



División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Posgrado en Maestría en Biología

“Crecimiento y biología reproductiva de *Mugil curema*, en la boca de la laguna La Mancha, Veracruz”

Idónea Comunicación de Resultados
Que para obtener el grado de Maestro en Biología

PRESENTA

Sergio David Valdez Rivas

Matrícula: 2223803881

sergiodvaldezr@gmail.com

Director:

Dr. Manuel A. Castillo Rivera.

Jurado

Presidente

Dr. Luis Amado Ayala Pérez.

Secretario

Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz.

Vocal

Dra. María del Carmen Monroy Dosta

Vocal

Mtra. Hortencia Hernández Ruiz.

Iztapalapa, Ciudad de México, 07 marzo 2025

La Maestría en Biología de la
Universidad Autónoma Metropolitana
pertenece al Padrón Nacional de
Posgrados de Calidad del CONAHCyT.

El jurado designado por la

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

Sergio David Valdez Rivas

El día 07 de marzo del año de 2025.

Comité Tutorial y Jurado.

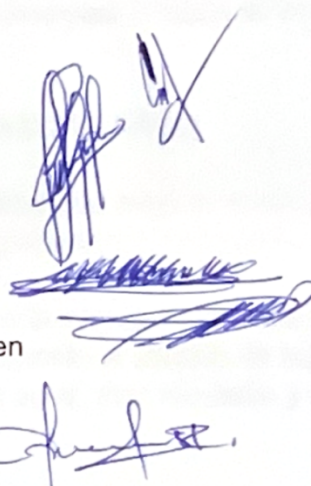
Tutor: Dr. Manuel A. Castillo Rivera.

Asesor: Dr. Luis Amado Ayala Pérez

Asesor: Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

Sinodal: Dra. Monroy Dosta María del Carmen

Sinodal: Mtra. Hernández Ruiz Hortencia



Declaración de originalidad

El que suscribe Sergio David Valdez Rivas, alumno del posgrado Maestría en Biología, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y autor de la tesis o idónea comunicación de resultados titulada: “Crecimiento y biología reproductiva de *Mugil curema*, en la boca de la laguna La Mancha, Veracruz”

Declaro que:

1. La idónea comunicación de resultados que presento ante el Comité Tutorial y Jurado para lo obtención del grado de Maestro en Biología, es de mi autoría y original creación, producto del resultado de mi trabajo de investigación personal e individual; el cual cuenta con las correspondientes citas textuales del material bibliográfico utilizado y con el debido otorgamiento de los créditos autorales.
2. En la idónea comunicación de resultados no he reproducido párrafos completos; ilustraciones, fotografías, diagramas, cuadros y tablas, sin otorgamiento del crédito autoral y fuente correspondiente.
3. En consecuencia, relevo de toda responsabilidad a la Universidad Autónoma Metropolitana de cualquier demanda o reclamación que llegará a formular alguna persona física o moral que se considere con derecho sobre la idónea comunicación de resultados, respondiendo por la autoría y originalidad de esta, asumiendo todas las consecuencias económicas y jurídicas si ésta no fuese de mi creación.

La presente declaración de originalidad se firma en la Ciudad de México el 07 de marzo del 2025

Atentamente

Sergio David Valdez Rivas



Nombre y firma del alumno

Dedicatoria

A mis padres y Familia

Alma Rosa Rivas Rivera, Valente Valdez Monsalvo y Alejandra García. por su apoyo incondicional, cariño, comprensión, por el ejemplo de ayudar a los demás y conseguir siempre lo que uno más necesita.

A mis hermanas y primos.

Valeria Denniss'e, Hannia Daniela, Carlo Leonardo y André León. Por compartir este logro conmigo, su comprensión en los momentos más difíciles, apoyo que me han dado a lo largo de mi vida.

A mis amigos

Ana Bárcenas, Daniela López, Marita Luqueño, Elizabeth Ordoñez, Andrea Farfán, Neivy Maldonado, Alitzel Mejía y Roberto Heras.

Por los momentos más divertidos que hemos pasado y el cariño que me han brindado durante mis años escolares.

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología (CONAHCyT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

Al Dr. Manuel A. Castillo Rivera, por la dirección y asesoría del presente trabajo por su apoyo incondicional en la elaboración del presente proyecto.

A la Dra. Guadalupe Morgado, por sus múltiples asesorías en los paquetes estadísticos, como en la interpretación de los datos.

Al Dr. Luis Amado Ayala Pérez por sus relevantes comentarios, consejos, críticas y sugerencias que contribuyeron en el presente trabajo, durante estos dos años.

Al Dr. Kobelkowsky por su asesoramiento y aceptación en el laboratorio de peces de UAM Iztapalapa.

A la Dra. María del Carmen Monroy Dosta por su revisión y consejos sobre la idónea comunicación de resultados.

A la Dra. Hernández Ruiz Hortencia por su revisión de la tesis y por los múltiples consejos a lo largo de la maestría.

Agradezco infinitamente a la Universidad Autónoma Metropolitana tanto de la unidad Xochimilco, así como unidad Iztapalapa por mi formación académica.

Por último, pero no menos importante a mi país México, familia, amigas, donde todos en conjunto me han hecho ser la maravillosa persona que hoy soy, al tener su apoyo cuando más lo necesito, siempre que pueda les regresare un poco de lo mucho que me han dado en esta vida.

ÍNDICE

1.	Resumen.....	12
2.	Abstract.....	13
3.	Introducción.....	15
4.	Antecedentes Y Justificación	19
5.	Pregunta De Investigación	20
6.	Hipótesis	21
7.	<i>Objetivos</i>	21
	7.1 OBJETIVO GENERAL	21
	7.2 OBJETIVOS PARTICULARES	21
8.	Métodos	22
	8.1 ÁREA DE ESTUDIO	22
	8.2 RECOLECTA DEL MATERIAL BIOLÓGICO.	23
	8.3 MUESTREO Y PRESERVACIÓN DEL MATERIAL.	23
	8.4 VARIABLES AMBIENTALES	24
	8.5 BIOMETRÍA.....	24
	8.6 RELACIÓN PESO LONGITUD Y TIPO DE CRECIMIENTO	24
	8.7 FACTOR DE CONDICIÓN.....	26
	8.8 GRUPOS DE EDAD (MÉTODO INDIRECTO) Y PATRÓN DE RECLUTAMIENTO	26
	8.9 ASPECTOS REPRODUCTIVOS.....	29

8.10 PROPORCIONES SEXUALES.....	29
8.11 ANÁLISIS GONÁDICO.....	29
8.12 FECUNDIDAD.....	30
8.13 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	30
9. Resultados	31
9.1 RELACIÓN PESO-LONGITUD Y TIPO DE CRECIMIENTO.....	31
9.2 FACTOR DE CONDICIÓN.....	34
9.3 ANÁLISIS DE TALLA	37
9.4 PROPORCIONES SEXUALES.....	44
9.5 ANÁLISIS GONÁDICO.....	45
9.6 CORRELACIÓN EL IGS CON VARIABLES AMBIENTALES DE TODOS LOS DATOS.	47
9.7 FECUNDIDAD MÉTODO GRAVIMÉTRICO.	49
10. Discusión.....	51
10.1 RELACIÓN PESO-LONGITUD Y TIPO DE CRECIMIENTO.....	51
10.2 FACTOR DE CONDICIÓN.....	54
10.3 ANÁLISIS DE TALLA.	55
10.4 PROPORCIONES SEXUALES.....	58
10.5 ÍNDICE GONÁDICO.	59
10.6 FECUNDIDAD.....	60
11. Conclusiones.....	62
11.1 RELACIÓN PESO-LONGITUD	62

11.2 PATRONES DE CRECIMIENTO Y ADAPTACIONES ECOLÓGICAS	62
11.3 INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES Y PRESIÓN DE PESCA.....	62
11.4 DINÁMICA POBLACIONAL Y SUSTENTABILIDAD	63
11.5 CICLOS REPRODUCTIVOS Y FECUNDIDAD	63
11.6 IMPORTANCIA DEL MANEJO INTEGRAL	63
12. PERSPECTIVAS	64
13. Referencias:.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura1. Ubicación Geográfica Del Área De Estudio.....	22
Figura 2. Relación Entre El Peso (G) Y La Longitud Patrón (Mm) De <i>M. Curema</i> Basada En Una Muestra De 7018 Individuos. La Línea De Tendencia Representa La Ecuación De Regresión.....	32
Figura 3: Relación Alométrica Entre La Longitud Patrón (Mm) Y El Peso (G) En Machos, Hembras E Indeterminados De <i>M. Curema</i> En La Laguna La Mancha.	33
Figura 4. Variación Mensual Del Factor De Condición En <i>Mugil Curema</i>	34
Figura 5 Variación Temporal Del Factor De Condición, A) Temperatura Ambiental (Tanp) Y Salinidad En <i>M. Curema</i> En La Laguna La Mancha, Veracruz, De Febrero De 2012 A Octubre De 2013.	36
Figura 6. Distribución De Frecuencias De Tallas De Toda La Muestra.....	37

Figura 7. Variación En La Talla Promedio (Mm) De <i>M. Curema</i> En Función Del Mes De Captura. Las Barras De Error Representan El Error Estándar De La Media.	38
Figura 8. Variación En La Talla Promedio (Mm) De <i>M. Curema</i> En Función De La Hora De Captura. Las Barras Representan El Error Estándar De La Media.	39
Figura 9. Estructura De Tallas De <i>M. Curema</i> Y Cohortes Presentadas Para Laguna La Mancha De Mayo 2012 A Octubre 2013, Señalando Las Tallas Menores Alcanzadas Para El Presente Estudio.	40
Figura 10. Curva De Crecimiento De <i>M. Curema</i> En La Laguna La Mancha Derivada De Fisat.	41
Figura 11. Curva De Crecimiento De <i>M. Curema</i> En La Laguna La Mancha Con El Incremento De Temperatura.	42
Figura 12. Relación Entre El Crecimiento Y La Temperatura Ambiental En <i>M. Curema</i> .	43
Figura 13. Relación Entre El Porcentaje De Machos/Hembras De <i>M. Curema</i> Y La Salinidad.	45
Figura 14. Índice Gonadosomático (Igs) Mensual De <i>M. Curema</i> De Febrero De 2012 A Octubre De 2013.	46
Figura 15. Relación Entre El Índice Gonadosomático (Igs), A) Con Temperatura In Situ, B) Temperatura Atmosférica Y C) Con El Incremento De La Temperatura.	48

Figura 16. Etapas Del Proceso De Análisis De Fecundidad En <i>M. Curema</i> . A) Ovario Completo. B Y C) Fragmentos De Ovario Divididos Para Su Análisis. D Y E) Ovocitos Separados Del Tejido Ovárico Y Dispuestos En Placas De Petri Para Su Conteo.....	50
--	----

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Correlación De Spearman Entre El Factor De Condición Y Variables Ambientales Para <i>M. Curema</i> En La Laguna La Mancha, Veracruz.	35
Tabla 2. Análisis De Varianza (Anova) De Dos Factores Para Evaluar La Influencia Del Mes, La Hora Y La Interacción Mes*Hora Sobre La Talla De <i>M. Curema</i> Capturados En La Laguna La Mancha.	38
Tabla 3. Porcentaje De Machos Y Hembras, Así Como La Proporción Sexual Y χ^2 Con La Probabilidad De <i>M. Curema</i> En La Laguna La Mancha.....	44

1. Resumen

Las especies de la familia Mugilidae representan uno de los principales recursos en las pesquerías comerciales en las regiones templadas y tropicales del mundo, considerado como uno de los grupos de peces con mayor potencial de cría y cultivo. Los juveniles de *Mugil curema* ingresan a sistemas lagunar-estuarino, donde se desarrollan hasta alcanzar la fase adulta, para posteriormente migrar al mar para desovar. Así, el presente estudio describe y analiza las características del crecimiento y reproducción de esta especie, así como la influencia de las condiciones ambientales en la laguna La Mancha, Veracruz. Se realizaron 243 recolectas a lo largo de 21 meses, capturándose 7,018 peces de los cuales cerca del 10% fueron determinados sexualmente entre machos y hembras con una abundancia de 447 y 372 respectivamente. Los datos fueron analizados utilizando las pruebas de análisis de varianza, Kolomogov-Smirnov, regresión y correlación lineal. La relación peso-longitud general estuvo determinada por $W = 0.0000103 L^{3.1321}$. Presentando un crecimiento alométrico positivo, mientras que machos y hembras mostraron crecimiento isométrico e indeterminados un crecimiento alométrico negativo, lo que implica que juveniles presentan un crecimiento más rápido en talla, permitiendo aumentar su espectro trófico y atenuar la presión de depredación. El factor de condición fue alto en mayo-junio, lo que se asocia con pulsos de producción del sistema. Las tallas fueron significativamente mayores durante febrero y durante el atardecer. El análisis de crecimiento mostró una $L_{\infty} = 272.1$ mm y una $K = 0.79$ y estuvo principalmente

influenciado por los cambios de temperatura ambiental, a través de una relación exponencial. La proporción sexual de todo el estudio fue significativamente 1:1 sin embargo variaron en los diferentes meses, tendiendo a capturar más machos en la primera fase del estudio y a equilibrarse en una relación 1:1 en la segunda fase, lo cual parece estar relacionado con diferencias en las tolerancias fisiológicas a la salinidad entre machos y hembras. El índice gonadosomático mostró un comportamiento consistente para la especie, con un incremento en febrero-marzo, relacionado significativamente con los aumentos de temperatura ambiental. Sin embargo, solo una hembra con ovocitos en proceso de vitelogénesis fue capturada, mostrando una fecundidad absoluta de 121,746 ovocitos, coincidiendo con lo observado en otros estudios.

2. Abstract

Species of the Mugilidae family represent one of the main resources in commercial fisheries in temperate and tropical regions worldwide. They are considered one of the fish groups with the highest potential for breeding and aquaculture. Juveniles of *Mugil curema* enter lagoon-estuarine systems, where they develop until reaching adulthood, after which they migrate to the sea to spawn. This study describes and analyzes the growth and reproduction characteristics of this species, as well as the influence of environmental conditions in La Mancha Lagoon, Veracruz. A total of 243 collections were conducted over 21 months, capturing 7,018 individuals, of which approximately 10% were sexed as males and females, with an abundance of 447 and 372,

respectively. Data were analyzed using variance analysis, Kolmogorov-Smirnov tests, regression, and linear correlation. The general weight-length relationship was determined by $W = 0.0000103 L^{3.1321}$, indicating positive allometric growth. Males and females exhibited isometric growth, while undetermined individuals showed negative allometric growth. This implies that juveniles grow faster in length, allowing them to expand their trophic spectrum and reduce predation pressure. The condition factor was high in May-June, which is associated with production pulses in the system. Sizes were significantly larger in February and during sunset. Growth analysis showed $L_{\infty} = 272.1$ mm and $K = 0.79$, mainly influenced by changes in environmental temperature, following an exponential relationship. The overall sex ratio of the study was significantly 1:1; however, it varied across months. More males were captured during the first phase of the study, while a balanced 1:1 ratio was observed in the second phase. This pattern appears to be related to differences in physiological tolerance to salinity between males and females. The gonadosomatic index showed a consistent pattern for the species, with an increase in February-March, significantly associated with rising environmental temperatures. However, only one female with vitellogenic oocytes was captured, showing an absolute fecundity of 121,746 oocytes, consistent with observations from other studies

3. Introducción

La diversidad y riqueza de peces mexicanos ha sido estudiada desde el siglo pasado, cuando se conocía la existencia de aproximadamente 2,000 especies según lo reportado por Castro-Aguirre y Balart (1993). Para el 2014, ya se contaba con un registro de 2,763 especies (Espinosa-Pérez, 2014). Actualmente se reconocen 2,672 especies, de las cuales 2,128 han sido descritas para la zona marina y estuarina y 577 en sistemas dulceacuícolas, lo que representa 7.43% de la ictiofauna mundial (Froese & Pauly, 2024).

Las especies de la familia Mugilidae representan uno de los principales recursos en las pesquerías comerciales de estuarios en las regiones templadas y tropicales del mundo y también se les considera como uno de los grupos de peces con mayor potencial de cría y cultivo. En México las especies pertenecientes a esta familia son denominadas con el nombre común de “lisas” encontrándose entre los peces comerciales de las costas del país, siendo las especies más importantes por su abundancia y valor pesquero *Mugil cephalus* y *Mugil curema* (Chávez-Herrera, 1993; Ruiz-Ramírez et al., 2017). Así, *M. curema* es una especie de amplia distribución geográfica que vive en aguas costeras y estuarinas en los océanos Atlántico y Pacífico con reducida distribución en África (Cabral-Solís et al., 2010), teniendo amplio margen de adaptabilidad. Los juveniles ingresan a sistemas lagunar-estuarino, donde se desarrollan hasta alcanzar la fase adulta, formando cardúmenes para luego migrar a la zona pelágica costera para desovar. Posteriormente las postlarvas migran hacia estuarios y lagunas costeras, donde permanecen preferentemente en fondos

fangosos, utilizando los sistemas de manglar como área de protección, para reducir la depredación por peces. Asimismo, las condiciones favorables en estas zonas los ayudan a crecer y sobrevivir (Quiñonez-Velásquez & Mendoza-Guevara, 2009; Ruiz-Ramírez et al., 2017).

Por su aceptación en el mercado ha sido objeto de explotación pesquera (SEMARNAP, 2000), misma que está regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-016-PESC-1994, actualizada en 2015 por la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2015), donde se establece la talla mínima de captura de 28 cm LT y el periodo de veda comprendido del 1 de abril al 30 de junio.

En peces la información sobre aspectos reproductivos y sus variaciones interanuales es clave para conocer la respuesta a la presión del ambiente y de la pesca, por lo que para lograr una explotación sostenible se requiere generar conocimiento sobre el ciclo reproductivo de las poblaciones explotadas (Salgado-Cruz. 2021).

La reproducción es el proceso biológico por el cual las especies se perpetúan, se ha observado que las especies de talla pequeña con promedio de vida corto maduran a temprana edad, sucediendo lo contrario con las especies de talla mayor, aunque la mayoría de los peces maduran a la edad de un año. Los peces de aguas cálidas desovan durante el verano y los de aguas frías durante el otoño e invierno, las especies que toleran las temperaturas intermedias desovan generalmente durante la primavera y algunas especies tropicales desovan durante todo el año. Las temporadas fijas de

desove están correlacionadas en forma superficial con el periodo de desarrollo del pez (Lagler, 1984).

La mayoría de los peces crecen durante toda su vida. En consecuencia, el crecimiento ha sido uno de los aspectos más estudiados de la biología de los peces, porque es un buen indicador de la salud tanto de los individuos como de las poblaciones. Un crecimiento rápido indica abundancia de alimentos y otras condiciones favorables, mientras que un crecimiento lento probablemente indique todo lo contrario. El crecimiento puede definirse como el cambio de tamaño (longitud y/o peso) a lo largo del tiempo o, energéticamente, como el cambio de calorías que se almacenan como tejido somático y reproductivo (Moyle & Cech, 2004).

Se han realizado diversos estudios en costas mexicanas que abordan aspectos reproductivos de *M. curema*, sin embargo, la mayor parte de estos trabajos se han realizado para el norte del Golfo de México y al sur del Golfo de California (Ruiz-Ramírez et al., 2017; Salgado-Cruz et al., 2021) por tal motivo es necesario generar información referente al crecimiento y reproducción de esta especie en zonas no estudiadas.

Por lo que el objetivo del presente estudio fue describir y analizar las características del crecimiento y reproducción de *M. curema* Valenciennes, 1836, así como la influencia que sobre estos aspectos tienen las condiciones ambientales en la laguna La Mancha, Veracruz. Lo anterior también permitió obtener información importante que ayuda a evaluar el estado de las poblaciones y contribuyó a la integración de acciones

para una adecuada administración y que los escenarios ecológicos y de pesca estén fundamentados con información idónea.

4. Antecedentes y Justificación

México es distinguido por su posición geográfica circundado por el Océano Pacífico, Golfo de California, Golfo de México y el mar Caribe, donde de igual forma se estudian diferentes aspectos de *M. curema*.

En el Océano Pacífico, Baja California, se ha estudiado la respuesta a la temperatura y salinidad (Muhlía-Almazán, 2003), constantes de la ecuación de Von Bertalanffy en Cuyutlán (Gallardo et al., 2005), comparación de la morfometría (Ibáñez-Aguirre et al., 2006), en Michoacán la evaluación biológico pesquera (Meléndez-Galicia & Romero-Acosta, 2010), en Cuyutlán reproducción (Cabral-Solís et al., 2010), en el Conchalito B.C.S, crecimiento de juveniles (Quiñonez-Velázquez & López-Olmos, 2011), en el Noroeste de México efectos de contaminación (García-Gasca et al., 2016), Barra de Navidad y B.C.S. , aspectos reproductivos (Ruiz-Ramírez et al., 2017), B.C.S, aspectos reproductivos (Salgado-Cruz et al., 2021), en el Golfo de California, desarrollo gonadal y proporción de sexos (Velez-Arellano, 2022).

En el Golfo de México, se han realizado estudios de morfometría (Pérez-García & Ibáñez-Aguirre, 1992), similitud de especies entre *M. curema* y *M. cephalus* (Ibáñez-Aguirre, 1993), determinación de edad (Ibáñez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996), crecimiento relativo y diferencias morfométricas entre *M. curema* y *M. cephalus* (Ibáñez-Aguirre & Leonart, 1996), contenido estomacal (Sánchez-Rueda, 2002), descripción de la reproducción (Ibáñez-Aguirre & Gallardo Cabello, 2004), historia migratoria y uso de hábitat (Ibáñez-Aguirre et al., 2012), historia de vida (Torres-Miranda, 2012), proporción de sexos, índice gonadosomático, relación peso-longitud (Ibáñez-Aguirre &

Colín, 2014), diversidad y estructura genética (Pacheco-Almazar et al., 2017) y el desarrollo del Plan de manejo pesquero (DOF, 2015).

Particularmente en el sitio de estudio se tiene diferente información sobre el pastizal *Halodule* (Potamogetonaceae) (Reyes-Barragán & Salazar-Vallejo, 1990), la respuesta del fitoplancton a adición de nutrientes (Varona-Cordero et al., 2014), la morfometría de *Pleurobrachia pileus* (Phylum Ctenophora) (Ocaña-Luna et al., 2017), factores ambientales que influyen en la ictiofauna (Díaz-Ruíz et al., 2017), riqueza y dominancia zooplanctónica (Mecalco-Hernández et al., 2018; Mecalco-Hernández & Castillo-Rivera, 2020), análisis genético de *Ocyurus chryurus* (Lutjanidae) (Castillo-Rivera et al., 2020), distribución de Beloniformes (Castillo-Rivera & Morgado-Deñás, 2022), así como la distribución y abundancia de anchoas (Morgado-Deñás & Castillo-Rivera, 2022), estudio sobre pargos (Constante et al., 2022).

Para la importancia económica y ecológica que tiene la especie, resultan insuficientes los estudios sobre su historia de vida, más en el área de estudio, por lo que cualquier aporte sobre su ciclo biológico es valioso, lo cual contribuirá al mejor aprovechamiento de la especie.

5. Pregunta de investigación

¿Cuáles son las condiciones ambientales que principalmente influyen en el crecimiento y reproducción de *Mugil curema* en la laguna La Mancha?

6. Hipótesis

Las condiciones ambientales, principalmente las relacionadas con la variabilidad de la temperatura, mostrarán una influencia importante en el crecimiento y reproducción de *Mugil curema* en la laguna La Mancha. Veracruz.

7. Objetivos

7.1 Objetivo General

- Describir y analizar las principales características del crecimiento y reproducción de *Mugil curema* y su relación con la variabilidad de las condiciones ambientales en la laguna La Mancha, Veracruz.

7.2 Objetivos Particulares

- Analizar la relación peso-longitud, tipo de crecimiento, factor de condición, grupos de edad y patrones de reclutamiento.
- Analizar proporciones sexuales, índice gonadosomático, talla de madurez y fecundidad.
- Evaluar la influencia de las condiciones ambientales sobre los patrones de crecimiento, desarrollo y reproducción.

8. Métodos

8.1 Área de estudio

La laguna La Mancha es una laguna tropical localizada en la costa central del estado de Veracruz, en el Golfo de México ($19^{\circ}33'55''$ - $19^{\circ}35'44''$ N y $96^{\circ}22'45''$ - $96^{\circ}23'39''$ O; Figura. 1), la cual es un sistema somero que posee una extensión de 1.742 km² y rodeada por bosque de manglar (Morgado-Dueñas & Castillo-Rivera, 2022). Presenta conexión intermitente con el Golfo de México debido al patrón estacional de apertura/cierre de la barrera arenosa, la cual es regulada por las mareas, el viento y la descarga de agua dulce, teniendo influencia sobre los procesos hidrológicos, biológicos y ecológicos del sistema, las épocas de secas (noviembre-mayo) y de lluvias (junio-octubre), (Moreno-Casasola, 2006; Mecalco-Hernández & Castillo-Rivera, 2020).



Figura1. Ubicación geográfica del área de estudio.

La Mancha y El Llano, se localizan en el estado de Veracruz, Municipio de Actopan, aproximadamente a 30 km al norte de la ciudad José Cardel a una distancia del Puerto de Veracruz cerca de 60 km. Una característica sobresaliente de estos ecosistemas de la región central del estado de Veracruz en México es que permiten un hábitat adecuado para numerosas especies de aves costeras y acuáticas, ya que se localiza en la ruta de corredor migratorio de aves rapaces más grande del mundo. Así como de diferentes especies de peces que se han estudiado en la zona como lo son *Pleurobrachia pileus*, y *Ocyurus chryurus*, Beloniformes (Moreno-Casasola, 2006; INEGI, 2020).

8.2 Recolecta del Material Biológico.

El material analizado para este estudio es parte de la Colección del Laboratorio de Peces del Departamento de Biología (DCBS) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

8.3 Muestreo y preservación del material.

Los peces fueron capturados con un chinchorro playero (37.1 m largo, 1.2 m profundidad y 1 cm luz de malla), con un área de muestreo aproximada 1500 m². Inmediatamente después de la captura los peces, estos fueron anestesiados con solución de clavo (9 partes de aceite de clavo por una de alcohol etílico al 94%, colocando 2 ml por cada 5 litros de agua), para ser fijados posteriormente en formaldehído al 10%, posteriormente en laboratorio fueron lavados con agua,

posteriormente el material fue colocado en frascos de vidrio y conservados en alcohol etílico al 70%.

El material analizado corresponde a muestreos mensuales en ciclos de 24 horas realizados en cada uno de los 21 meses (2012-2013) considerados, con recolectas cada dos horas en cada ciclo, para un total de 243 muestreos.

8.4 Variables ambientales

Las variables ambientales consideradas fueron la temperatura y oxígeno disuelto las cuales se midieron con un Oxímetro YSI 550A y la salinidad que fue determinada con un refractómetro de campo ATAGO N-10E.

8.5 Biometría

A cada uno de los individuos se le determinó la longitud total (mm), longitud patrón (mm), peso total (g) y peso de las gónadas (g). Las medidas de longitud se determinaron con un calibrador Fowler de 0.02 mm de precisión y las medidas de peso con una balanza Ohaus GT 480 de 1 mg de precisión y cuando fue necesario una balanza OHAUS de 0.1 mg de precisión.

8.6 Relación peso longitud y tipo de crecimiento

La talla y el peso son fundamentales para determinar el crecimiento relativo de una población. A partir de estas medidas, es posible analizar la estructura de la población,

ya que sus distribuciones reflejan las interacciones entre las tasas de reproducción y crecimiento (Lorenzo-Nespereira, 1992).

Con base en la longitud patrón (mm) y peso total (g) de los individuos recolectados se determinó la relación peso-longitud de acuerdo con la siguiente ecuación (Rickert, 1975; Cadima, 2003; Froese, 2006):

$$W = aL^b$$

Donde: W= corresponde al peso corporal total (g), L corresponde a la longitud patrón (mm). Los valores de a y b serán estimados usando un análisis de regresión lineal, transformando los datos con logaritmo natural: $\ln(W) = \ln(a) + b \ln(L)$.

La alometría indica el tipo de crecimiento relativo proporcional entre dos estructuras. Si la estructura crece más rápido que alguna otra tomada como estándar, se dice que es una alometría positiva, en cambio si el crecimiento es más lento se denomina alometría negativa (Iannacone & Alvarino, 2007).

Para evaluar el tipo de crecimiento, se empleó una prueba de t-student, para verificar si los valores de b obtenidos en las regresiones son significativamente diferentes del valor de crecimiento isométrico, con un nivel de confianza del 95%, de acuerdo con la siguiente ecuación (Zar, 2014).

$$t = \frac{b - 3}{S_b}$$

Donde b es la pendiente del modelo regresivo y S_b es el error estándar de b.

Cuando la pendiente de la relación longitud patrón-peso es igual a 3 ($b=3$), el crecimiento relativo del individuo se considera isométrico y entonces las proporciones del organismo se mantiene constantes a través de su crecimiento; cuando la pendiente es mayor a 3 ($b > 3$), el crecimiento relativo se considera alométrico positivo, lo que indica un crecimiento proporcionalmente mayor en peso que en longitud, cuando la pendiente es menor a 3 ($b < 3$) el crecimiento relativo es alométrico negativo, indicando un mayor crecimiento proporcional en longitud que en peso (Rickert, 1975; Froese, 2006).

8.7 Factor de condición

El factor de condición es la forma más sencilla de conocer el estado corporal de pez, proporcionando información acerca del estado fisiológico, las características fenotípicas y de la fase reproductiva (Rodriguez-Guitierrez, 1992; Salfram, 1992) El factor de condición (K) para evaluar el estado de “robustez” de los individuos se determinó utilizando la siguiente ecuación (LeCren, 1951):

$$K = \frac{w}{aL^b}$$

Donde W es el peso corporal observado en gramos, a y b constantes de la regresión y L la longitud observada en milímetros.

8.8 Grupos de edad (método indirecto) y patrón de reclutamiento

Inicialmente se analizó la variación de tallas a nivel mensual como un indicador del período de reclutamiento. Asimismo, se analizó la variación de tallas a nivel nictémico

para detectar si a lo largo de un día existe segregación entre individuos grandes y pequeños.

La determinación de la edad en peces es uno de los elementos para el estudio de la dinámica de sus poblaciones, es la base para realizar los cálculos pertinentes que permiten conocer el ritmo de crecimiento, mortalidad, reclutamiento, entre otros parámetros fundamentales de su población (FAO,1975). Al igual que funciona para estimar parámetros demográficos y procesos ecológicos, el análisis de edad es uno de los procesos más importantes para la descripción de la estructura de una población y su comportamiento en el estudio de la dinámica de las poblaciones (Ibañez-Aguirre et al., 2005). Para la determinación de probables grupos de edad se pueden utilizar métodos directos e indirectos y para el presente estudio se realizó este último.

Los métodos indirectos se realizan con el análisis de agrupamiento 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 caracteriza por aportes regulares de nuevos reclutas de manera que si se muestran adecuadamente revelarán una estructura de tamaños que normalmente forman un conjunto de modas que generan polígonos de frecuencias de longitud. Estas modas son especialmente conspicuas durante los primeros años de vida, lo cual indica la presencia de varios grupos de edad. El análisis del seguimiento de modas para la determinación de la edad se le denomina Método de Petersen debido a que este investigador en 1892 describió la utilidad de estas progresiones en los estudios de edad y crecimiento (Gómez-Márquez, 1994).

Para determinar el crecimiento alcanzado por la especie *M. curema*, se realizó un análisis de progresión modal según del método de Battacharya, (1967), utilizando la frecuencia de tallas, como alternativa a los métodos de evaluación directa.

Para determinar la cohorte de cada grupo de edad para cada talla, se integró una base de datos con la LP (mm), de 7018 organismos de *M. curema*. Se agruparon los datos mensualmente, determinando la frecuencia de longitudes a fin de utilizarse el método indirecto para la determinación de edad y el crecimiento. Se elaboraron los histogramas correspondientes, distribuyendo los organismos en clases de 5 mm con el programa Past4 y las gráficas se ordenaron cronológicamente.

Para la determinación de los parámetros de crecimiento se utilizó el método indirecto de progresión modal a partir de las frecuencias de tallas (LP) mensuales, utilizando el programa computacional ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis) (Brey & Pauly, 1986), integrado en el programa FiSAT (FAO ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayalino et al., 1996). El índice de bondad de ajuste denominado Rn es usado para evaluar la mejor combinación de longitud asintótica o infinita (L_{∞}) y el coeficiente de crecimiento (K) (Gulland, 1983).

Con base en los parámetros anteriores se obtuvo la curva de crecimiento de Von Bertalanffy (1934).

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

8.9 Aspectos reproductivos

8.10 Proporciones sexuales

La proporción de sexos se evaluó por medio de la ji cuadrada (χ^2) (Smith, 1992). Las proporciones mensuales se calcularon con la siguiente ecuación:

$$\%H = 100 \times N_h/N_t$$

Donde: %H es el porcentaje de hembras por mes, N_h , el número de hembras y N_t , el número total de individuos. La proporción de machos se estimó en función de la proporción de hembras.

8.11 Análisis gonádico

En peces, la información sobre los aspectos reproductivos y sus variaciones interanuales es clave para conocer la respuesta a la presión del ambiente. Cada grupo de peces tiene un desarrollo gonadal particular y una talla de primera madurez que difiere entre especies. Para interpretar las variaciones del desarrollo gonadal y detectar los cambios en la actividad reproductiva, se utilizó el índice gonadosomático (IGS). El IGS es un método que se utiliza para poder determinar el estado de madurez de las gónadas en un periodo determinado y es la manera de saber cuál es la época en la que los peces tiene la capacidad de reproducirse, siendo este indicador del desarrollo gonadal en especies que muestran estacionalidad en sus ciclos reproductivos (Salgado-Cruz et al., 2021).

Con el propósito de conocer el desarrollo gonádico, periodicidad de desove y época de reproducción, se utilizó el IGS (West, 1990), el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$IGS = (PG/PT) * 100.$$

Donde: PG es el peso de la gónada y PT el peso total del pez

8.12 Fecundidad

Para determinar la fecundidad se aplicó el método gravimétrico que se basa en el peso de los huevos. , el cual consistió en pesar tres submuestras (parte anterior, media y posterior). En cada una de estas tres submuestras se hizo el conteo de huevos próximos a su madurez y la fecundidad se calculó con la siguiente ecuación:

$$F = (N0 \times wg) / wm$$

Donde N0 es el número total de ovocitos maduros contabilizados en las tres muestras, wg el peso total de la gónada y wm, el peso de la submuestra (Holden & Raitt, 1975).

8.13 Análisis estadísticos

Para evaluar diferencias significativas entre las medias de las variables consideradas, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía y factoriales. El análisis de Kolmogórov-Smirnov se utilizó para comparar distribuciones. La relación entre dos variables fue evaluada vía Análisis de Regresión y Correlación Simple.

9. Resultados

El estudio abarcó un total de 21 meses, desde febrero hasta octubre, observándose mayor abundancia en mayo (915) y junio (3,444). Se analizaron un total de 7,018 individuos, con tallas que fluctuaron entre 13.89 y 240.5 mm y pesos que oscilaron entre 0.03 y 209.05 g, de los cuales la mayoría fueron juveniles (el 88% de la población fue menor a los 63 mm). La muestra se compuso de 447 machos (con tallas de 46.6 a 205.9 mm y pesos de 1.86 a 160.6 g), 372 hembras (con tallas de 50.3 a 240.5 mm y pesos de 2.05 a 209.05 g) y 6199 indeterminados (con tallas de 13.89 a 132.1 mm y pesos de 0.03 a 43.07 g).

9.1 Relación peso-longitud y tipo de crecimiento

Para toda la población de *M. curema* se obtuvo una relación peso longitud de: $W = 0.0000103 L^{3.1321}$ ($R^2 = 0.9802$, $p < 0.0001$). El tipo de crecimiento es significativamente diferente de 3, ($t = 24.857$ $p < 0.0001$), lo que reveló un patrón de crecimiento alométrico positivo. Esto significa que a medida que los organismos aumentan de tamaño, su peso aumenta a un ritmo desproporcionadamente mayor que su longitud. (Figura 2).

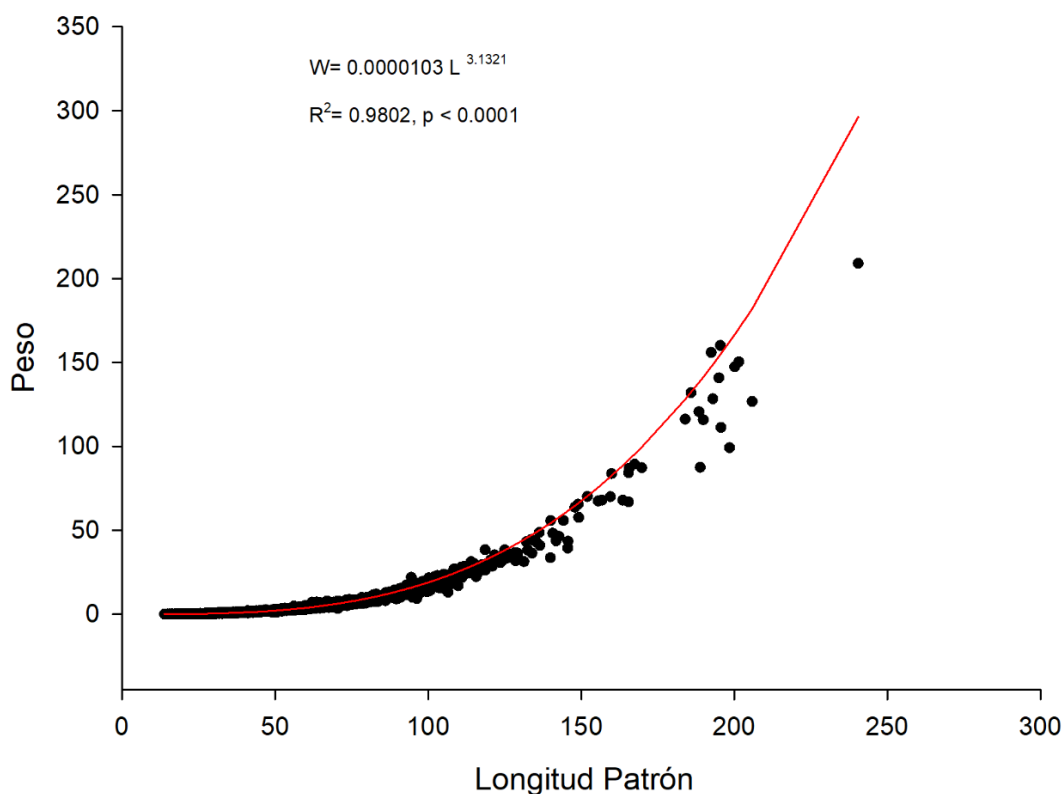


Figura 2. Relación entre el peso (g) y la longitud patrón (mm) de *M. curema* basada en una muestra de 7018 individuos. La línea de tendencia representa la ecuación de regresión.

La relación peso-longitud para machos, hembras e indeterminados se muestra en la Figura 3. En el eje de las abscisas se representa la longitud patrón (mm) y en el eje de las ordenadas, el peso (g). Mientras que machos y hembras (Figura 3 A, B) presentaron un crecimiento isométrico ($b = 3$), se observó que la pendiente de la recta de regresión para los indeterminados sexualmente es significativamente menor a 3, lo que define un crecimiento alométrico negativo. El crecimiento alométrico negativo de los indeterminados sugiere que estos organismos priorizan el aumento de su longitud en comparación con su peso (Figura 3 C).

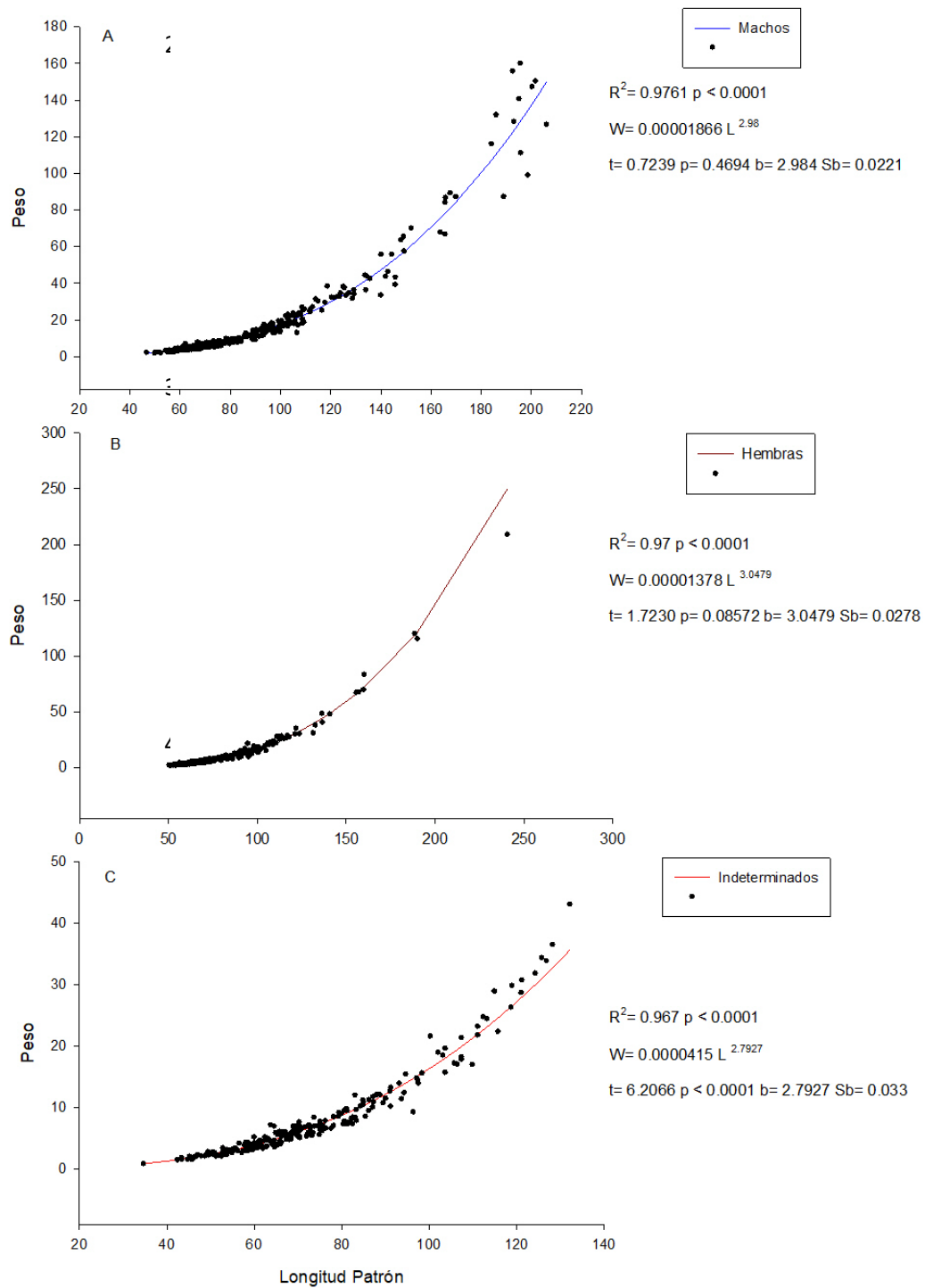


Figura 3: Relación alométrica entre la longitud patrón (mm) y el peso (g) en machos, hembras e indeterminados de *M. curema* en la Laguna la Mancha.

9.2 Factor de condición

El factor de condición de *M. curema* en la Laguna La Mancha exhibió una marcada variabilidad estacional ($F = 200.9226$, $gl = 20$, $p < 0.0001$), el análisis temporal del factor de condición reveló un aumento significativo durante junio y mayo. como se muestra en la Figura 4.

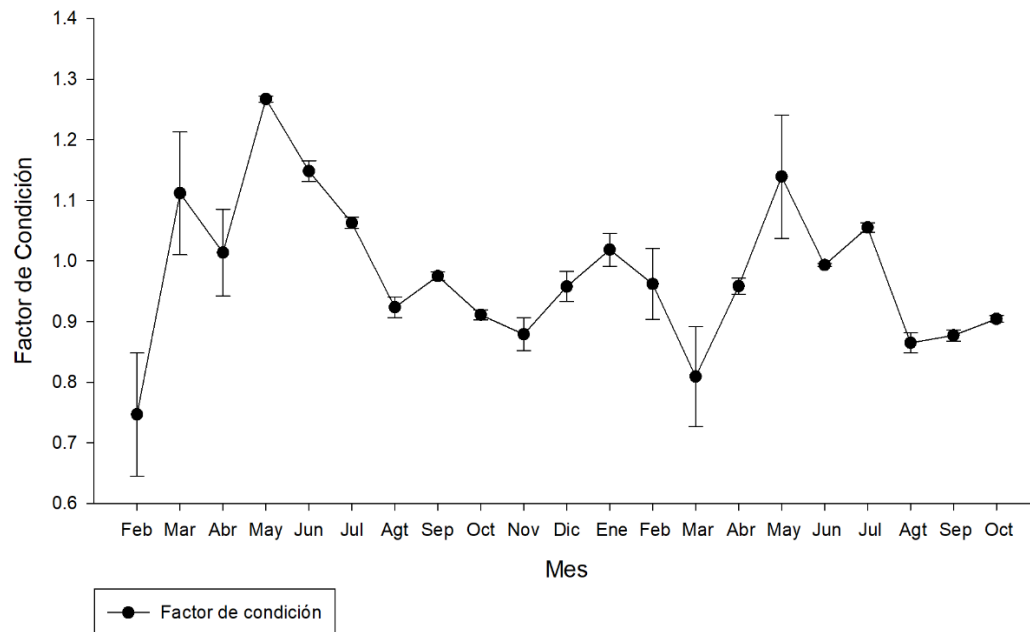


Figura 4. Variación mensual del factor de condición en *Mugil curema*.

Los resultados de las correlaciones de Spearman mostraron una relación negativa débil y no significativa entre el factor de condición y la salinidad (Tabla 1).

Tabla 1. Correlación de Spearman entre el factor de condición y variables ambientales para *M. curema* en la Laguna La Mancha, Veracruz.

Variable	Coefficiente de Spearman	p-valor	n
Salinidad	-0.3740	0.0949	21
Temperatura Ambiental	0.3722	0.0966	21
Ppnormal	0.0808	0.727	21

Los resultados de este estudio sugieren que el factor de condición de *M. curema* en la Laguna La Mancha, como indica el análisis de correlación, está influenciado por factores ambientales como la temperatura ambiental y la salinidad como se muestran en la Figura 5.

;

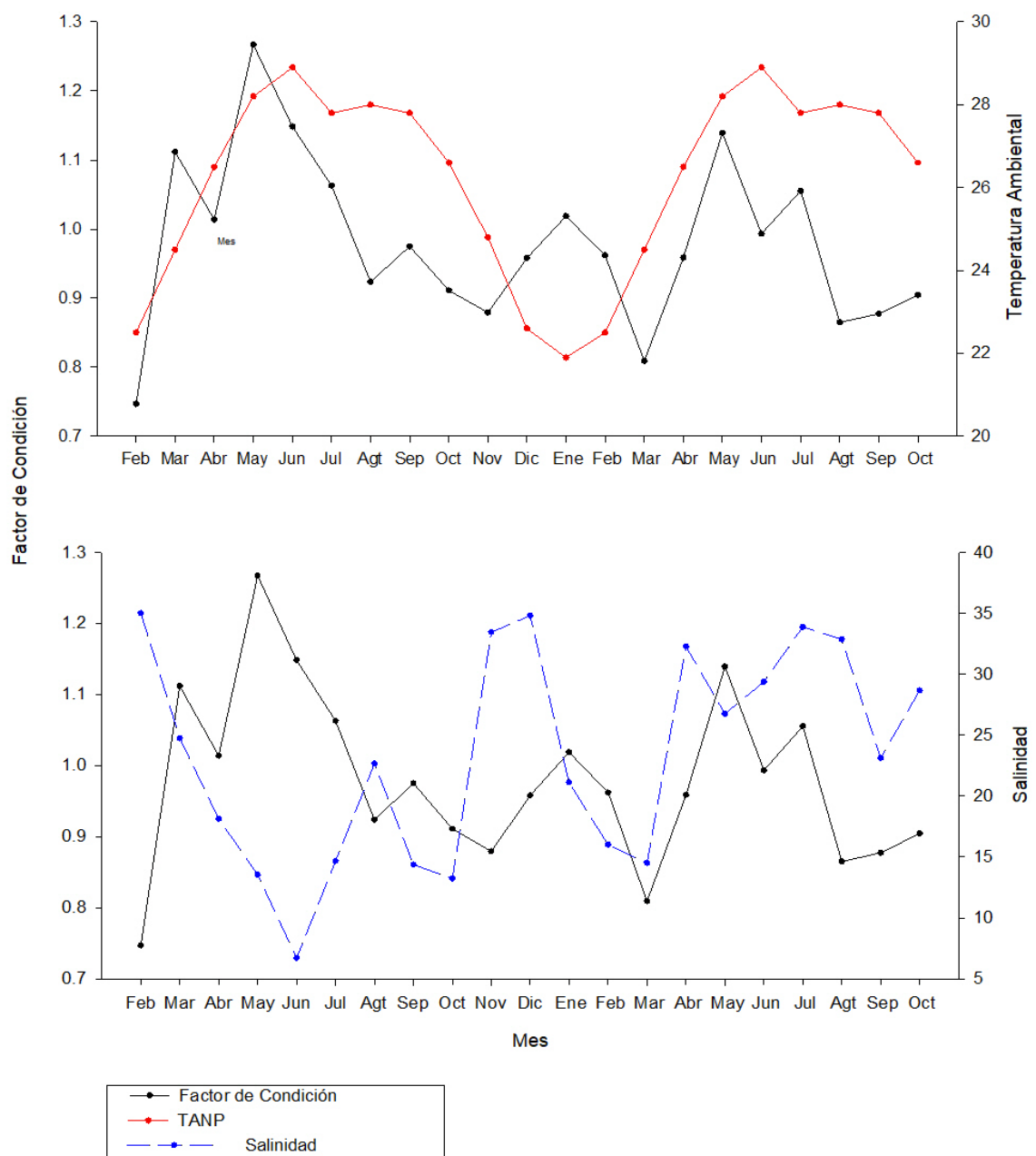


Figura 5 Variación temporal del factor de condición, a) temperatura ambiental (TANP) y salinidad en *M. curema* en la Laguna La Mancha, Veracruz, de febrero de 2012 a octubre de 2013.

9.3 Análisis de Talla

La figura 6 muestra la distribución de frecuencias de la longitud patrón, evidenciando una clara tendencia hacia tamaños menores. La mayoría de las tallas se agrupan en el rango de 13.89 a 40.5 mm, con una disminución progresiva en la frecuencia a medida que aumenta la longitud. Los valores atípicos altos de longitud están relacionados con los pocos individuos en inicio de maduración sexual. Este comportamiento sugiere que por procesos de reproducción-alimentación y por el método de capturas por chinchorro playero existió un sesgo tendiente a la recolección de tallas pequeñas de *M. curema*.

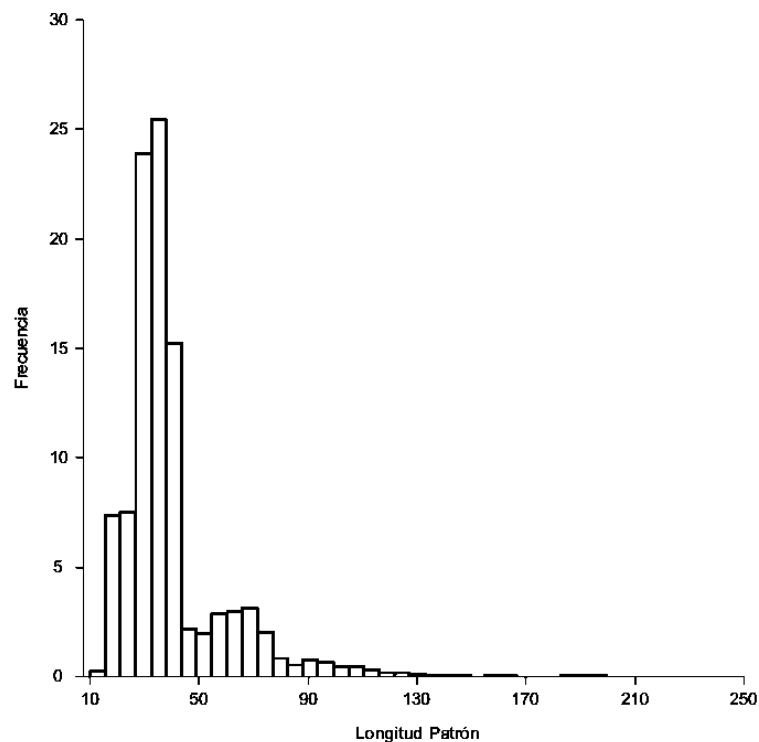


Figura 6. Distribución de frecuencias de tallas de toda la muestra.

Un análisis de varianza de dos vías mostró que la talla promedio de los individuos varió significativamente a lo largo del año, con picos durante febrero-abril (Tabla 2; Figura 7). Por otro lado, también reveló incrementos diurnos en la talla promedio, con los valores más altos generalmente observados durante las horas de la tarde (entre las 16 y 18 horas) (Tabla 2; Figura 8). Este análisis también mostró una interacción significativa entre el mes y la hora de captura en la distribución de tallas de *M. curema* ($F = 14.73$, $gl = 127$, $p < 0.0001$).

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores para evaluar la influencia del mes, la hora y la interacción mes*hora sobre la talla de *M. curema* capturados en la Laguna La Mancha.

	g. l	SCM	F	p
Mes	20	25346.072	136.73	<0.0001
Hora	11	5492.898	29.63	<0.0001
Mes * Hora	127	2731.122	14.73	<0.0001
Error	6859	185.368		

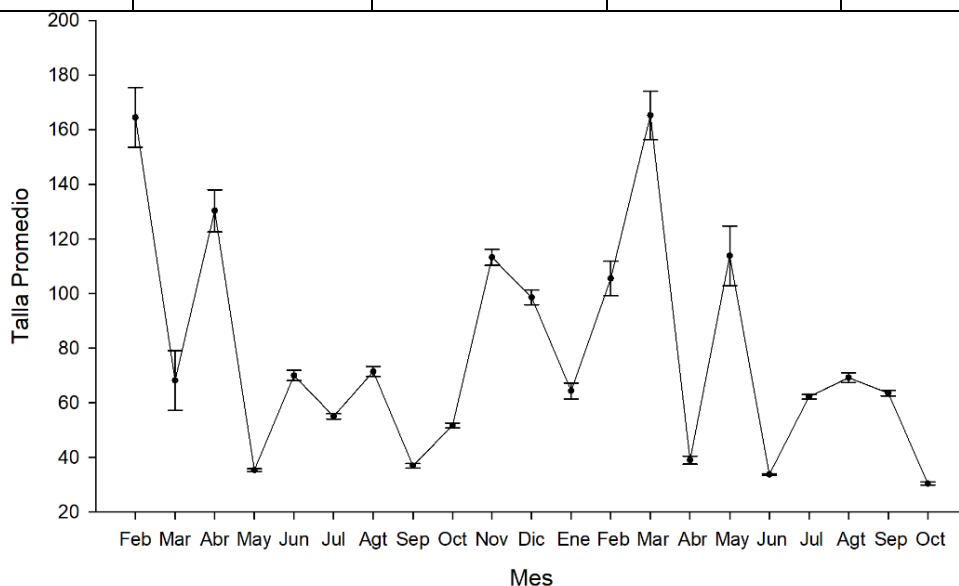


Figura 7. Variación en la talla promedio (mm) de *M. curema* en función del mes de captura. Las barras de error representan el error estándar de la media.

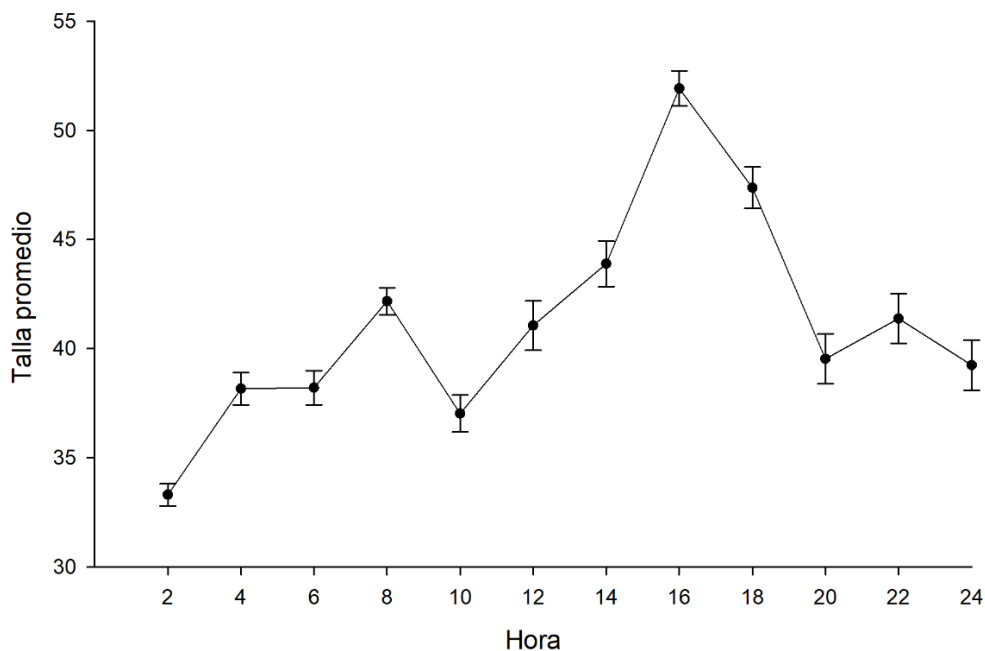
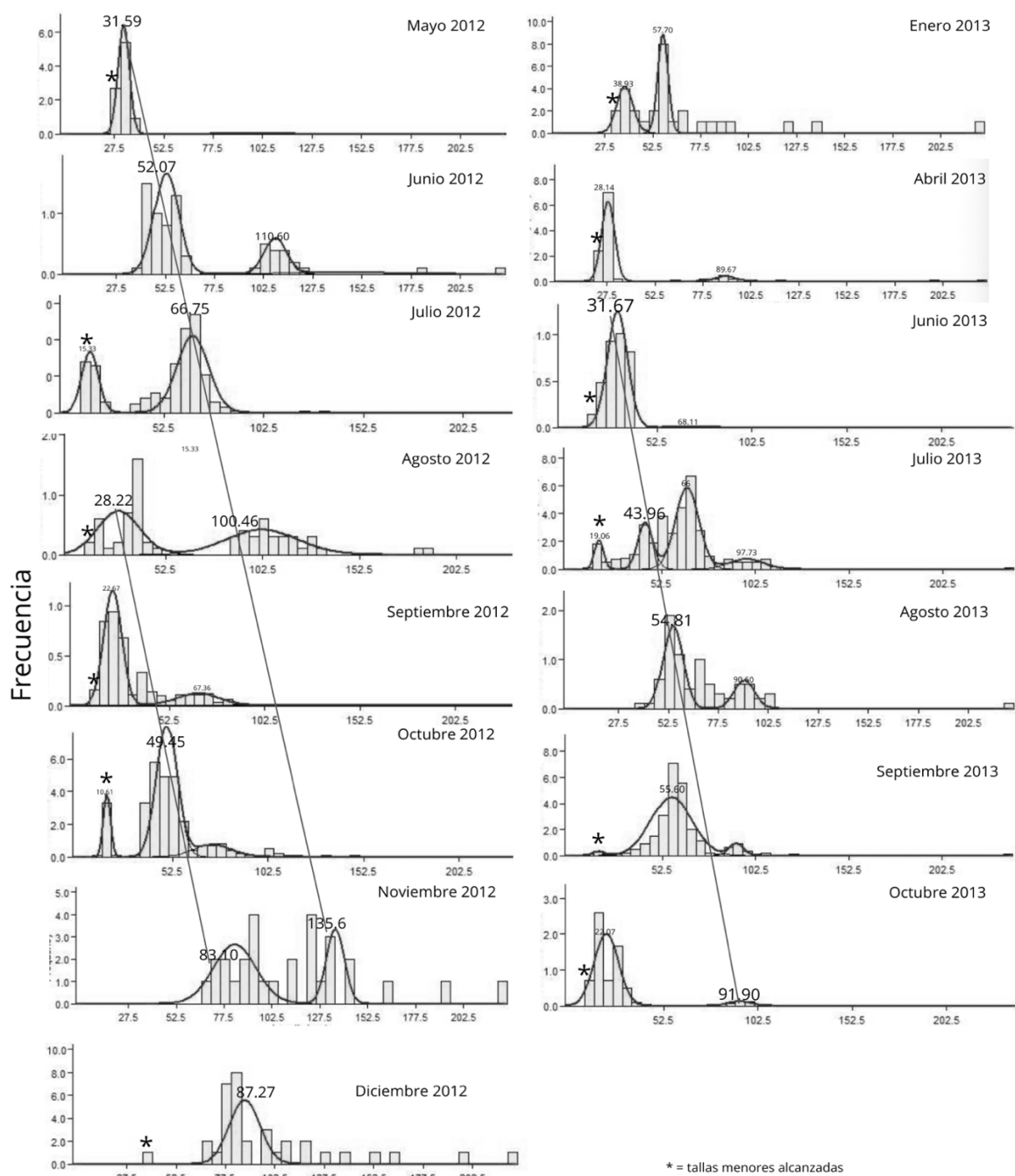


Figura 8. Variación en la talla promedio (mm) de *M. curema* en función de la hora de captura. Las barras representan el error estándar de la media.

El análisis de la estructura de tallas de *M. curema* en la Laguna La Mancha, Veracruz, reveló una dinámica poblacional compleja y variable a lo largo del ciclo anual. Los histogramas mensuales de frecuencia de tallas permitieron identificar la presencia de al menos tres cohortes, evidenciando un principal reclutamiento de junio a septiembre (Figura 9 y Figuras 10).

Se observó un crecimiento progresivo de las cohortes a lo largo del tiempo, reflejado en el desplazamiento hacia la derecha de las modas en los histogramas. Las modas detectadas por FiSAT se incluyen en la Figura 9.



Longitud Patrón

Figura 9. Estructura de tallas de *M. curema* y cohortes presentadas para Laguna la Mancha de mayo 2012 a octubre 2013, señalando las tallas menores alcanzadas para el presente estudio.

El análisis de crecimiento de *M. curema* en la Laguna La Mancha, utilizando el modelo de von Bertalanffy, reveló una curva de crecimiento sigmoideal típica de muchas especies de peces. Los parámetros estimados, $L_{\infty} = 272.1$ mm y $K = 0.79$. Como se muestra en la Figura 10, esta especie presenta crecimientos mensuales relativamente rápido en sus primeras etapas de vida, alcanzando una proporción significativa de su longitud máxima en un periodo relativamente corto. Sin embargo, la tasa de crecimiento se ralentiza a medida que los individuos se acercan a su tamaño máximo teórico. La dispersión de los datos alrededor de la curva ajustada sugiere una cierta variabilidad individual en las tasas de crecimientos mensuales, lo cual es común en poblaciones naturales y podría estar influenciada por factores ambientales y genéticos.

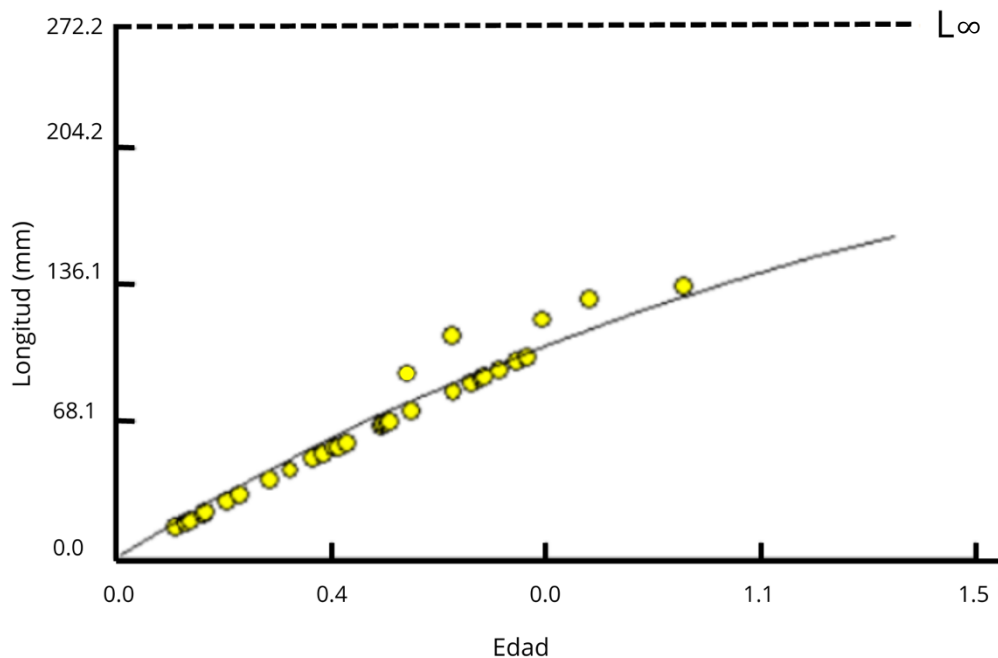


Figura 10. Curva de crecimiento de *M. curema* en la Laguna la Mancha derivada de FiSAT.

El análisis de la relación entre las tasas de crecimiento mensuales de *M. curema* y la temperatura del agua (*in situ*) en la Laguna La Mancha reveló una tendencia no estadísticamente significativa ($r_s = 0.2603$, $p = 0.4395$). Si bien se observó un aumento general en el crecimiento durante los meses más cálidos. Este resultado sugiere que la relación entre el crecimiento y la temperatura del agua (*in situ*) en *M. curema* no es plenamente directa.

En este sentido, los resultados del análisis de correlación de Spearman indican una relación entre el crecimiento y la temperatura ambiental ($r_s = 0.4851$), aunque esta relación tampoco resultó ser estadísticamente significativa ($p = 0.1305$). Asimismo, se presentó una correlación mayor con significancia marginal ($r_s = 0.6414$, $p = 0.0626$) cuando el crecimiento se asoció con el aumento mensual de temperatura ($T_{\text{mes presente}} / T_{\text{mes anterior}}$) (Figura 11).

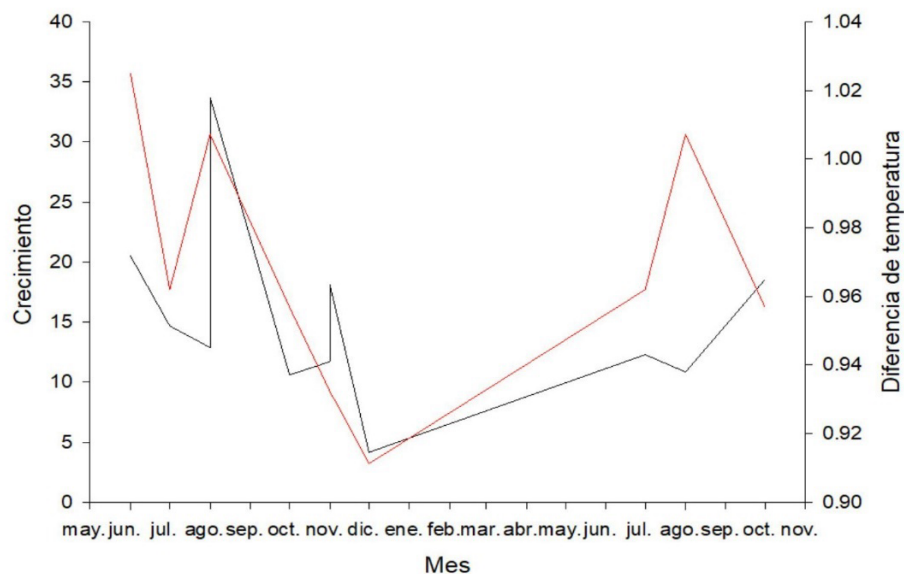


Figura 11. Curva de crecimiento de *M. curema* en la Laguna la Mancha con el incremento de temperatura.

Sin embargo, el análisis de la relación entre la tasa de crecimiento y la temperatura ambiental reveló una tendencia positiva, con un modelo exponencial $C = 0.136286 \times e^{0.172 T}$ como se muestra en la figura 12, describiendo esta relación. El coeficiente de correlación ($r_s = 0.630$) indica una asociación importante, siendo la relación estadísticamente significativa ($p = 0.0376$).

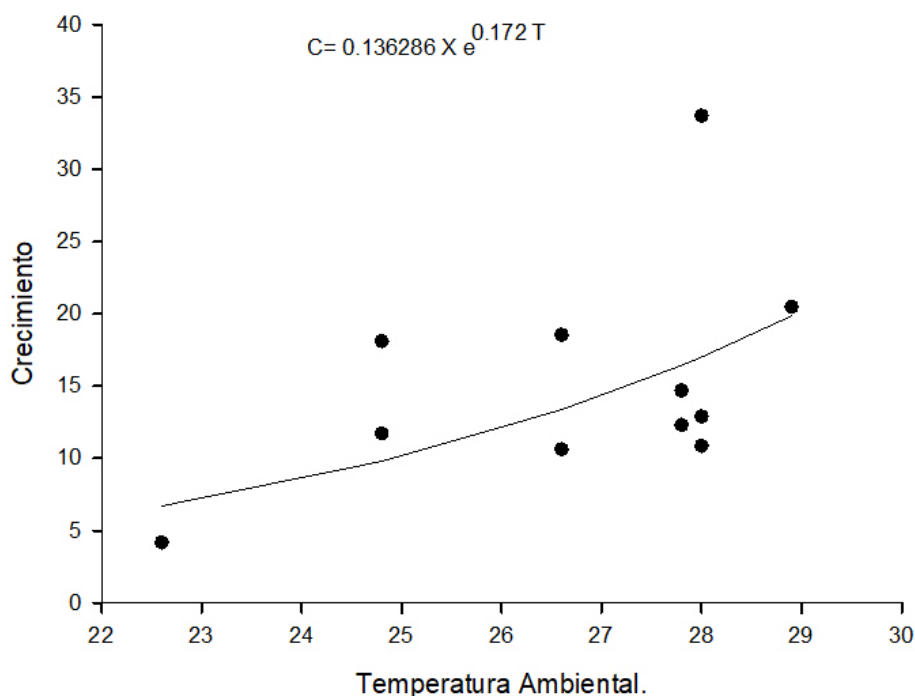


Figura 12. Relación entre el crecimiento y la Temperatura Ambiental en *M. curema*.

El análisis de la relación entre la tasa de crecimiento de *M. curema* y la salinidad del agua en la Laguna La Mancha reveló una tendencia estadísticamente no significativa ($p = 0.1930$). La relación entre el crecimiento de *M. curema* y los niveles de oxígeno disuelto en el agua indicaron una correlación negativa extremadamente débil y no significativa ($r_s = -0.1507$, $p = 0.6583$) entre ambas variables, sugiriendo que las

variaciones en los niveles de oxígeno no tienen una influencia apreciable en las fluctuaciones del crecimiento de la especie.

9.4 Proporciones Sexuales

El análisis de la proporción de sexos reveló que para todo el estudio 21 meses la proporción sexual fue significativamente igual a 1:1. No obstante, cada mes no siempre la proporción fue la misma. Así, hubo un desequilibrio a favor de los machos en la mayoría de los meses del primer año (febrero 12 – febrero 13). Las diferencias en las proporciones de sexos 1:1 fueron estadísticamente significativas en la mayoría de los casos de este período (tabla 3), mientras que en la mayoría de los siguientes meses la proporción fue 1:1.

Tabla 3. Porcentaje de machos y hembras, así como la proporción sexual y X^2 con la probabilidad de *M. curema* en la Laguna la Mancha.

Meses	% machos	% hembras	Proporción Hembra/Macho	X^2	Probabilidad
feb-12	100	0	2:0	98.01	<0.0001
abr-12	75	25	1:3	24.01	<0.0001
may-12	66.67	33.33	1:2	10.46	0.0012
jun-12	66.67	33.33	1:2	10.46	0.00122
jul-12	73.04	26.95	1:3	20.32	<0.0001
ago-12	80	20	1:4	34.81	<0.0001
sep-12	83.33	16.67	1:5	43.11	<0.0001
oct-12	76.92	23.07	1:3	27.92	<0.0001
nov-12	64.7	35.29	1:2	8.06	0.0045
dic-12	44.44	55.55	1:1	1.02	0.3115
ene-13	100	0	0:1	98.01	<0.0001
feb-13	100	0	0:2	98.01	<0.0001
mar-13	66.66	33.33	1:2	10.45	0.0012
abr-13	56.25	43.75	1:1	1.32	0.2501
may-13	100	0	0:1	98.01	<0.0001
jun-13	51.28	48.71	1:1	0.024	0.8760
jul-13	53.46	46.54	1:1	0.350	0.5538
ago-13	46.97	53.03	1:1	0.256	0.6128
sep-13	38.66	61.34	1:1	4.70	0.0301
oct-13	48.98	51.02	1:1	0.010	0.9171
Total	54.57	45.43	1:1	0.662	0.4156

En este sentido los resultados indicaron una diferencia estadísticamente significativa en la salinidad promedio a la que fueron capturados los machos ($\bar{x}$ = 23.94) y las hembras ($\bar{x}$ = 26.38; $F = 10.824$, $gl = 1/810$, $p = 0.0015$), sugiriendo que los machos fueron capturados en aguas con menor salinidad en comparación con las hembras como se muestra en la figura 13 Asimismo, las distribuciones de frecuencias de salinidades a las que fueron capturados machos y hembras mostró diferencias significativas (Kolmogórov-Smirnov, $D = 0.163$, $p = 0.000038$).

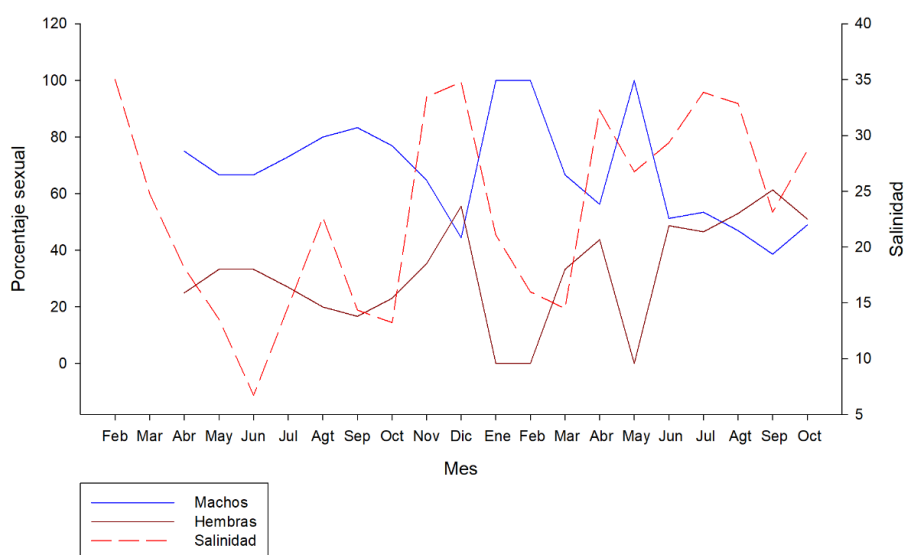


Figura 13. Relación entre el porcentaje de machos/hembras de *M. curema* y la Salinidad.

9.5 Análisis gonádico.

El índice gonadosomático (IGS) en *M. curema* reveló una marcada estacionalidad en el inicio de la maduración sexual de esta especie en la Laguna La Mancha. Los resultados mostraron un incremento significativo en el IGS durante los meses de febrero y marzo ($F = 26.5847$, g.l. 20, $p < 0.0001$), para el total de individuos

identificados sexualmente como se muestra en la figura 14, indicando el inicio del período de máxima madurez gonadal es durante esta época. Los bajos valores del IGS observados durante el resto del año indican una disminución en la actividad gonadal y una probable fase de recuperación.

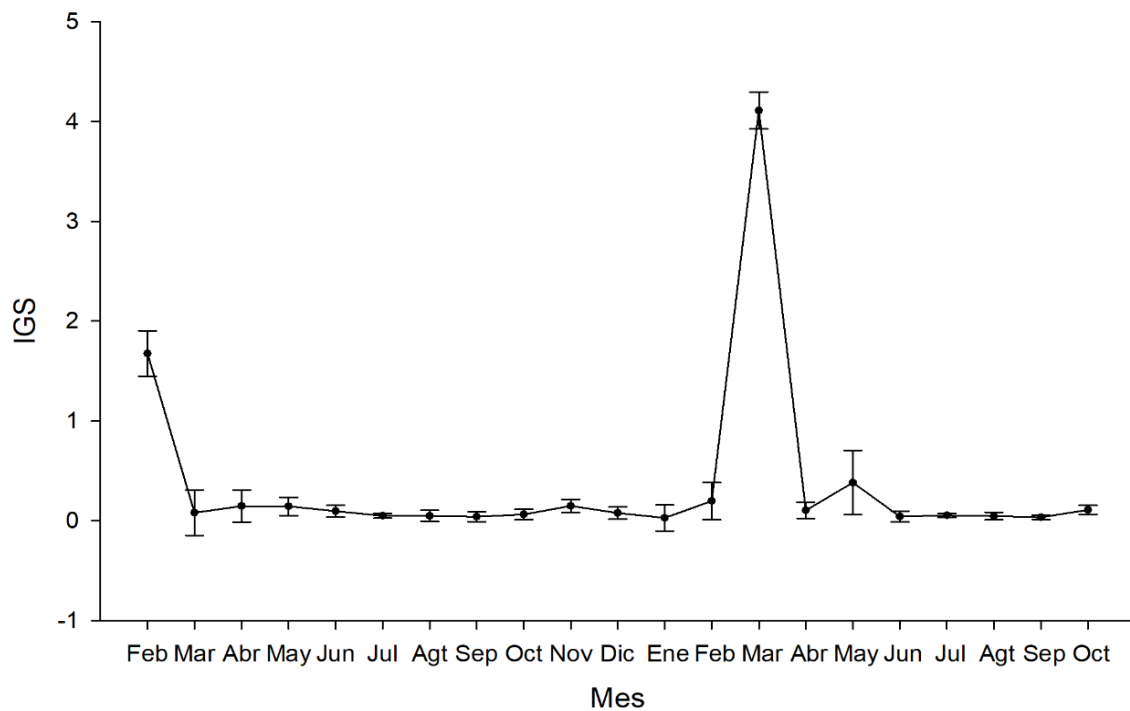


Figura 14. Índice Gonadosomático (IGS) mensual de *M. curema* de febrero de 2012 a octubre de 2013.

Asimismo, los individuos que alcanzaron a ser determinados sexualmente fueron a partir de una hembra de 50.3 mm. Así, se observó que entre 60-65 mm el 50% de los individuos fueron hembras y el otro 50% indeterminados, por lo que el sexo, macroscópicamente se puede hacer a partir de los 65mm.

9.6 Correlación el IGS con variables ambientales de todos los datos.

El análisis de la relación entre el índice gonadosomático (IGS) y variables ambientales como la temperatura *in situ*, temperatura atmosférica y el incremento en la temperatura atmosférica reveló patrones de asociación. Se observó una correlación inversa (no significativa) entre el IGS y la temperatura *in situ*. Similarmente el IGS se correlacionó negativamente con la temperatura atmosférica, aunque en este caso no fue significativa. Sin embargo, la relación entre el IGS y el incremento de temperatura de un mes a otro resultó ser positiva y significativa, indicando que la relación con la madurez sexual está principalmente determinada por los incrementos y decrementos de las temperaturas mensuales (Figura 15 A, B, C).

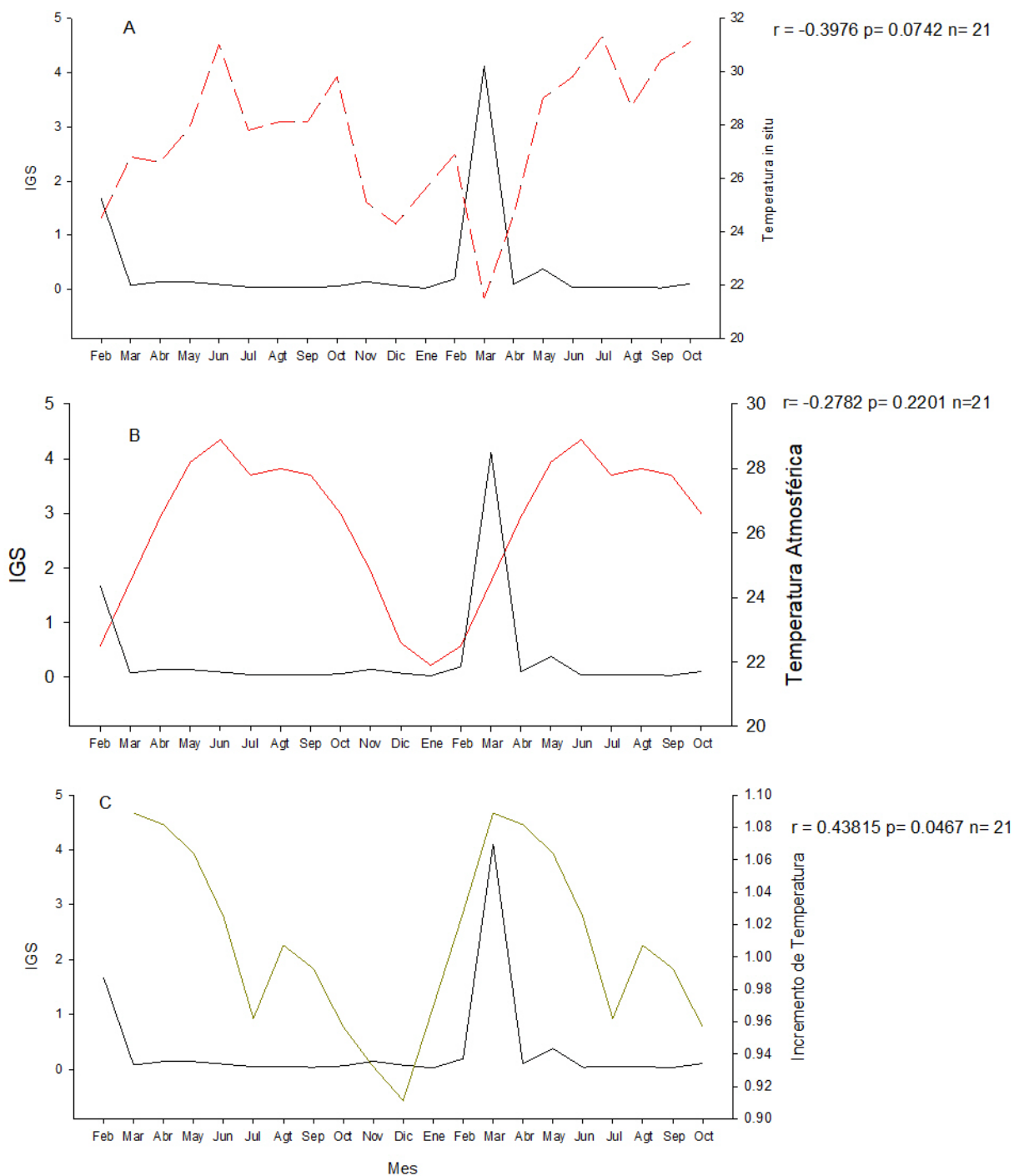


Figura 15. Relación entre el Índice Gonadosomático (IGS), A) con temperatura in situ, B) temperatura atmosférica y C) con el incremento de la temperatura

9.7 Fecundidad método gravimétrico.

El análisis de fecundidad se realizó con la única hembra que presentó huevos en proceso de vitelogénesis (inmediato anterior al desove). Así, los resultados del análisis gravimétrico revelaron una fecundidad absoluta de 121,746 ovocitos, la longitud patrón del individuo 188.5 mm, un peso total de 120 g y un peso de gónada de 12.86 g

Los resultados obtenidos durante el proceso experimental del método gravimétrico se presentan en la Figura 16.

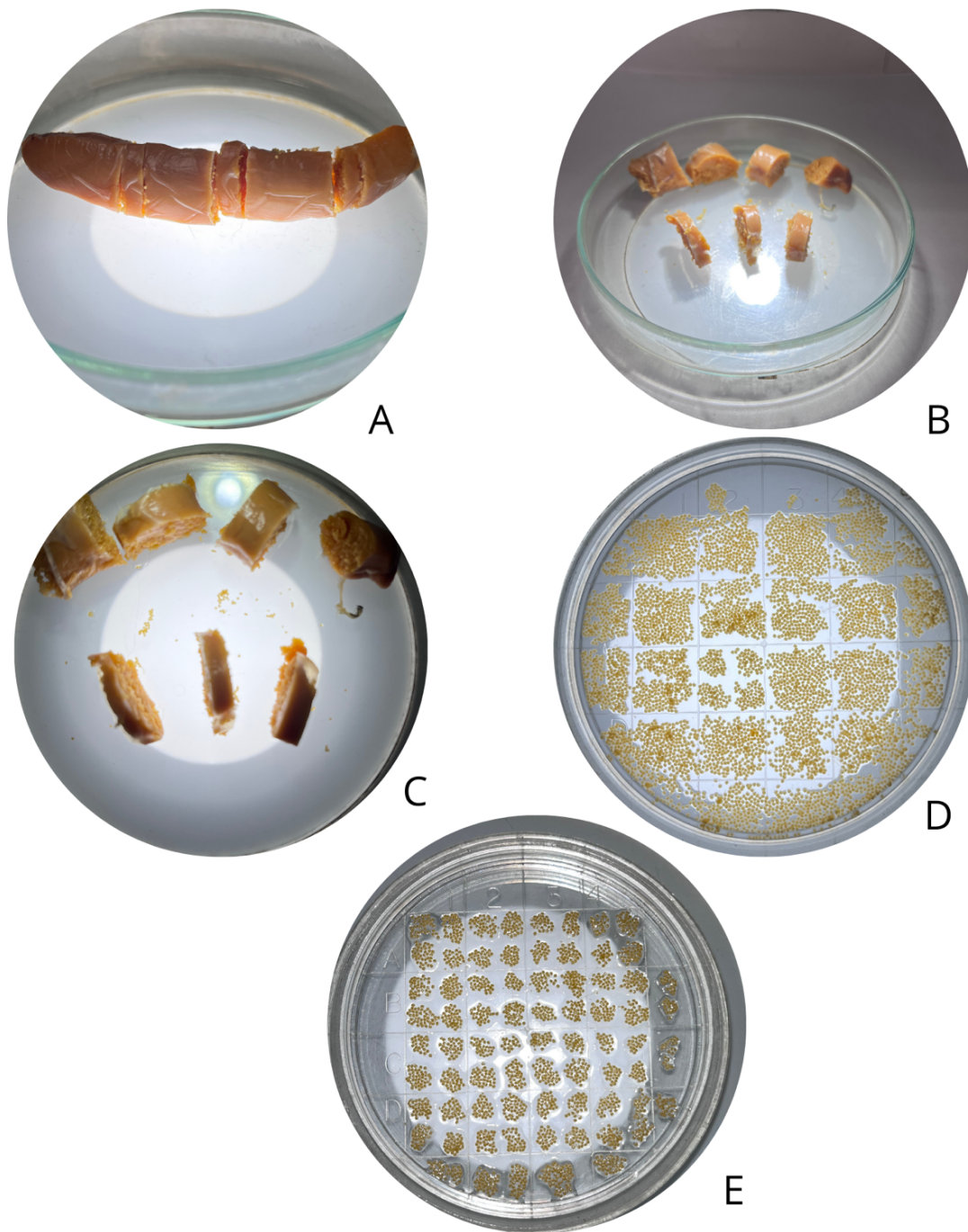


Figura 16. Etapas del proceso de análisis de fecundidad en *M. curema*. A) Ovario completo. B y C) Fragmentos de ovario divididos para su análisis. D y E) Ovocitos separados del tejido ovárico y dispuestos en placas de Petri para su conteo

10. Discusión

10.1 Relación peso-longitud y tipo de crecimiento

La relación peso longitud para toda la población en el presente estudio fue de $W = 0.0000103 L^{3.1321}$ ($R^2 = 0.9802$, $p < 0.0001$), con rangos de talla que van de los 13.89 a 240.5 mm y los rangos de peso de 0.03 a 209.05 g, con un total de 7018 organismos procesados. En la literatura se establece que el modelo peso-longitud de una población se debe realizar con los valores de longitud y peso totales, para que la pendiente y la ordenada al origen sean representativos. Sin embargo, en este estudio, se determinó la relación peso-longitud con el peso total y longitud patrón por ser individuos pequeños donde muchos no se podía observar la aleta caudal completa. El coeficiente de determinación mostró que el 98% de la variabilidad en la longitud define la variabilidad del peso. La pendiente resultante de toda la población nos indicó un crecimiento general alométrico positivo implicando que los individuos crecen más en peso que en talla, lo cual se justifica puesto que la laguna es una zona de refugio y protección para los peces juveniles, donde se alimentan y crecen. La baja captura de individuos adultos se relaciona con que éstos se congregan en cardúmenes cerca de la superficie para migrar a la zona costera para realizar el desove en mar abierto, no reproduciéndose dentro de la Laguna la Mancha, con un ciclo reproductivo fuera de ella como lo menciona la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y

Alimentación (2014). Así, crecimiento alométrico positivo para *M. curema* sugiere una inversión en reservas energéticas para el desarrollo de gónadas dentro del sistema, para posteriormente migrar a zonas de reproducción.

Asimismo, considerando solo los individuos indeterminados se observó un crecimiento alométrico negativo (crecen más rápido en longitud que en talla), mientras que machos y hembras mostraron un crecimiento isométrico. La isometría observada en machos y hembras adultos es consistente con los hallazgos de Gallardo-Cabello et al., (2005) y Quiñonez-Velázquez y Mendoza-Guevara, (2009). La isometría sugiere que, una vez alcanzada la madurez sexual, el crecimiento se enfoca en mantener una proporción corporal óptima para las funciones reproductivas y de supervivencia. Sin embargo, los resultados de Ibáñez-Aguirre, (2015) en *M. curema* muestran una mayor variabilidad en los patrones de crecimiento, incluyendo tanto alometría negativa como isometría. Más allá de estas diferencias, los resultados del presente estudio se relacionan con una estrategia adaptativa, en la cual los peces pequeños crecen más rápido en talla, lo que les permite ampliar su espectro trófico y a su vez atenuar la presión por depredación.

La relación peso-longitud está influenciada por el arte de pesca con luz de malla mayor, como cuando se utiliza red agallera (Muhlia-Almazán et al., 2003; Meléndez-Galicia et al., 2010; Cabral-Solís et al., 2010). En otros estudios se obtienen los organismos de la pesca comercial (Gallardo-Cabello et al., 2005; Albieri et al., 2009; Ibáñez-Aguirre, 2015; Jiménez-Reyes et al., 2020; Salgado-Cruz et al., 2021; Velez-Arellano et al., 2022). Las diferencias de capturas por diferentes artes de pesca pueden influir en la

estimación de la relación peso-longitud. Así, Gallardo-Cabello et al., (2005), en laguna de Cuyutlán los resultados fueron los siguientes, $W=1.065 \times 10^{-5} L^{2.979}$ (asumiendo que realmente es 1.065×10^{-5}) con un crecimiento tendiente a la isometría y con tallas que van de los 70 a 320 mm y los pesos de 3.43 a 318.64 con un total 4482 organismos. Por otro lado, estudios previos (Pérez-García & Ibáñez-Aguirre, 1992; Meléndez-Galicia et al., 2010; Ruiz-Ramírez et al., 2017; Salgado-Cruz et al., 2021), han reportado una tendencia hacia la alometría negativa en *M. curema* durante etapas de desarrollo en las que el sexo puede ser determinado, mientras que el presente estudio se presentó una alometría positiva por ser individuos juveniles. Meléndez-Galicia y Romero-Acosta, (2010) en el sitio de muestreo de Lázaro Cárdenas Michoacán estimó un modelo $W=0.0125 L^{2.91}$ con intervalos de talla que van de 270.7-400 mm y pesos que van de 219-842 g con un total de 942 organismos procesados. Salgado-Cruz et al., (2021) reportan para la Bahía Magdalena, B.C.S., un modelo $W=0.00008 L^{2.61}$ con intervalos de tallas que van de 244 a 455 mm y los pesos de 133 a 901 g con un total de 864 organismos, y en Bahía de la Paz tuvieron como resultado $W=0.00029 L^{2.4}$ con intervalos de talla que van de los 254 y 405 mm y pesos de 139 a 595 g con un total de 690 organismos. Quiñonez-Velázquez y Mendoza-Guevara (2009) en el Conchalito, BCS., muestra diferentes períodos, a) En verano 1998, donde se muestra una $W=0.000005 L^{3.25}$ con un total para este grupo de 60 organismos, b) En invierno 1999, $W=0.00005 L^{3.15}$ con un total para este grupo de 1235 organismos y c) En verano 1999, $W=0.000009 L^{3.22}$ con un total para este grupo de 110 organismos, con intervalos que van de 18.6 y 99.3 mm y con pesos de 0.07 y 24.8 g.

En este sentido, la relación longitud-peso puede variar estacionalmente, por tanto, los datos deben incluir al menos un ciclo anual, lo cual no siempre sucede como podemos observar en las anteriores relaciones peso-longitud. Asimismo, al comparar nuestros resultados con otros estudios realizados en la región, se observa que la relación peso-longitud puede variar considerablemente entre diferentes poblaciones, lo que sugiere que factores locales, como la disponibilidad de alimento y la presión de pesca, pueden influir en el crecimiento de los organismos, así como la no consideración de un ciclo anual. Además, el uso de diferentes artes de pesca puede sesgar las muestras hacia individuos de mayor tamaño o menor tamaño, lo que podría afectar la estimación de la relación peso-longitud.

10.2 Factor de condición

El factor de condición se emplea como indicador indirecto del bienestar de cada individuo y se basa en la relación entre el peso y la talla del organismo. *Mugil curema* en la Laguna La Mancha exhibió una marcada variabilidad estacional en este parámetro ($p < 0.0001$), con los valores más altos registrados durante los meses de mayo y junio, coincidiendo con el periodo de mayor productividad primaria y concentración de clorofila *a* en la laguna como lo reporta Contreras, (2005), Mecalco-Hernández et al., (2018), para la zona de estudio. Esta fluctuación sugiere una influencia de la disponibilidad de alimento que es aprovechado por la especie. Asimismo, está influenciado por otros factores ambientales como la temperatura ambiental y la salinidad, lo que sugiere adicionalmente una fuerte influencia de la

disponibilidad de alimento sobre el estado nutricional. En otros estudios, el factor de condición para las hembras ocurrió en febrero, abril, agosto, noviembre y diciembre mientras que los machos en febrero, junio-agosto y diciembre, en el océano Pacífico (Ruiz-Ramírez et al., 2017), mientras que en el Golfo de México el factor de condición mayor fue en septiembre según lo presentado por (Ibañez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 2004), con el menor valor en diciembre, cuando se presenta una etapa media del desove, con una recuperación del factor de condición en mayo.

Esto sugiere que un aumento en la salinidad podría estar asociado con una disminución en el estado nutricional de *M. curema*.

10.3 Análisis de Talla.

Las frecuencias de longitud patrón, presenta un porcentaje mayor entre los 13.89 a 40.5 mm, representado más de 50% de la población. Estos valores se reflejan en las tallas de los organismos de *M. curema* capturados a diferencias de otros estudios donde las tallas menores llegan a 70 mm (Gallardo-Cabello et al., 2005), 105 mm (Cabral-Solís et al., 2010), 180 mm (Ibañez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 1996), 200 mm (Ibañez-Aguirre, 2015), 277 mm (Meléndez-Galicia & Romero-Acosta, 2010). Solo Marin y Dodson (2000) trabajaron con un intervalo de talla similar (21 a 220 mm) al del presente estudio, lo cual se debe al método de captura, donde también se utilizó un chinchorro playero capturando individuos pequeños y solo evalúa sitios poco profundos, señalando que esto puede corresponder a ciclos de reproducción-alimentación,

entrando al sistema algunos individuos para alimentarse y alcanzar la madurez, para posteriormente migrar al mar para la reproducción.

Asimismo, con el análisis de varianza de dos vías aplicado a la longitud se reveló una interacción significativa entre el mes y la hora de captura en la distribución de tallas de *M. curema*, la distribución de tallas varió tanto a lo largo del año como a lo largo del día, indicando una compleja dinámica en la distribución de tallas de *M. curema* en la zona de estudio.

Indicando una compleja dinámica en la distribución de tallas de *M. curema* en la zona de estudio, que podría estar influenciada por factores como la disponibilidad de alimento, la actividad depredadora, las condiciones ambientales, los movimientos migratorios y los ritmos circadianos. La combinación de la variación estacional y diurna sugiere que la talla de los individuos puede estar relacionada con diferentes procesos biológicos y ecológicos a lo largo del ciclo anual.

Con la identificación de múltiples cohortes se pudo determinar aumento de tallas modales entre meses, permitiendo esto evaluar tasas de crecimiento. Las múltiples cohortes también sugieren una alta productividad del ecosistema y una capacidad de recuperación de la población ante perturbaciones. Sin embargo, la variabilidad en la estructura de tallas a lo largo del tiempo también sugiere que la población está sujeta a presiones ambientales y de pesca que pueden afectar su sostenibilidad a largo plazo. Sin embargo, la tasa de crecimiento y la estructura de tallas mostraron variaciones entre meses y entre cohortes. La presencia de cohortes superpuestas sugiere una alta

variabilidad en las condiciones ambientales y en los procesos biológicos que afectan a la especie.

El modelo de von Bertalanffy es adecuado para describir la dinámica de crecimiento de especies, particularmente en zonas tropicales. El análisis de crecimiento de *M. curema* en la Laguna La Mancha, utilizando este modelo reveló un crecimiento máximo de $L_{\infty} = 272.1$ mm y $K = 0.79$. Estos resultados son consistentes con la longitud común de 300 mm de longitud total (Froese & Pauly, 2024) y los presentes cálculos son con longitud patrón. En estudios previos sobre el crecimiento esta especie / en otras regiones, utilizando ELEFAN o métodos directos con otolitos, se han observado diferentes valores de L_{∞} y K . Así, Ibañez-Aguirre (1995) reporta $L_{\infty}=461.4$ mm y $K=0.14$, Meléndez-Galicia y Romero-Acosta (2010) $L_{\infty}=472$ mm y $K=0.33$, Cabral-Solís (1999) $L_{\infty}=480$ mm y $K=0.24$.

Indicando que la Laguna La Mancha funciona como un área de crianza y crecimiento para *M. curema*. La identificación de múltiples cohortes sugiere una alta productividad del ecosistema y una capacidad de recuperación de la población ante perturbaciones. Sin embargo, la variabilidad en la estructura de tallas a lo largo del tiempo también sugiere que la población está sujeta a presiones ambientales y de pesca que pueden afectar su sostenibilidad a largo plazo.

La temperatura del agua (*in situ*) y temperatura ambiental no mostraron correlación directa con el ritmo de crecimiento de los individuos ($r_s = 0.2603$, $p = 0.4395$; $r_s = 0.4851$, $p= 0.1305$; respectivamente). Similarmente, Quiñonez-Velázquez y López-

Olmos (2010) no detectaron relación significativa entre el promedio de temperatura y el promedio de longitud de los juveniles ($r_s = 0.36$, $p > 0.05$).

Sin embargo, existió una correlación entre el crecimiento de los individuos y el aumento mensual de temperatura ($r_s = 0.6414$, $p = 0.0626$). En este mismo sentido, se observó que la temperatura ambiental influye sobre el crecimiento, a través de un modelo exponencial. Esto confirma que la Laguna La Mancha funciona como un área de crianza y crecimiento para *M. curema*.

10.4 Proporciones sexuales

La proporción de sexos informa de manera parcial la estructura de la población en peces, donde se espera que esta proporción sea 1H:1M (Ruiz-Ramírez et al., 2017). La proporción total a lo largo de todo el período analizado en el presente estudio fue significativamente 1:1 (54.57% machos (447) y 45.43% hembras (372)), por lo que los datos sugieren que la población de *M. curema* en la Laguna La Mancha tiene una proporción sexual equilibrada. A pesar de que los machos fueron ligeramente más abundantes, otros estudios han mostrado proporciones sexuales con dominancia de hembras. Así, Ruiz-Ramírez et al., (2017) reportó una proporción sexual 1,0 H: 0,3 M. En otros estudios en México se encontró la misma tendencia: Lucano-Ramírez y Michel-Morfín (1997; 1,6 H: 1M); Ibáñez-Aguirre y Gallardo-Cabello (2004) con 179 (58,0%) hembras y 130 (42,0%) eran machos, con una relación 1M: 1,4H. Cabral-Solís et al. (2010) registro para la especie una proporción sexual de 219 (38.56%) machos

y 349 (61,44%) hembras y 11 juveniles, con una razón macho: hembra de 0.6M:1H. En escasos estudios se ha encontrado un equilibrio en los sexos (Oliveira et al., 2011).

A pesar de que el presente estudio la proporción total fue 1:1, hubo meses donde las diferencias fueron significativamente diferentes, lo que puede estar asociado a que, en los últimos meses, se presentaron mayores salinidades en el sistema (aumentando la proporción de hembras), que en el primer período de estudio (cuando la proporción de machos fue mayor). Esto a su vez, podría estar relacionado con diferencias en las tolerancias fisiológicas entre machos y hembras, debido a que los machos fueron capturados a salinidades relativamente más bajas que las hembras. La variabilidad en la proporción de sexos a lo largo del año esta influenciada por diversos factores como migración diferencial y factores reproductivos.

10.5 Índice gonádico.

El índice gonadosomático más alto reportado para el presente estudio fue en los meses de febrero 2012 y marzo 2013. Las tallas a las que se pudieron determinar el IGS fue de 34.6 a 240.5 mm, esto nos indica que es una etapa en la que se encuentran madurando los individuos, no están totalmente maduros ya que predominaron peces juveniles y no adultos. Esto coincide con los valores reportados por Ruiz-Ramírez et al., (2017), donde promedios altos del IGS de hembras se observaron en febrero, abril, agosto, noviembre (3.28 a 5.59%), y en los machos en febrero, abril, septiembre y enero, en hembras y machos. Otro estudio también concuerda con que los meses con mayor IGS son en agosto y febrero (Cabral-Solís et al., 2010), mientras que Meléndez–

Galicia y Romero-Acosta (2010) lo reportan los IGS más altos en junio y agosto en Michoacán. En Baja California Sur se reportan en junio, julio, noviembre (Salgado-Cruz et al., 2021), más cerca de la zona de estudio en el Golfo de México se reporta que la maduración de ovarios es en los meses de diciembre y enero, mientras los más altos valores de IGS son en marzo y abril, y disminuyendo en mayo (Ibáñez-Aguirre & Gallardo Cabello, 2004). También se reportan IGS altos en Río Cazones, (Ibáñez-Aguirre & Colin, 2014) cuyos resultados corresponden a pesca comercial.

La variación mensual del IGS de *M. curema* en laguna La Mancha, mostró una correlación marginal con la temperatura *in situ* ($p = 0.074$), pero no con la temperatura ambiental ($p = 0.220$). Sin embargo, se detectó un efecto significativo sobre el IGS ($p = 0.047$) por el incremento mensual de la temperatura. Así, el efecto de la temperatura sobre la maduración sexual de la especie no es directo con la variabilidad de la temperatura, sino con sus patrones de incremento.

10.6 Fecundidad

La talla en la que se reporta una madurez de la especie es de 196 mm según lo reportado por Froese y Pauly (2024), mientras que en el presente estudio solo se registró una hembra iniciando el proceso de maduración sexual con ovocitos en el comienzo del proceso de vitelogénesis. Esta hembra con talla de 188.5 mm y con el índice gonádico más alto reportado para el presente estudio (11.47), presentó una fecundidad absoluta de 121,746 ovocitos, lo que equivale a 1,014 ovocitos g^{-1} , que de acuerdo con Salgado-Cruz et al. (2021) se encuentran en la fase (II o III). Los ovarios

en este estadio se caracterizaron por ser dos lóbulos alargados y delgados de longitud similar, de coloración amarilla. En otros estudios la fecundidad varió, de 9,612 a 238,795 ovocitos en hembras de cero a cinco años, y la fecundidad relativa promedio fue de 1,120 a 850-1,176 ovocito·g⁻¹ (Cabral-Solís et al., 2010). Mientras que la fecundidad de *M. curema* varió entre 82,278 y 379,992 ovocitos, y la fecundidad relativa media fue de 1064 ± 355 ovocitos g⁻¹ en Laguna de Tamiahua (Ibañez-Aguirre & Gallardo-Cabello, 2004).

En el presente estudio, la hembra más grande fue menor a las reportadas en otros estudios, donde se observa una marcada diferencia puesto que el método de captura es diferente y los estudios es sobre la pesca comercial, alcanzando el macho y la hembra más pequeños con gónadas maduras entre 190 y 230 mm Ruiz-Ramírez et al., (2017). También se observaron diferencias con los datos registrados por Cabral-Solís et al., (2010), donde los machos y las hembras mostraron características de madurez sexual a la talla promedio, de 270 mm, y de 255 mm, que corresponden a cuatro y cinco años, respectivamente. En el mismo sentido, en este trabajo las hembras de *M. curema* fueron más grandes y de mayor peso que los machos, lo cual coincide con lo encontrado por Ibañez-Aguirre y Gallardo-Cabello (1996) en Veracruz, México y Oliveira et al., (2011) en Brasil. Esta estrategia la siguen numerosas especies y se explicaría porque las hembras al alcanzar mayor longitud tienden a producir una mayor cantidad de huevos (Ruiz-Ramírez et al., 2017).

11. Conclusiones

11.1 Relación peso-longitud

Por el uso del chinchorro playero con luz de malla reducida (1 cm) demostró ser más eficiente que otras artes de pesca tradicionales al capturar una mayor proporción de juveniles de *Mugil curema*. con tamaños que van de los 13.2mm a 240.3 mm. Esto lo convierte en una herramienta clave para monitorear el reclutamiento y proteger las etapas iniciales del ciclo de vida de la especie, especialmente en hábitats someros como la Laguna La Mancha.

11.2 Patrones de crecimiento y adaptaciones ecológicas

El crecimiento alométrico positivo observado en la población general de *M. curema* sugiere una estrategia adaptativa que prioriza la acumulación de reservas energéticas durante las etapas juveniles en la laguna. En contraste, el crecimiento isométrico de los adultos indica una inversión en mantener proporciones corporales óptimas para funciones reproductivas.

11.3 Influencia de factores ambientales y presión de pesca

Las variaciones en la relación peso-longitud y el factor de condición reflejan la influencia de factores ambientales como la temperatura y la salinidad, así como la disponibilidad de alimento. Además, las diferencias observadas respecto a otros

estudios resaltan el impacto de las prácticas de pesca y las características locales del ecosistema.

11.4 Dinámica poblacional y sustentabilidad

La identificación de múltiples cohortes y la variación en las distribuciones de talla a lo largo del tiempo evidencian una alta productividad del ecosistema. Sin embargo, las fluctuaciones en la estructura de tallas sugieren presiones ambientales y de pesca que podrían comprometer la sostenibilidad de la población a largo plazo.

11.5 Ciclos reproductivos y fecundidad

La proporción sexual equilibrada de *M. curema* en la laguna, junto con los valores más altos del índice gonádico observados en febrero y marzo, confirman la función de este ecosistema como un área de crianza y crecimiento. Sin embargo, la baja presencia de individuos en madurez sexual y el análisis de fecundidad reflejan un ciclo reproductivo que ocurre predominantemente fuera de la laguna, en mar abierto.

11.6 Importancia del manejo integral

Este estudio subraya la importancia de integrar ciclos anuales completos y artes de pesca específicas en las evaluaciones de población. Estos enfoques permiten obtener datos más representativos y establecer estrategias de manejo sustentable para *M. curema*, particularmente en áreas críticas como Laguna La Mancha.

12. Perspectivas

Los resultados de este estudio proporcionan una visión integral de la biología y ecología de *M. curema* en la Laguna la Mancha, Veracruz. El análisis de diferentes aspectos del arte de pesca, el crecimiento, la condición, la reproducción y la morfología ha revelado una compleja interacción de factores biológicos y ambientales que influyen en la dinámica poblacional de esta especie.

La elección del arte de pesca con luz de malla chica, la variabilidad espacial y temporal en el crecimiento y la condición, así como la influencia del sexo y la etapa de desarrollo son factores clave que han sido identificados. Los resultados obtenidos subrayan la importancia de considerar la variabilidad natural y las presiones antropogénicas al evaluar el estado de conservación de las poblaciones de *M. curema* y al diseñar estrategias de manejo sostenible. Además, el estudio resalta la necesidad de realizar investigaciones a largo plazo y multidisciplinarias para comprender mejor la ecología de esta especie y su interacción con el ecosistema.

Los hallazgos de esta investigación contribuyen al conocimiento científico sobre las Lisas y pueden servir como base para futuras investigaciones en la región.

En futuras investigaciones será relevante profundizar en la disponibilidad de recursos, impacto de la actividad humana en la región, así como la implementación de técnicas moleculares podría complementar los análisis poblacionales tradicionales, proporcionando información más precisa sobre la estructura genética y conectividad entre poblaciones. Esto puede ayudar a desarrollar políticas pesqueras basadas en evidencia que aseguren la sostenibilidad a largo plazo, así como la importancia sobre el adecuado manejo de una pesquería intensamente explotada al ofrecer una

comprensión detallada de la biología y ecología de la especie, se facilita la implementación de estrategias basadas en evidencia que consideren tanto las presiones antropogénicas como la variabilidad natural. Este conocimiento permite ajustar prácticas pesqueras, establecer límites de captura y fomentar un uso responsable de los recursos, asegurando la sostenibilidad de las poblaciones y la conservación del equilibrio ecológico a largo plazo.

13. Referencias:

- Alberi R. J., Araújo F. G & Ribeiro T. P. 2009 Gonadal development and spawning season of white mullet *Mugil curema* (Mugilidae) in a tropical bay. *Journal compilation*, ISSN0175-8659.
- Baumar J.; Marin E. & Dodson J. J. 2000: Age, growth and fecundity of the silver mullet, *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae), in coastal areas of Northeastern Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 48(2-3): 1:15.
- Bhattacharya C. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
- Brey, T. & D. Pauly, 1986. Electronic Length frequency Analysis. A revised and expanded user's guide to ELEFAN O, 1 and 2. *Berichte aus dem Institut für Meereskunde* 149: 49 pp.
- Cabral-Solís, E. G., M. Gallardo-Cabello, E. Espino-Barr & A. L. Ibáñez. 2010. Reproducción de *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) de la laguna de Cuyutlán, en el Pacífico mexicano. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 14(3): 19-32.
- Cadima, E. L. 2003. Manual de evaluación de recursos pesqueros FAO, *Documento Técnico de Pesca*, 393: 162p.
- Castillo-Rivera M. Constante-Pérez L. G., & Serrato-Díaz A. 2020, First record and DNA barcode for *Ocyurus chrysurus* (Lutjanidae) from a coastal

- lagoon in the southwestern Gulf of México. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 48:3 492-496.
- Castillo-Rivera M., & Morgado-Dueñas G. 2022. Variación estacional y nictémera en la distribución de Beloniformes (Pisces) en la boca de una laguna costera tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 93: 40-47.
- Castillo-Rivera M., L. G. Constante-Pérez., & A. Serrato-Díaz. 2020. First record and DNA barcode for *Ocyurus chrysurus* (Lutjanidae) from a coastal lagoon in the southwestern Gulf of Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 48(3):492–96.
- Castro-Aguirre, J. L., & Balart, E. F. 1993. La ictiología en México: Pasado, Presente y Futuro. Sociedad Mexicana de Historia Natural. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44: 327-344.
- Chávez-Herrera D. 1993. Aspectos biológicos de *Mugil curema* Cuvier Valenciennes, *Mugil cephalus* Lineo y *Mugil hospes* Jordan y *culver*, en dos lagunas costeras del Sur de Sinaloa. *Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*. 64pp.
- Constante-Pérez L. G., Castillo-Rivera M., & Serrato-Díaz A. 2022. Diversity, seasonal and diel distribution of snappers (Lutjanidae: Perciformes) in a tropical coastal inlet in the southwestern Gulf of Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 20:2 1-17.

- Contreras-Espinosa, F., Rivera-Guzmán, N. E., & Segura-Aguilar, R. (2005). Nutrientes y productividad primaria fitoplanctónica en una laguna costera tropical intermitente (La Mancha, Ver.) del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 15(3), 299–310
- DOF. (Diario Oficial de la Federación). 2015. Norma Oficial Mexicana NOM-016- SAG/PESC-2014. Para regular la pesca de lisa y liseta o lebrancha en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California. Ciudad de México, México, 4 pp.
- Díaz-Ruiz S., Aguirre-León A., Mendoza-Sánchez E., & Lara-Domínguez A. L., 2017. Factores ambientales que influyen en la ictiofauna de la laguna La Mancha, sitio Ramsar, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*. 66:1 246-265.
- DOF (Diario Oficial de la Federación), 2015. Plan de Manejo Pesquero de Lisa (*Mugil cephalus*) y Lebrancha (*Mugil curema*), en las costas de Tamaulipas y Veracruz.
- Espinosa-Pérez., H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 450-459.
- FAO. 1975. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. *FAO documento técnico de pesca*. 322. 58p.

Froese, R. & D. Pauly. 2024. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (06/2024).

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22:4 241-253.

Gallardo-Cabello M., E. Cabral-Solís., E. Espino-Barr., & A. L. Ibáñez-Aguirre. 2005. Growth analysis of White mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) in the Cuyutlán Lagoon, Colima, México. *Hidrobiológica* 15(3): 321-325.

García-Gasca A., Ríos-Sicairos J., Hernández-Cornejo R., Cunha I., Gutiérrez J. N., Plascencia-González H., García de la Parra L. M., Abad-Rosales S., & Betancourt-Lozano M., 2016. The white mullet (*Mugil curema*) as biological indicator to assess environmental stress in tropical coastal lagoons. *Environ Monit Assess* 188 (688): 1-15.

Gayalino Jr., F.C., Sparre, P., & Pauly, D., 1996. The FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools (FiSAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series. FAO, Rome, 126 pp

Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I.H. & Arredondo-Figueroa, J.L. (1994). Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)*, 56(2), 875-884

- Gulland J. A. 1983. Fish assessment. Chichester. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Holden, M.J. & D.F.S. Raitt (eds.), 1975. Methods of resource investigation and their application. *Manual of Fisheries Science*. 115 (1).
- Iannacone J & Alvarino L. 2007. Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal pantanos de villa, lima, peru. *Gayana* 7:1 49-65.
- Ibáñez-Aguirre A. L., & A. Colín., 2014. Reproductive biology of *Mugil curema* and *Mugil cephalus* from western Gulf of Mexico waters. *Bulletin of Marine Science*. 90(4): 941-952.
- Ibáñez-Aguirre A. L., & Gallardo-Cabello M. 1996: Determinación de la edad de la lisa *Mugil cephalus* L. y la lebrancha *Mugil curema* V. (Pisces: Mugilidae) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. *Ciencias Marinas*. 22(3): 329-345.
- Ibáñez-Aguirre A. L., & Gallardo-Cabello M. 2005. Identification of two mugilidae species *Mugil cephalus* and *M. curema* (Pisces: Mugilidae), using the ctenii of their scales. *Bulletin of marine science*. 77(2): 305-307.
- Ibáñez-Aguirre A. L., & Leonart J. 1996: Relative growth and comparative morphometries of *Mugil cephalus* L. and *M. curema* V. in the Gulf of México. *Scientia Marina*. 60(2-3): 361-368.

- Ibáñez-Aguirre A. L., & M. Gallardo-Cabello. 2004. Reproduction of *Mugil cephalus* and *M. curema* (Pisces: Mugilidae) from a coastal lagoon in the Gulf of México, Bulletin of Marine Science. 75(1) 37:49.
- Ibáñez-Aguirre A. L. 2015. Geographic differences and annual stability in length-weight relationships of fish mullets (Pisces: Mugilidae). *Hidrobiológica*. 25 (1): 146-150.
- Ibáñez-Aguirre A. L., 1993: Coexistence of *Mugil cephalus* and *M. curema* in coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Journal of Fish Biology*. 42: 959-961.
- Ibáñez-Aguirre A. L., C. W. Chang, C. C. Hsu, C. H. Wang, Y. Iizuka, & W. N. Tzeng. 2012. Diversity of migratory environmental history of mullets *Mugil cephalus* and *M. curema* in Mexican coastal waters as indicated by otolith Sr:Ca ratios. *Ciencias Marinas*. 38(1A): 73-87.
- Ibáñez-Aguirre A. L., Cabral-Solís E., Gallardo-Cabello M., & Espino-Barr E. 2006 Comparative morphometrics of two populations of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) on the Atlantic and Mexican Pacific coasts. *Scientia Marina*. 70(1): 139-145.
- Ibáñez-Aguirre, A.L. 1995. Algunos aspectos de la dinámica de poblaciones de *Mugil cephalus* (Linneo, 1758) y *M. curema* (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis de Doctorado. *Facultad de Ciencias, UNAM, México*. 216p.

INEGI. 2020. Censo de Población y Vivienda. Consultado el 18-septiembre-2024. En <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/poblacion/>.

Jiménez-Reyes. S., Pacheco-Almánzar. E., & Ibáñez-Aguirre A. L. 2020. La utilidad de la forma del hueso urohial en la discriminación de especies congéneres y poblaciones locales de Pisces: Mugilidae. *Hidrobiológica*. 30 (3): 259-267

Lagler. K. F., Bardach. J. E., Miller. R. R & May Passino. D. R. 1984. Ictiología. Primera edición en español. AGT. Editor. S.A. ISBN: 968-463-017-4

Le Cren E, D. 1951. The length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*. 20:2 201-219.

Lorenzo, J. M. 1992. Crecimiento de la caballa *Scomber japonicus* (houttuyn, 1782) en aguas del archipiélago canario. Tesis doctoral. Universidad de las Palmas de gran Canaria. Departamento de Biología.

Lucano-Ramírez, G., & Michel-Morfin, J. E. 1997. Ciclo reproductivo y aspectos poblacionales de *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Pisces: Mugilidae) en la laguna costera Agua Dulce, Jalisco, México. *Oceanología*, 1, 105-115.

Marin E, B. J., & Dodson, J. J. (2000). Age, growth and fecundity of the silver

- mullet, *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae), in coastal Arcas of Northeastern Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 48(2-3):389–398.
- Mecalco-Hernández, A., Castillo-Rivera M, A., Sanvicente-Añorve L., Flores-Coto C., & Álvarez-Silva C. 2018. Variación estacional y nictímera en la distribución del zooplancton dominante en una laguna costera tropical. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 53:1 39-49.
- Mecalco-Hernández, A., & Castillo-Rivera, M. 2020. Riqueza zooplanctónica en la boca de la Laguna la Mancha, durante muestreos mensuales y nictímeros. *Hidrobiológica*, 30(2), 143-153.
- Meléndez-Galicia C., & Romero-Acosta A. C. 2010. Evaluación biológico pesquera de la lisa *Mugil curema*, en la costa de Michoacán, *Ciencia Pesquera*, 18(1): 67-77.
- Moreno-Casasola P. (Ed.) 2006. Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha. Institutode Ecología, A.C. 576 pp.
- Moreno-Casasola, P., Salinas-Pulido M, G., Amador-Zaragoza L. E., Cruz H, H. Juárez-Eusebio A., Ruelas-Monjardín L., Landa J. L., Travieso-Bello A, C., Monroy-Ibarra R. C., Paradowska K., López-Rosas H., Infante D., & Peralta L. A. 2006. Plan de manejo comunitario La Mancha-El Llano. En busca de un desarrollo costero sustentable. Estrategias para el Manejo Integral de la Zona Costera: un Enfoque Municipal, Instituto de Ecología A.C., Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Gobierno del

- Estado de Veracruz-Llave, Xalapa. 3: 1179-1206.
- Morgado-Dueñas G., & Castillo-Rivera M. 2022. Diversity, Seasonal and Diel distribution patterns of anchovies (Osteichthyes) in a protected tropical lagoon in the southwestern Gulf of Mexico. *Diversity*. 14. 2-11.
- Moyle, P.B., & J.J. Cech Jr., 2004. Fishes, an introduction to ichthyology. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. 726 p.
- Muhlia-Almazán A., Muhlia-Melo A., & Alcaraz G. 2003. Responses to temperature and salinity by white mullet *Mugil curema*: Possible explanation for the population decrease in Baja California sur. Mar. Fresh Behav. Physiol. 36(3): 177-185.
- Ocaña-Luna A., Mecalco-Hernández A., Sánchez-Ramírez M. & Castillo-Rivera M. 2017. Nuevos registros y morfometría de *Pleurobrachia pileus* (phylum Ctenophora) en el golfo de México. *Rev. Mex. Biodiv.* 88:2.
- Oliveira, M. F., Dos santos-Costa. E. F., De morais-Freire. F. A., Lins-de Oliveira J. E., & Luchiari A. C. 2011. Some aspects of the biology of white mullet, *Mugil curema* (Osteichthyes, Mugilidae), in the northeastern region, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 6(2) 138-147.
- Pacheco-Almazar E., Ramírez-Saad H., Velázquez-Aragón J. A., Serrato A., & Ibáñez-Aguirre A. L. 2017. Diversity and genetic structure of white mullet populations in the Gulf of Mexico analyzed by microsatellite markers *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 249-256.

- Pérez-García M. A., & Ibáñez-Aguirre A.L. 1992. Morfometría de los peces *Mugil cephalus* y *M. curema* (Mugiliformes: Mugilidae) en Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.* 40(3): 335-339.
- Quiñonez-Velázquez C., & López-Olmos J. R. 2011. Juvenile growth of white mullet *Mugil curema* (Teleostei: Mugilidae) in a coastal lagoon southwest of the Gulf of California. *Latin American Journal of Aquatic Research.* 39(1): 25-32.
- Quiñonez-Velázquez. C., & Mendoza-Guevara. J. A. 2009. Abundancia relativa, estructura de tallas y relación longitud-peso de juveniles de lisa *Mugil curema* en el estero El Conchalito, La Paz, BCS, México. *Ciencia Pesquera.* 17:1 37-45.
- Reyes-Barragan Ma. P., & Salazar-Vallejo S. I. 1990. Bentos asociado al pastizal de Halodule (Potamogetonaceae) en Laguna de la Mancha, Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.* 38(2A): 167-173.
- Rickert WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *J Fish Res Board Can.* 191: 1-382.
- Ruiz-Ramírez S., Molina-Arenas. E. G., Lucano-Ramírez. G., Aguilar-Betancourt, C. J., Flores-Ortega. R., Kosonoy-Aceves D., & González-Sansón G., 2017. Aspectos reproductivos de la lisa *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) en la laguna costera de Barra de Navidad, Jalisco, México. *Latin American Journal of Aquatic Research.* 45(2): 443-

456.

Sánchez-Rueda P. 2002. Stomach content analysis of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) with emphasis on diatoms in the Tamiahua lagoon, México. *Rev. Biol. Trop.* 50(1): 245-252.

Salgado-Cruz L., Quiñonez-Velázquez C., Garcia-Dominguez F. A., Pérez-Quñones C. I., & Aguilar-Camacho V. 2021. Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciriformes: Mugilidae) en dos zonas de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 56(1): 50-65.

SEMARNAP, 2000. Anuario estadístico de pesca 1999. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 271 pp.

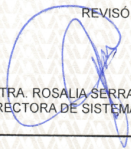
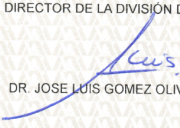
Smith, R. 1999. Statistics of sexual size dimorphism. *Journal of Human Evolution* 36:423–459.

Torres-Miranda C. I. 2012. Características de historia de vida y patrones de abundancia relativa de *Mugil curema* Valenciennes, 1836 en la laguna de pueblo viejo Veracruz. *Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa*. 1-87pp.

Varona-Cordero F., Gutiérrez-Mendieta F. J., & Rivera- Monroy V. H., 2014, In situ response of phytoplankton to nutrient additions in a Tropical Coastal Lagoon, (La Mancha, Veracruz, Mexico). *Estuaries and Coasts*. 37: 1353-1375.

- Vélez-Arellano N., Sánchez-Cárdenas R., Salcido-Guevara L. A., Ramírez-Pérez J. S., & Soberano-Palomares I. M. 2022. Gonadal development, sex ratio, and length at sexual maturity of white mullet *Mugil curema* (Actinopterygii: Mugilidae) inhabiting southeastern Gulf of California. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 50(3): 417-429.
- Von-Bertalanffy L. 1934. Untersuchungen über die Gezetlichkeiten des Wachstums. L. Allgemeine Grundlagen der Theorie. Roux'Arch. Entwicklungsmech. 131: 613-653.
- West G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes. *Marine and Freshwater Research*. 41:19-222.
- Zar, J. H. 2014. Biostatistical Analysis. New International Edition.Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 662 p.

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

 Casa abierta al tiempo UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA		ACTA DE EXAMEN DE GRADO	
		No. 00238 Matrícula: 2223803861	
Crecimiento y biología reproductiva de <i>Mugil curema</i>, en la boca de la laguna La Mancha, Veracruz.		En la Ciudad de México, se presentaron a las 15:30 horas del día 7 del mes de marzo del año 2025 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado: DR. LUIS AMADO AYALA PEREZ DRA. MARIA DEL CARMEN MONROY DOSTA MTRA. HORTENCIA HERNANDEZ RUIZ DR. ABRAHAM KOBELKOWSKY DIAZ	
 SERGIO DAVID VALDEZ RIVAS ALUMNO		Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de: MAESTRO EN BIOLOGÍA DE: SERGIO DAVID VALDEZ RIVAS y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron: APROBAR Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.	
REVISÓ  MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES			
DIRECTOR DE LA DIVISION DE CBS  DR. JOSE LUIS GOMEZ OLIVARES		PRESIDENTE  DR. LUIS AMADO AYALA PEREZ	
VOCAL  DRA. MARIA DEL CARMEN MONROY DOSTA		VOCAL  MTRA. HORTENCIA HERNANDEZ RUIZ	
		SECRETARIO  DR. ABRAHAM KOBELKOWSKY DIAZ	