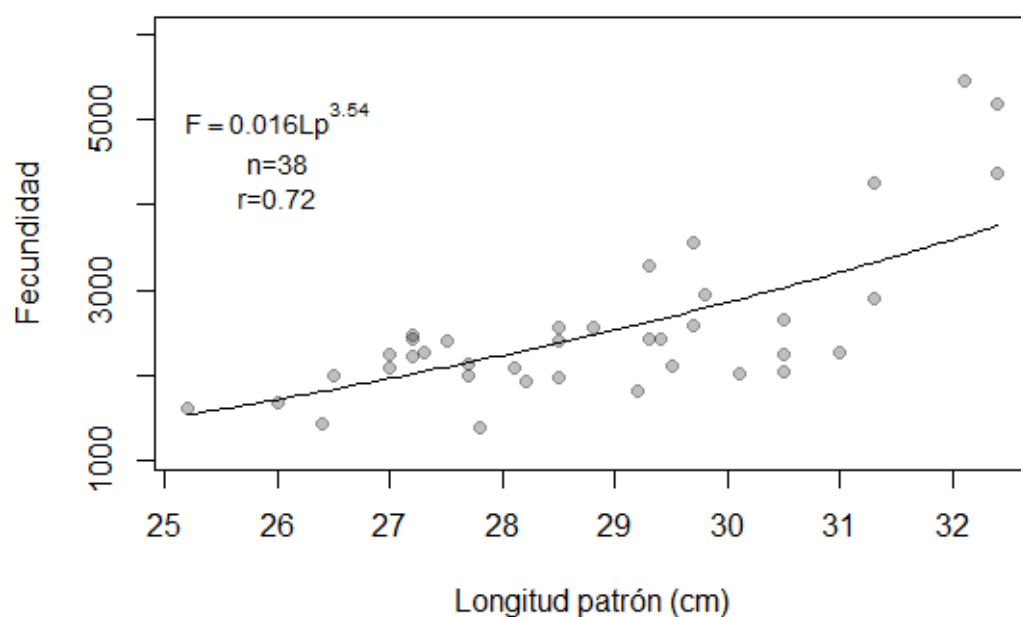


Figura 22. Relación fecundidad y longitud patrón de hembras de *Ictalurus meridionalis*.

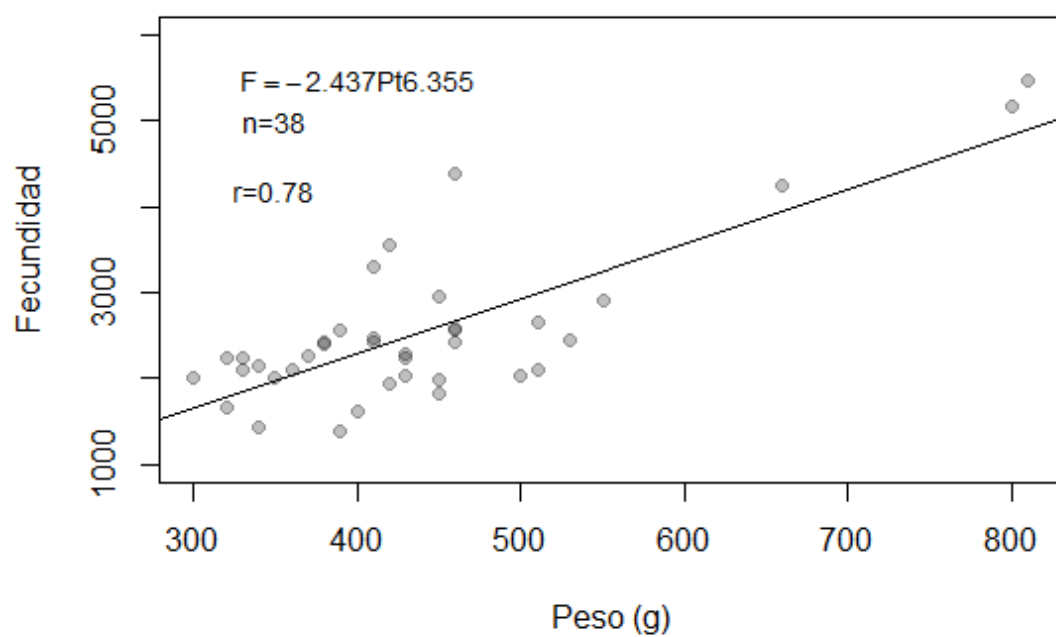


Figura 23. Relación fecundidad y peso de hembras de *Ictalurus meridionalis*.

7.9. Talla de primera madurez sexual

Se encontraron hembras en tallas de 8 a 41.5 cm de Lp, la hembra de mayor talla inmadura se registró a los 29.2 cm de Lp, la hembra más pequeña considerada madura se encontró en la clase de talla de 16 cm Lp a partir de los 30 cm de Lp todas las hembras analizadas se encontraron maduras. Los individuos inmaduros correspondieron al 7.55 % de la muestra analizada. La L_{50} estimada para las hembras de *I. meridionalis* fue de 17.79 cm de longitud patrón, con un intervalo de confianza del 95% de 15.03 a 20.43 cm, con una correlación de ($r = 0.82$, $p < 0.001$) (Figura 24).

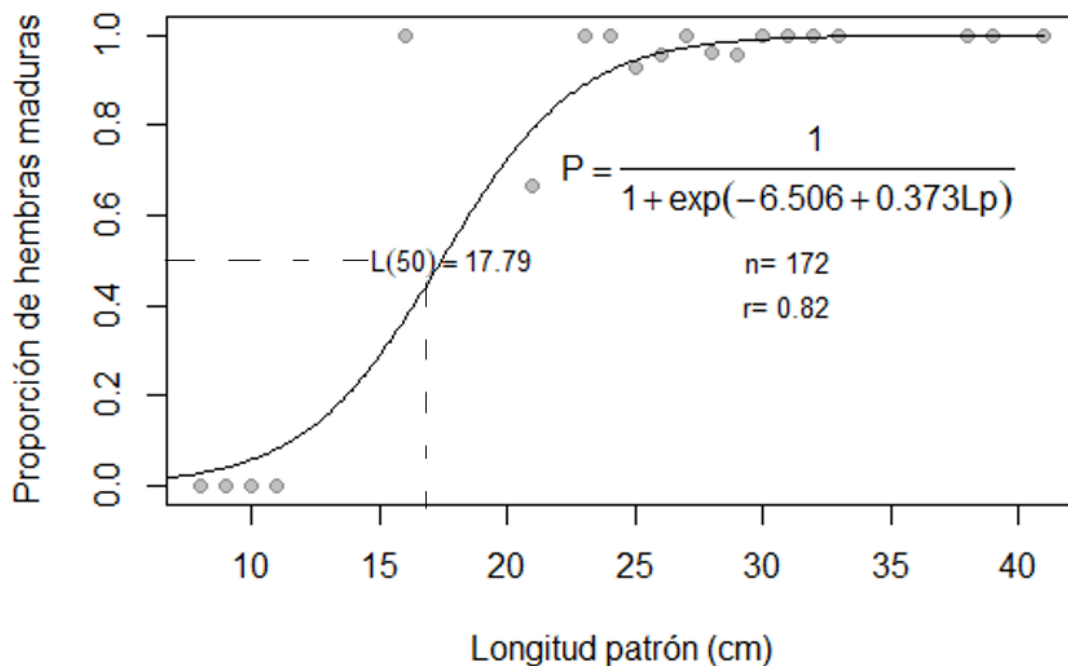


Figura 24. Talla de primera madurez (L_{50}) para hembras de *Ictalurus meridionalis*. La línea punteada indica la longitud a la cual el 50% de las hembras se encuentran sexualmente maduros.

VIII. DISCUSIÓN

En la distribución de frecuencia de tallas analizadas se observó mayor número de organismos en las clases de talla intermedia. Esto podría deberse a el arte de pesca empleado en las capturas: la red agallera de 9 cm de luz de malla, no permite que peces de menor tamaño sean capturados. Por otro lado, el menor número de organismos en las clases de tallas pequeñas y grandes corresponden a la pesca con anzuelo, siendo menos frecuente la captura de peces pequeños, y esto se debe al tamaño del anzuelo utilizado para respetar una talla mínima comercial. El bajo número de organismo de tallas grandes puede atribuirse a que estos son escasos en la naturaleza (Csirke, 1980), se sabe que la pesca influye directamente en las tallas de los peces, ya que los ejemplares más grandes son más susceptibles a la captura. Esta selección de organismos se ve reflejada en la reducción de la talla media de captura y en las longitudes máximas (Shin *et al.*, 2005).

Para los análisis de edad y el ajuste de curvas de crecimiento las estrategias de muestreo tienen una relación directa en las edades y en las estimaciones de los parámetros de crecimiento (Phillip, 2019), es fundamental contar con individuos que representen todo el rango de tallas (pequeñas, medianas y grandes), ya que esto permite obtener estimaciones más precisas de los parámetros de crecimiento y evitar sesgos asociados a la selectividad de los artes de pesca (Goodyear, 2019; Smart y Grammer, 2021)

8.1. Tipo de crecimiento

En los estudios del ciclo de vida de las especies, es importante conocer su crecimiento en longitud y peso, puesto que dichos parámetros pueden presentar tasas diferentes tanto por regiones, sexos y temporadas (Vazzoler, 1981; Froese, 2006). El análisis de relación longitud-peso por sexos, los machos presentaron un crecimiento de tipo isométrico, ya que el valor de b (3.045) obtenido no mostró diferencia significativa al valor teórico de 3, es decir crece en talla como en peso proporcionalmente (Froese *et al.*, 2011), mientras que las hembras presentaron un crecimiento alométrico positivo el valor de b (3.137) mostrando diferencia significativa con respecto al valor teórico, por lo

cual los individuos de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud.

Estos parámetros de relación longitud-peso para *I. meridionalis* han sido reportados por Velázquez-Velázquez *et al.* (2015) con un valor de $b = 3.13$, sin embargo, en este estudio no se menciona si resultó ser significativamente diferente de 3 pero se encuentra dentro de los rangos esperados para b de 2.5 a 3.5 (Froese, 2006), la diferencia en el valor de b podría deberse a las tallas manejadas; Velázquez-Velázquez *et al.* (2015) reporta organismos de menores tallas de 3.8 a 32 cm y en el presente estudio se analizaron ejemplares de tallas 8 a 73.5 cm, ya que lo recomendado para este tipo de estudios es tener una cobertura de intervalos de tallas completo, desde juveniles hasta adultos cercanos a sus tamaños asintóticos (Froese *et al.*, 2011). En cuanto a la diferencia significativa en el tipo de crecimiento por sexos, este parámetro puede cambiar en poblaciones de la misma especie, por región, temporada y sexo (Vazzoler, 1981; Froese, 2006); en este último caso, la diferencia en los valores del coeficiente de crecimiento pueden ser producto de la ganancia en peso por el estado de madurez de las hembras que tienden a ganar peso y pérdida del mismo al momento de llevarse a cabo el desove (Ehrhardt, 1981).

8.2. Relación entre el diámetro de la espina y longitud del pez

Un requisito, importante en la estimación del crecimiento individual de los peces basado en el análisis de estructuras duras, es la evaluación de la proporcionalidad entre el crecimiento de estas estructuras y el crecimiento del pez (Watson, 1967; Panfili *et al.*, 2002; Vigliola y Meekan, 2009; Alcaraz-García, 2012). Las relaciones de las diferentes longitudes de la espina de la aleta dorsal con la longitud patrón, mostraron una relación lineal positiva, para todos los casos se encontró que la longitud patrón explica más del 70% la variabilidad de las diferentes dimensiones analizadas de la espina y con una correlación por arriba de 0.85 en todos los casos. Es importante destacar que este es el primer trabajo en donde se obtiene la relación entre la primera espina de la aleta dorsal y la longitud patrón para *I. meridionalis*.

El uso de las espinas de la aleta dorsal para determinar la edad en peces se ha reportado para varias especies de peces, Alvarado-Castillo y Félix-Uraga (1996) reportan una correlación de 0.74 con el diámetro de la cuarta espina de la aleta dorsal de *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792), Melo-Barrera *et al.* (2003), para *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) reportan una relación de 0.94 longitud mandibular- radio total de la espina, lo que indica que el radio de la espina aumenta conforme aumenta la longitud del pez.

En estudios realizados con espinas en otras especies de bagres de América del sur se han reportado relaciones lineales positivas tales como Penha *et al.* (2004) con la espina de la aleta pectoral de *Sorubim lima* (Bloch y Schneider, 1801) un 84% de la variabilidad del diámetro de la espina es explicado por la longitud del pez, González *et al.* (2015) reporta una relación lineal positiva con el uso de la espina pectoral para determinar la edad *Brachyplatystoma rousseauxi* (Castelnau, 1855). Por lo anterior, basándonos en el supuesto de que la evaluación de la proporcionalidad entre el crecimiento de estructuras duras como las espinas y el crecimiento del pez es crucial para la estimación del crecimiento individual de los organismos, los resultados obtenidos en este estudio indican que la espina de la aleta dorsal es una estructura adecuada para estimar el crecimiento de *I. meridionales*, ya que al incrementar la talla incrementa el diámetro de la espina.

8.3. Periodicidad de la formación de las marcas de crecimiento

La validación de la formación de las marcas de crecimiento presentes en las diferentes estructuras duras es un aspecto esencial para estudios en la determinación de la edad y el crecimiento en peces, ya que permite asignar la temporalidad de formación de los anillos (Caillet *et al.*, 2001; Campana, 2001; Beltrán-Álvarez *et al.*, 2010).

El análisis del porcentaje mensual de bordes reveló que existen dos periodos de formación es decir dos marcas por año, la primera marca se forma en el mes de septiembre y la segunda marca en el mes de enero, con el fin de conocer los factores que ocasionan la formación de estas marcas se relacionó el seguimiento mensual del IGS y la temperatura ambiental, en el análisis del IGS y la presencia de bordes hialinos

se observa un aumento a partir del mes de mayo encontrando el pico más alto en el mes de octubre y el segundo aumento en los meses de enero a febrero, ambos aumentos del IGS coinciden con los porcentajes más altos de bordes hialinos, sin embargo la correlación entre estos fue baja. Se sabe que durante la época de reproducción la mayor parte de la energía se destina para la maduración de las gónadas, existiendo una reducción en la tasa de crecimiento dando lugar a la formación de la marca hialina (Cubillos y Arancibia, 1993; Penha *et al.*, Mateus y Barbieri, 2004; Beltrán-Álvarez *et al.*, 2010), por lo cual en este estudio el proceso de la maduración gonádica podría ser el causante de la primera marca para *I. meridionalis* al coincidir con el pico más marcado en el aumento del IGS y la primer marca.

En la relación del porcentaje mensual de los bordes hialinos con la temperatura, al no contar con la temperatura superficial del agua de la presa Malpaso se realizó la correlación con la temperatura ambiental, el análisis no evidencio una correlación ya que se observó que las marcas de crecimiento están presentes cuando se encuentran temperaturas más altas como temperaturas bajas. Sin embargo, la temperatura más baja coincide con la formación de la segunda marca identificada en el mes de enero-febrero. Aunque diferentes autores mencionan que la formación de la marca de crecimiento está relacionada con el descenso de temperatura debido a la disminución del metabolismo (Beltrán-Álvarez *et al.*, 20010; Gómez-Ponce *et al.*, 2010), para este estudio la formación de las marcas están relacionadas a ambos procesos, reafirmando que en zonas tropicales dichos cambios periódicos (temporalidad marcada, disponibilidad de alimento), son más irregulares que en las zonas templadas y las causas de estas marcas de crecimiento están más relacionadas a la temporada de maduración gonádica (Morales-Nin,1991).

La formación de dos marcas de crecimiento se ha reportado para otras especies tropicales asociándolas al descenso de temperatura, reproducción, precipitación y nivel del agua. Blake y Blake. (1981) reportan para *Chanos chanos* (Fabricio, 1775), *Cynoscion xanthulus* (Jordan y Gilbert , 1882) y *Micropogon ectenes* (Jordan y Gilbert, 1882) de una laguna costera de México dos marcas de crecimientos la primera en épocas de lluvias de julio a octubre y una segunda de febrero-marzo, Gómez-Márquez

et al. (2008), en *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en la laguna de Coatetelco, Morelos, México, determinan dos marcas a partir del hueso opercular y concluyen que la formación se debe a la alta temperatura que registra el agua del embalse y al periodo reproductivo. Beltrán-Álvarez *et al.* (2010), para *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) asocia la presencia de dos marcas, la primera a la temporada de invierno donde la temperatura desciende y la segunda a la reproducción, Gómez-Ponce *et al.* (2011), en un híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* asumen la formación de la primer marca durante los meses fríos de noviembre a enero, debido quizás a una reducción significativa del metabolismo basal como consecuencia de las bajas temperaturas que se presentan en la represa. Y un segundo periodo de formación durante los meses de abril-mayo que pudiera estar relacionado con la utilización de energía para la maduración gonádica.

De acuerdo a lo observado en los estudios mencionados las marcas están asociadas a varios factores ambientales y biológicos. Estos incluyen variaciones estacionales como cambios en la temperatura del agua, periodos de reproducción, precipitación y nivel del agua. Por lo cual es recomendable realizar la observación de las marcas con la temperatura del agua la cual influye directamente en los peces, así como con el nivel del agua de la presa, desafortunadamente estos datos no se pudieron obtener para este estudio.

8.4. Determinación de los grupos de edad de *Ictalurus meridionalis*

Las edades fueron posibles de estimar a través de los cortes de la primera espina de la aleta dorsal, encontrando edades preliminares de cero a cuatro años (0 a 8 marcas), posteriormente con la corrección de edad se encontraron edades de cero a cinco años (0 a 10 marcas), siendo más abundantes los organismos de dos años y medio, cuando los peces alcanzan un año presentan mayor susceptibilidad de captura esto debido a el arte de pesca empleado con mayor frecuencia, la red agallera de 9 cm de luz de malla.

No se han reportado trabajos con relación a la edad de *I. meridionalis*. De manera comparativa con otros bagres del mismo género, se encuentran *I. furcatus* que reporta edades de 1 a 11 años en organismos de 18.29 a 94.74 cm en lecturas de

cortes en la espina de la aleta pectoral (Gray, 1970), Stewart *et al.* (2009), reportan edades de 0 a 34 años determinadas a través de las lecturas de marcas presentes en los otolitos en tallas de 7 a 119 cm, Hughes y Carlson (1986), en *Ictalurus catus* utilizaron la espina de la aleta pectoral para determinar la edad en tallas de 4 a 46 cm donde se encontraron edades de 1 y 8 años. La diferencia entre las edades encontradas en estos estudios podría estar asociada a la validación de las marcas de crecimiento ya que en ninguno de los trabajos mencionados se valida la periodicidad de las marcas y se asume que cada marca equivale a un año. Otra razón en la diferencia de la estructura de edades puede ser consecuencia de las tallas y longevidad que presentan las especie al menos para *I. furcatus*, de acuerdo a lo reportado, se observa que son más grandes y longevos que *I. meridionalis*.

8.5. Ecuación que describe el crecimiento de *Ictalurus meridionalis*

El modelo logístico es el único que se ajustó al crecimiento individual del bagre *I. meridionalis*. A pesar de que el modelo de von Bertalanffy se ha utilizado para describir el crecimiento individual para algunos bagres (González *et al.*, 2010; González *et al.*, 2015; Penha *et al.*, 2004; Mateus y Petrere, 2004), para este estudio no fue el caso. González *et al.* (2010) para *Pseudoplatystoma orinocoense* (Buitrago-Suárez y Burr, 2007) analizaron tallas que oscilaron entre 28 cm y 77 cm, Penha *et al.* (2004) para *Sorubim cf. lima* las tallas analizadas variaron de 23 cm a 53.4 cm, mientras que para *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix y Agassiz, 1829) las tallas analizadas fueron de 52 a 145 cm (Mateus y Petrere, 2004).

Esta diferencia en el modelo de crecimiento podría deberse a que, en los estudios mencionados anteriormente, no se analizaron organismos en las tallas más pequeñas, para la estimación de los parámetros de crecimiento, es recomendable incluir en el ajuste de los modelos organismos de tallas pequeñas para obtener una mejor estimación de t_0 y K ya que el valor de k se subestima y el valor absoluto de t_0 resulta demasiado grande (Prince *et al.*, 1987; Kopf *et al.*, 2005).

El modelo logístico tiende a caracterizar bien el crecimiento cuando éste es relativamente lento en estadios tempranos de vida (Griffiths *et al.*, 2010). De acuerdo

con los resultados obtenidos en este estudio, la trayectoria de este modelo indicó que, después de los tres primeros años de vida *I. meridionalis* tiene un crecimiento rápido, y alcanza la longitud infinita L_{∞} después de los 26 años.

La tasa de crecimiento calculada con el modelo logístico ($k = 0.179$) muestra que *I. meridionalis* presenta una tasa de crecimiento similar a la reportada para *I. furcatus* en organismos del lago Barkley ($k = 0.11$) con una $L_{\infty} = 111.5$ cm (Stewart *et al.*, 2009), para otros Siluriformes de América del sur se han reportados tasas de crecimiento menores a la reportada en el presente estudio, *Pseudoplatystoma orinocoense* ($k = 0.080$ y 0.088 con una $L_{\infty} = 112.6$ y 106.1 cm (González *et al.*, 2010), *Pseudoplatystoma corruscans* ($k = 0.085$ y una $L_{\infty} = 183$ cm) (Mateus y Petreire, 2004), la tasa de crecimiento revela que *I. meridionalis* crece más rápido que otras especies de Siluriformes. Las tallas de longitud infinita calculada para *I. meridionalis* ($L_{\infty} = 172.52$) fue más grande a comparación de las especies antes mencionadas a excepción de *Pseudoplatystoma corruscans*.

8.6. Proporción sexual

Respecto a la proporción sexual se encontró que para casi todos los meses las hembras estuvieron presentes con un mayor porcentaje, el análisis de la proporción de sexos para el total de la muestra indicó que existen diferencias significativas que difiere a la proporción teórica esperada 1:1 (Nikolsky, 1963). Para *I. meridionalis* no se ha reportado la proporción sexual sin embargo proporciones similares se han reportado para otros siluriformes, como lo es *Ictalurus balsanus* para el cual Díaz-Rojas y Díaz-Pardo (1991), reportan una proporción H:M 1.14:1, una proporción aun mayor para las hembras H:M 2:1 es reportada por Pérez *et al.* (2012) para *Pseudoplatystoma tigrinum*, Caballero-Chávez (2013) reporta una proporción promedio de H:M 1.6:1 para el *Bagre marinus*, mientras que en otros casos aunque hay una mayor proporción de hembras esta no es significativa a la proporción 1:1 como la reportada por Zavala-Leal *et al.* (2019) para la especie *Bagre panamensis* cuya proporción fue de 1.1:1 (H:M).

Hay que tener en cuenta que existen diferentes factores que determinan el predominio de individuos de un sexo como lo es la mortalidad, crecimiento y comportamiento reproductivo (Vazzoler, 1996), en cuanto al crecimiento junto con el

arte de pesca podríamos atribuir que estos factores están contribuyendo a la presencia de un mayor porcentaje de hembras en este estudio ya que las hembras presentaron un crecimiento de tipo alométrico positivo lo que sugiere mayor ganancia en peso que en longitud lo que haría que estas fueran de forma más robusta que los machos, aunado al tipo de pesca que su mayoría se captura con red agallera de 9 cm luz de malla, por lo cual las hembras al ser más robustas se vuelven más susceptibles a ser capturadas. De acuerdo al comportamiento reproductivo en algunos casos se ha observado variaciones en la proporción de sexos cuando es analizada por meses, las hembras predominan en los meses de reproducción para algunos bagres marinos atribuyendo el menor número de machos por el cuidado parental, ya que los machos son los encargados de incubar los huevos en la boca (Mendoza-Carranza y Hernández-Franyutti 2005; Caballero-Chávez, 2013), en este estudio es notorio el mayor porcentaje de hembras durante los meses de agosto a noviembre (Figura 2) los cuales coinciden con la temporada de reproducción aunque se desconoce el tipo de incubación que presentan la especie *I. meridionalis* se sabe de algunos bagres del mismo género, son los machos que se encargan del cuidado parental quedándose en los nidos aireando y protegiendo los huevos (SEPESCA, 1988; Díaz-Rojas y Díaz-Pardo, 1991) lo cual los hace menos susceptibles a ser capturados en la temporada de reproducción.

8.7. Temporada de reproducción

La temporada de reproducción para *I. meridionalis* no ha sido reportada, de acuerdo al seguimiento mensual del IGS los valores más altos se presentaron durante la temporada de lluvia encontrado diferencias significativas al analizarlo por temporadas de lluvias y secas, la correlación de los datos de precipitación y el IGS fue positiva. Por lo que la temporada de lluvias podría ser un factor importante que determine el periodo de reproducción para *I. meridionalis* ya que está aumenta de mayo a noviembre coincidiendo con los aumentos en el IGS. Sin embargo, la presencia de ovocitos en el estadio III (con capacidad de desove), en la mayoría de los meses sugiere una reproducción continua a lo largo del año, pero en menor porcentaje.

La reproducción en bagres de la familia Ictaluridae se ha vinculado con diversos factores ambientales, entre ellos las lluvias y el cambio de la temperatura del agua.

Kato y Romo (1981), señalan que la temporada reproductiva de *Ictalurus balsanus* coincide con el cambio de temperatura de abril a mayo y que a su vez esta ocurre en el cambio de época de estiaje a la de lluvias. En el caso de *I. punctatus* que es una de las especies de bagres más estudiados, se ha documentado que se reproduce una vez al año y esta ocurre durante la primavera generalmente entre abril y julio, cuando el aumento de la temperatura estimula el desove (Davis *et al.*, 1986; Tucker, 1996; Lang, Romaine y Tiersch, 2003).

La estimulación de la temperatura al desove, generalmente sucede para teleósteos de climas templados que han evolucionado para reproducirse en primavera (Graham y DeiSant, 1999), mientras que en las regiones tropicales la variación de las lluvias y el nivel de los ríos son los factores determinantes para el inicio de la maduración reproductiva de los peces (Lowe-McConnel, 1999; Criscuolo-Urbinati, 2005), se ha reportado la influencia de la temporada de lluvia y el aumento de nivel del agua con la época reproductiva para diferentes especies de peces. Braga (1997), menciona que el período reproductivo de *Plagioscion squamosissimus* se sincroniza con las abundantes lluvias esto sucede en los meses de verano, Mendoza-Carranza y Hernández-Franyutti (2005), mencionan que el *Bagre marinus* tiene un solo periodo reproductivo de mayo a agosto cuando la temperatura y la precipitación son altas. Pérez *et al.* (2012) encontraron el mayor aumento en el IGS en mayo para *Pseudoplatystoma tigrinum* sugiriendo que el desove ocurre más tarde en junio cuando el río está próximo a alcanzar su máximo nivel. Para *Brycon hennin* Mancera-Rodríguez (2017), mediante el análisis del IGS, menciona que existe mayor desarrollo gonadal cuando se da el aumento del nivel del agua que sucede durante la temporada de lluvias.

Esta correlación entre la lluvia y la reproducción se debe a que los peces han desarrollado diversas estrategias reproductivas sincronizadas con las condiciones ambientales que favorezcan la fertilización, la incubación y el reclutamiento de la nueva cohorte (Wootton, 1984), por lo que las lluvias les proporcionan ventajas, ya que altera el nivel del agua en los ríos lo que facilita el desplazamiento migratorio de los

reproductores y ofrece áreas favorables para el crecimiento de los huevos y de la prole (Criscuolo-Urbinati, 2005).

De acuerdo a lo anterior, al no existir un cambio notable en la temperatura como sucede en los climas templados pero si periodos de lluvia y secas, en la presa Malpaso, estos son probablemente los factores que estén influyendo a que *Ictalurus merdionalis* se reproduzcan con mayor intensidad en la temporada de lluvias, ya que existe un aumento en el nivel de agua en el embalse durante esta temporada por parte de los ríos tributarios La Venta y Grijalva registrando el máximo afluente en los meses de septiembre y octubre (Romero-Beltrán *et al.*, 2021), lo cual también puede estar facilitando la disponibilidad de alimento para los reproductores y para las crías.

8.8. Fecundidad

El número de muestras para este análisis en particular es bajo, por lo que estos resultados se deben interpretar con cautela. El estudio de fecundidad para esta especie como ocurre en la mayoría de los peces presentó una relación exponencial entre la fecundidad y la talla (Holden y Raiit, 1975). Con un valor de $b = 3.54$, Saborido-Rey (2004) menciona que la tasa de incremento de la fecundidad con respecto a la talla (b) en los peces tiene un valor medio en torno a 3, pero su rango de variación es de 1 a 7, como regla general b es más alta en especies de vida corta y mortalidad larvaria elevada que en especies longevas de supervivencia larvaria alta. En este caso 3.54 está dentro de lo esperado para *I. meridionalis* al ser una especie de vida longeva.

La fecundidad promedio estimada en este estudio fue de 2541.82 ovocitos por hembra, mientras que la fecundidad relativa alcanzó los 5770 ovocitos/kg. Estos valores se encuentran por debajo de los reportados para otras especies de la familia Ictaluridae. Díaz Rojas y Díaz-Pardo (1991), reportan para *Ictalurus balsanus* un promedio de 4685.3 en hembras con tallas que fluctuaron de 23 cm a 61.4 cm. Mientras que *Ictalurus punctatus* produce un promedio de 8800 huevos/kg y pudiendo llegar a producir hasta 50 mil huevos en organismos muy grandes y viejos (Chapman, 1992; FAO, 2009).

Estas diferencias pueden atribuirse principalmente al rango de tallas y pesos de los organismos analizados en el presente estudio, el cual fue más estrecho y con valores inferiores respecto a los estudios comparativos. Dado que la fecundidad está estrechamente relacionada con el tamaño corporal, se recomienda ampliar el muestreo incluyendo hembras de mayor talla y peso, lo que permitiría obtener estimaciones más representativas del potencial reproductivo de la especie.

Diversos estudios han documentado una relación positiva entre el tamaño corporal y la fecundidad, los organismos más grandes de una misma especie tienden a tener una mayor fecundidad que organismos pequeños. Por ello, cuando se emplea una talla media para estimar la fecundidad, existe el riesgo de subestimar el número total de ovocitos, ya que los peces de menor tamaño presentan proporcionalmente menos huevos que los de mayor talla (Pitcher y MacDonald, 1973; Saborido-Rey, 2004).

Saborido-Rey (2004) menciona que hembras de la misma talla pueden diferir bastante en la fecundidad; incluso la misma hembra suele tener diferentes fecundidades parciales dentro de la misma época de puesta. La fecundidad real media a una talla determinada puede variar de año en año en una población o entre poblaciones de una misma especie (Saborido-Rey, 2004). Por lo que la fecundidad de *I. meridionalis* podría variar ya que la fecundidad real es el número real de huevos que son liberados en una estación reproductiva, una parte de los que constituyen la fecundidad potencial (a veces muchos) no llegan a ser puestos y se quedan en el ovario para ser después reabsorbidos (Saborido-Rey, 2004).

8.9. Talla de primera madurez sexual

La talla de primera madurez sexual L_{50} para *I. meridionalis* estimada fue de 17.79 cm de Lp. Resultados similares son reportados para *Ictalurus balsanus*, para la cual la talla de reclutamiento reproductivo es de 18.9 cm de Lp (Díaz Rojas y Díaz-Pardo, 1991). Mientras que Kato y Romo (1981), reportan para la misma especie una longitud de 15 cm. Para *Ictalurus punctatus* se ha reportado que las hembras en las clases de tallas de 35 cm a 35.9 cm de Lt maduras (Perry y Carver 1972). Así mismo, Hubenova y Zaikov (2014), reportan que, para las hembras de la misma especie, éstas se encuentran listas

para la reproducción en tallas de 37.5 a 48 cm. Mientras que para las hembras de *Ictalurus furcatus* la reportan de 48.1 cm de Lt (Perry y Carver, 1972). Las tallas mencionadas anteriormente no son L_{50} son solo las tallas en las que se observaron hembras maduras, esta comparación se hace debido a que son especies del mismo género, sin embargo, se debe de tener en cuenta que se podrían estar subestimando las tallas de madurez.

Para otras especies de bagres que se reportan la L_{50} se encuentra *Pseudoplatystoma tigrinum* con una L_{50} de 69.4 cm en la cuenca del río Apure, Venezuela (Pérez *et al.*, 2012), mientras que en las costas de Florida *Ariopsis felis* madura a los 25 cm de LF, el *Bagre marinus* madura a los 33 cm de LF (Armstrong *et al.*, 1996); para la misma especie en la zona de Campeche la talla de madurez la alcanza a los 35.8 cm de LT (Caballero-Chávez, 2013). Se sabe que la talla de primera madurez es un parámetro que suele variar dentro de una misma especie, provocada por una presión externa, esta variación puede ser espacial o temporal. Entre especies, depende de su historia biológica (Saborido-Rey, 2004; Domínguez-Petit *et al.*, 2008). La reducción o el aumento en la talla de primera madurez también está relacionada directamente con el arte de pesca al aumentar o reducir el tamaño de los anzuelos o el haz de luz de las mallas. Se debe de considerar que al ser el primer reporte de la talla de primera madurez sexual de *I. meridionalis* no se puede comparar con otros autores y se recomienda seguir revisando este parámetro en los años siguientes para entender el comportamiento reproductivo.

IX. CONCLUSIONES

El presente estudio sobre *Ictalurus meridionalis* reveló diferencias significativas en el tipo de crecimiento entre sexos, observándose un crecimiento alométrico positivo $b=3.137$ en hembras y un crecimiento isométrico $b=3.045$ en machos.

La espina de la aleta dorsal presentó una tendencia lineal positiva entre el diámetro del corte y la longitud patrón, con una alta correlación $r=0.87$, lo que respalda su utilidad como estructura dura para estimaciones de edad. El análisis de bordes en los cortes transversales indicó la formación de dos marcas anuales, permitiendo identificar grupos de edad entre 0 y 5 años. El modelo logístico describió el crecimiento *I. meridionalis*, con la formula: $LFti = 172.52 / (1 + e^{-0.179(t-12.22)})$.

La proporción de sexual estuvo dominada por hembras (H:M = 1.5:1), y se observó una aparente reproducción continua a lo largo del año, con un pico marcado durante la temporada de lluvias de mayo a octubre. En promedio, las hembras producen 5.77 ± 1.28 ovocitos/g, presentando una relación lineal entre el peso y la fecundidad explicando el 62% de la variabilidad observada. Finalmente, se determinó que la talla de primera madurez sexual (L_{50}) es alcanzada a los 17.79 cm.

X. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Alcaraz-García, Z. T de J. 2012. Edad, Crecimiento y Mortalidad natural del bonito *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) en el suroeste del Golfo de México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Boca del río, Veracruz.
- Alvarado-Castillo, R. M y Félix-Uraga, R. 1996. Determinación de la edad de *Istiophorus platypterus* (Pisces: Istiophoridae) al sur del Golfo de California, México. *Revista de biología tropical*. 44(1): 233-239.
- Andrade, P. y Braga, F. 2005. Reproductive seasonality of fishes from a lotic stretch of the Grande River, high Paraná River basin, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 65, 387-394.
- Anzueto-Calvo, M., Velázquez-Velázquez, E., Gómez-González, A., Quiñonez, R y Olson, B. 2013. Peces de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas, México.
- Arancibia, H., Cubillos, L., Remmaggi, J. y Alarcón, R. 1994. Determinación de la talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano, Chile. *Biología pesquera*. 23: 11-17.
- Araya, P., Hirt, L. y Flores, S. 2003. Biología reproductiva y crecimiento de *Pimelodus clarias maculatus* (Lac. 1803) (Pisces, Pimelodidae), en la zona de influencia del embalse Yacyretá. *Ecología Austral*. 13:83-95.
- Armstrong, M., M. Murphy., R. Muller., D. Harshany y R. Crabtree.1996. A stock assessment of hardhead catfish, *Arius felis*, and gafftopsail catfish, *Bagre marinus*. Florida waters. Report to the Florida Marine Fisheries Commission Florida Department of Environmental Protection, Florida Marine Research 85 Institute, StPetersburg, FL USA.
- Bagenal, T. M. 1978. Aspects of fish fecundity. In: Gerking S. D (Eds). Ecology of freshwater fish production. Blackwell Oxford. Pp 75-101.
- Beltrán-Álvarez, R., Sánchez-Palacios, J., Valdez, G. L. y Ortega, A. 2010. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la Presa Sanalona, Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical*. 58: 325-338.

- Blake, C. y B.F. Blake. 1981. Age determination in six species of fish in a Mexican Pacific coastal lagoon. *Journal of Fish Biology*. 18: 471-478.
- Blumer, L. 1985. Reproductive natural history of the brown bullhead *Ictalurus nebulosus*. *Environmental Biology of fishes*, U. S. A. 19: 97-104.
- Brown-Peterson, N. J., Wyanski, D. M., Saborido-Rey, F., Macewicz B. J. y Lowerre-Barbieri S. K. (2011). A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes, *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 3(1): 52-70.
- Cailliet, G. M., Andrews, A. H., Burton, E. J., Waltters, D. L., Kline, D. E y Ferry-Graham, L. A. 2001. Age determination and validation studies of marine fishes: do Deep-dwellers live longer? *Experimental Gerontology*, 36: 739-764.
- Caballero-Chávez, V. 2013. Madurez y reproducción de bagre bandera *Bagre marinus* en el sudeste de Campeche. *Ciencia Pesquera*. 21(2): 13-19.
- Cabrera Peña, J., y Solano López, Y. (1995). Fertilidad y fecundidad en *Poeciliopsis turrubarensis* (Pisces:Poeciliidae). *Revista De Biología Tropical*, 43(1-3), 317–320.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*. 59: 197-242.
- Cayré, P.M. y T. Diouf. 1983. Estimating age and growth of little tunny, *Euthynnus alletteratus*, off the coast of Senegal, using dorsal fin spine sections. p 105-115. In: NOAA (ed.). Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. NOAA Technical report NMFS 8.
- Caballero-Chávez, V. 2013. Madurez y reproducción de bagre bandera *Bagre marinus* en el sudeste de Campeche. *Ciencia Pesquera*. 21(2): 13-19.
- CEIEG, 2010. Cuerpos de agua. Comité Estatal de Información, Estadística y Geografía. <http://map.ceieg.chiapas.gob.mx/geoweb/>.

- Chaves, P. y Vazzoler, G. 1984. Aspectos biológicos dos peixes amazônicos. II. Anatomia microscópica de ovários, escala de maturidade e tipo de desova das espécies do gênero *Semaprochilodus*. *Revista Brasileira de Biologia*. 44(3):347-359.
- Chapman, F. A. 1992. Farm-raised Channel catfish. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida. Circular no: 1052.
- Csirke, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Documento Técnico de Pesca. No. 192. Roma, Italia. FAO. 82 pp.
- Cubillos, L. y Arancibia, H. 1993. On the seasonal growth of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off Talcahuano, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 28(1): 43-49.
- Davis, J. 1959. Management of Channel Cat fish in Kansas. Miscellaneous publication. University of Kansas. *Museum of natural history*. 21. Pp 1-56.
- Díaz-Rojas, A. y Díaz-Pardo, E. 1991. Biología reproductiva del bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (PISCES: ICTALURIDAE) del río Amacuzac, Morelos, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 34:173-189.
- Domínguez-Petit, R., Korta, M., Saborido-Rey, F., Murua, H., Saínza, M. y Piñeiro, C. 2008. Changes in size at maturity of European hake Atlantic populations in relation with stock structure and environmental regimes. *Journal of Marine Systems*. 71: 260–278.
- Drew, K., Die, D. J. and Arocha, F. 2006. Understanding vascularization in fin spines of white marlin (*Tetrapturus albidus*). *Bulletin of Marine Science*. 79(3): 847–852.
- Ehrhardt, N. M. 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Tercera Parte: Parámetros poblacionales. FAO-CICIMAR. La Paz, B.C.S, México, 134 p.
- FAO. 2009. *Ictalurus punctatus*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Stickney, R.R. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New.

[http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_chan
nelcatfish.htm](http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_chan
nelcatfish.htm).

- Farley, J.H., A.J. Williams, N.P. Clear, C.R. Davies, y S.J. Nicol. 2013. Age estimation and validation for South Pacific albacore *Thunnus alalunga*. *Journal of Fish Biology*. 82, 1523–1544.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology*. 22: 241-253.
- Froese, R y Pauly, D. (Eds.). 2018. Fishbase. World Wide Web Electronic Publication. www.fishbase.org. Versión (08/2018).
- Froese, R., Tsikliras A. C y Stergiou K. I. 2011 Editorial note on weight–length relations of fishes. *Acta ichthyologica et piscatoria*. 41(4): 261–263.
- Gómez-Márquez, J. L., Guzmán-Santiago, J. L. y Olvera-Soto, A. 1999. Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*. 47(3): 581-592.
- Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Guzmán-Santiago, J. L., Salgado-Ugarte, I. H., Cervantes-Sandoval, A., Bautista-Reyes, C., Alejo-Plata, M. del C. 2020. Determinación de la edad y crecimiento de organismos acuáticos con énfasis en peces. UNAM, FES Zaragoza.
- Gómez-Ponce, M. A., Granados-Flores, H., Padilla, C., López-Hernández, M y Núñez Nogueira, G. 2010. Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la represa "Zimapán" Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical*. 2 (59): 761-770.
- González, A. R., Mendoza, J., Arocha, F. y Márquez, A. 2010. Edad y crecimiento del bagre rayado *Pseudoplatystoma orinocoense* del Orinoco medio en Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 28(2): 283-293.
- González, A. R., Mendoza, J., Arocha, F. y Márquez, A. 2015. Edad y crecimiento del bagre dorado *Brachyplatystoma rousseauxi* del Orinoco medio según anillos de la espina pectoral. *Zootecnia Tropical*. 33(2): 153-161.

- González, L. W., Eslava, N. y Bermúdez, P. 1999. Relación longitud-peso y talla media de primera madurez sexual del pez espada, *Xiphias gladius* de las aguas oceánicas de Venezuela. *Ciencia* 3(7): 236-243.
- Goodyear, C. P. 2019. "Modeling Growth: Consequences From Selecting Samples by Size." *Transactions of the American Fisheries Society* 148: 528–551.
- Gray, D. L. 1970. Age and Growth of the Blue Catfish, *Ictalurus furcatus*, in the Arkansas River. *Journal of the Arkansas Academy of Science*. 23(24): 62-65.
- Griffiths S. P., Fry, G. C., Manson, F. J. y Lou, D. C. 2010. Age and growth of Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) in tropical and temperate waters of the central IndoPacific. *ICES Journal of Marine Science*. 67(1): 125-134.
- Holden, M. J. y Raitt, D. F.S. 1975. Manual de Ciencia Pesquera: parte 2: Métodos para estudiar los recursos y su aplicación. FAO.
- Hughes, M. J. y Carlson, D. M. 1986. White Catfish Growth and Life History in the Hudson River Estuary, New York. *Journal of Freshwater Ecology*. 3(3): 407-418.
- Hubenova, T., Iliev, I. y Zaikov, A. 2014. Reproductive biology of the channel catfish (*Ictalurus punctatus* Raf.) reared in heated water. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 20: 957-961.
- INEGI, 2010. Clave de las cartas topográficas E15C47: Carta topográfica escala 1:20 000, E15C48: Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica. Raudales Malpaso, escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/default.html?t=0150001000000000&ag=21>
- INEGI, 2010. Continúo de Elevaciones de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>.

- INEGI, 2010. Marco Geoestadístico Nacional (carreteras, cabeceras y límites municipales). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx.
- Jackson, J. R. 2007. Earliest References to Age Determination of Fishes and Their Early Application to the Study of Fisheries. *Fisheries*. 32 (7): 321-328.
- Kato, M. y Romo, G. 1981. Algunos aspectos biológicos del bagre dulceacuícola nativo *Istlarius balsanus* (Jordan y Snyder), en el río Amacuzac, Morelos. Tesis Profesional. UNAM. México.
- Le Cren ED. 1951. The length–weight relationships and seasonal cycle in gonad weight and conditions in the perch *Perca fluviatilis*. *Journal of Animal Ecology*. 20:201–219.
- Lessa, R. y Duarte-Neto, P. 2004. Age and growth of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western equatorial Atlantic, using dorsal fin spines. *Fisheries Research*. 69:157–170.
- López-Contreras, G. 2025. Hábitos alimenticios del bagre azul *Ictalurus meridionalis* (Güther, 1864). Tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutierrez.
- Loaiza-Santana, A., Londoño-Velásquez, J. P., y Jiménez-Segura, L. F. 2018. Fecundidad de las especies de peces más abundantes en el área de influencia de los embalses en cascada Porce II y Porce III, Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 40(108), 38–45.
- Lorenzo-Nespereira, J. M. y González-Pajuelo, J. M. 1993. Determinación de la talla de primera madurez sexual y período reproductivo de la caballa *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) de las islas Canarias. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 9 (1): 15-21.
- Luque, P. L., Rodríguez-Marin, E., Landa, J., Ruiz, M., Quelle, P., Macías D y Ortiz De Urbina, J. M. 2014. Direct ageing of atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) from east atlantic and eastern mediterranean using dorsal fin spines. *Journal Fish Biology*. 84(6): 1876-903.

- Mancera-Rodríguez, N. J. 2017. Biología reproductiva de *Brycon henni* (Teleostei: Bryconidae) y estrategias de conservación para los ríos Nare y Guatapé, cuenca del río Magdalena, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 65 (3): 1105-1119.
- Manríquez-Ledezma, R. 2008. Edad y crecimiento de *Caulolatilus princeps*, (Jenyns, 1840) en bahía de la paz y bahía magdalena B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S, México.
- Mateus, L. A. y Petrere JR., L. 2004. Age, growth and yield per recruit análisis of the pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) in the Cuiabá river basin, Pantanal Matogrosense, Brazil. *Brazilian journal of biology*. 64(2):257-264.
- Medina-Gómez, S. P. 2006. Edad y crecimiento de la sierra del pacífico *Scomberomorus sierra* (Jordan y Starks, 1895), en el golfo de california, México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. La paz, B.C.S.
- Megalofonou, P. 2000. Age and growth of *Mediterranean albacore*. J. Fish Biol., 57: 700-715.
- Melo-Barrera, F. N., Félix-Uraga, R. y Quiñónez-Velázquez, C. 2003. Crecimiento y relación peso longitud del marlin rayado, *Tetrapturus audax* (Pisces: Istiophoridae), en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 29(3): 305–313.
- Mendoza-Carranza, M., Hernández-Franyutti, A. 2005. Annual reproductive cycle of gafftopsail catfish, *Bagre marinus* (Ariidae) in a tropical coastal environment in the Gulf of Mexico. *Hidrobiológica*. 15: 275–282.
- Morales-Nin, B. 1983. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España). Informes Técnicos de Investigación Pesquera *CENCIMAR*. 143: 3-30.
- Morales-Nin, B. 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Doc. Tec. Pes. No. 322. Roma, Italia. FAO. 58 pp.
- Morales–Nin B, Panfili J. 2002. Validación indirecta. En: Panfili J, de Pontual H, Troadec H, Wright PJ (eds.), Manual de Escleroconología. Edición Ifremer-IRD, Brest, págs.

- Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P., Thorsen R. S. y Junquera, A. 2003. Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 33: 33-54.
- Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of fishes. Department of Ichthyology, Biology-Soil Faculty Moscow State University, 352 pp.
- Panfili, P. H., H. Troadec, y P.J. Wright (eds.), 2002. Manual of fish sclerochronology. Brest, France: Ifremer-IRD coedition. 464 pp.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Doc. Tec. Pes. (234):49.
- Penha J. M. F., Mateus, L, A, F and Barbieri, G. 2004. Age and growth of the duckbill catfish (*Sorubim cf. lima*) in the Pantanal. *Brazilian journal of biology*. 64(1): 125-134.
- Perea de la Matta, Á., Nizama-Chapoñan, A. y Alcántara-Guzmán, J. 2025. Fecundidad del jurel *Trachurus murphyi* (Nichols, 1920) frente a las costas de Casma (9°S) y Atico (16°S), Perú, 2022. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 40(1), e434.
- Pérez, A., Castillo, C., Barbarino, A. y Fabré, N. 2012. Aspectos reproductivos del bagre rayado *Pseudoplatystoma tigrinum* (Siluriformes, Pimelodidae) en la cuenca del río Apure, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 30(3): 251-262.
- Pérez-Castañeda, J. W. 2012. Composición de Peces en la Pesquería de la Presa Hidroeléctrica Netzahualcóyotl, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.
- Perry, W. G. y Carver, C. 1972. Length at maturity and total length-collarbone length conversions for channel catfish, *Ictalurus punctatus*, and blue catfish, *Ictalurus furcatus*, collected from marshes of southwest Louisiana. Proceeding of the Annual Conference Southeastern Association of Game and Fish Commissioners. 26:541-553.
- Perry, W. G. y Carver, C. 1972. Length at maturity, total-collarbone length, and dressout for flathead catfish and length at maturity of blue catfish, southwest louisiana. Proc. Annual Conf. S.E. Assoc. Fish y Wildlife Agencies 31:529-537.

- Pitcher, T.J. y P.D.M. MacDonald, 1973 A numerical integration method for fish population fecundity. *Journal of Fish Biology*. 5:549–53
- Prince E. D., Lee D. W. y Conser, R. 1987. Estimating age and growth rate of Atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*): progress and future work plan. *ICCAT*. 26(2): 426-435.
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Australia. <https://www.r-project.org>
- Rivera-Velázquez, G., Reyes-Escutia, F., Velázquez-Velázquez. E. y Penagos-García, F. E. 2010. Desarrollo regional y actividad pesquera en Chiapa de Corzo, Chiapas. Biodiversidad y sustentabilidad. Investigación para la conservación en las áreas naturales protegidas de Chiapas. 1: 65-86.
- Rivera-Velázquez, G., Velázquez-Valencia, L. A., Márquez-Montes, R., Penagos-García, F.E., Velázquez-Velázquez, E. y Miceli-Méndez, C. L. 2015. Peces del Río Grijalva en la Sociedad Cooperativa Zoque; Presa Hidroeléctrica Netzahualcóyotl, Malpaso, Chiapas, México. 36 pp.
- Rodiles-Hernández, R., Lundberg, J.G. y Sullivan, J.P., 2010. Taxonomic discrimination and identification of extant blue catfishes (Siluriformes: *Ictaluridae*: *Ictalurus furcatus* group). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 159(1):67-82.
- Rossenblum, M., Pudney, J. y Callard, I. 1987. Gonadal morphology enzyme histochemistry and plasma steroid levels during the annual reproductive cycle of male and female brown bullhead catfish, *Ictalurus nebulosus* Lesueur. *Journal of Fish Biology* . 31: 325-341.
- Rubio-Castro, G. G. 2011. Edad y crecimiento del marlin rayado, *kajikia audax* (philippi, 1887) en la costa de Mazatlan, Sinaloa, Mexico. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S.
- Saborido-Rey, F. 2004. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC) Universidad de Vigo, España. 71 pp.
- SEPESCA. 1988. Manual técnico para el cultivo del bagre de canal (*I. punctatus*) en los centros acuícolas de la Secretaria de Pesca. México D.F. 170 pp.

- Smart, J. J. y Grammer, G. L. 2021. Modernising fish and shark growth curves with Bayesian length-at-agemodels. *PLoS ONE*. 16, 1–21.
- Sparre, P. y Venema, C. 1997. Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. №. 306.1. Rev. 2: 420 pp.
- StataCorp. 2009. Stata Statistical Software: Release 11. College Station, TX: StataCorp LP.
- Stewart, D. R., Benz, G. W. y Scholten, G. D. 2009. Weight-length Relationships and Growth Data for Blue Catfish from Four Tennessee Waterbodies. *Proceedings of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*. 63:140–146.
- Torres-Alfaro, G. M. 2006. Edad y crecimiento de *Coryphaena hippurus* (Linnaeus 1758) (Osteichthyes: Coryphaenidae), en el Sur de la península de Baja California, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S, México.
- Vazzoler, A. 1981. Manual de métodos para estudios biológicos de poblaciones de peces: Reproducción y crecimiento. CNPq. Programa Nacional de Zoología. Brasilia. 108 pp.
- Vazzoler, A. 1996. Biologia da reprodução da peixes teleosteos: teoria e prática. Maringá, EDUEM. São Paulo: Brasil. 169p.
- Velásquez-Polanco, R. I. 2017 Edad y crecimiento del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) bajo el enfoque de la teoría de la información. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca.
- Velázquez-Valencia, L. A. 2012. Selección de especies ícticas potenciales para cultivo intensivo, mediante la determinación de su importancia relativa y su análisis nutrimental en la presa malpaso Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México.
- Velázquez-Velázquez, E., Maza-Cruz, M., Gómez-González, A. E., Navarro-Alberto, J. A. 2015. Length-weight relationships for 32 fish species in the Grijalva River Basin, México. *Applied Ichthyology*. 2(31): 413-414.

- Vigliola, L. y Meekan, M. G. 2009. The back-calculation of fish growth from otoliths. p174-211, In: Green, B. S. (ed.). 2009. Tropical Fish Otoliths. Information for Assessment. Management and Ecology. Springer Science y Business Media, B. V.
- Watson, E. J. 1967. Age and Growth of Fishes. *The American Biology Teacher*, 6(29): 435-438.
- Zavala-Leal, I., Palacios-Salgado, D., Ruiz-Velazco, M., Nieto-Navarro, J. T., Cadena-Roa, M. A., Domínguez-Ojeda, D., Pacheco-Vega, J. M. y Valdez-González, F. 2019. Periodo reproductivo del bagre chihuil *Bagre panamensis* (Siluriformes: Ariidae) en el sureste del Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 1 (54): 21-27.
- Zar, J. H. (2010). Biostatistical Analysis. (P. Hall, Ed.) (5th ed.). Book, Pearson. Retrieved from [https:// books.google.co.in/books?id=LCRFAQAAIAAJ](https://books.google.co.in/books?id=LCRFAQAAIAAJ).
- Zar, J.H. 1999. Bioestatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey, EU. 663p.