

**ALGUNOS ASPECTOS BIOLÓGICO-PESQUERO DE LA LISA (*Mugil incilis*)
EN EL COMPLEJO DE LA CIENAGA DEL TOTUMO Y LA REDONDA (CARIBE
COLOMBIANO)**

**JESICA TATIANA GAMBOA ARANGO
ANGIE JULIANA ROPERO DECASTRO**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINÚM
SECCIONAL CARTAGENA
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA
CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
2025**

**ALGUNOS ASPECTOS BIOLÓGICO-PESQUERO DE *Mugil incilis* (LISA) EN EL
COMPLEJO DE LA CIENAGA DEL TOTUMO Y LA REDONDA (CARIBE
COLOMBIANO)**

**JESICA TATIANA GAMBOA ARANGO
ANGIE JULIANA ROPERO DECASTRO**
Trabajo de Grado para optar al título de
Biólogo Marino

**Director de Trabajo de Grado
MARCELINO RUIZ DOMINGUEZ**
Doctor en ciencias marinas

**Codirector del trabajo de grado:
ESTEBAN ZARZA GONZALEZ**
Magister en Ciencias del Mar

**Asesor del trabajo de grado:
HAROLD CASTILLO NAVARRO**
Máster en Ciencias

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINÚM
SECCIONAL CARTAGENA
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA
CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
2025**

Nota de Aceptación.

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

CARTAGENA, (dd/mm/aa) _____

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo, realizado con compromiso y dedicación, primeramente, a Dios, por darnos la fuerza y la claridad para continuar en cada etapa de este proceso.

También lo dedicamos a nuestros padres, por su apoyo constante, por estar siempre presentes, y por motivarnos a seguir adelante aun cuando las circunstancias no fueron fáciles. Su amor, paciencia y ejemplo han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

Gracias por acompañarnos en este camino.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a quienes hicieron posible la realización de este trabajo.

A nuestros directores, el magíster Esteban Zarza González y el doctor Marcelino Ruiz Domínguez, por su acompañamiento, orientación y compromiso durante todo el proceso. Al magíster Esteban, le agradecemos profundamente su constante disposición, sus palabras de ánimo y la confianza que depositó en nuestro trabajo. Al doctor Marcelino, le expresamos nuestro reconocimiento por compartir con nosotras su experiencia, por sus observaciones oportunas, por su valioso apoyo en el análisis estadístico y por haber desarrollado el método que nos permitió estimar la talla media de madurez sexual de la especie.

Al profesor Harold, por su amable disposición y su importante colaboración en la revisión de los análisis estadísticos.

Al señor Adanés Jiménez, por servir como un vínculo fundamental con la comunidad de Loma de Arena y por mantenernos informadas sobre los momentos oportunos para la captura de los organismos.

Agradecemos de manera especial al señor Wilmer Cortina y a su hijo, quienes nos acompañaron en las faenas de pesca con compromiso y amabilidad. También agradecemos a su familia por la hospitalidad y la generosidad con la que nos recibieron.

A la universidad del Sinú que nos brindó el espacio del laboratorio húmedo y facilitó los materiales necesarios para el desarrollo de esta investigación, nuestro reconocimiento y gratitud.

A todos ustedes, muchas gracias por su tiempo, su confianza y su apoyo. Este trabajo también les pertenece.

TABLA DE CONTEIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Justificación del problema	4
2 OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo general	6
2.2 Objetivos específicos	6
3 MARCO REFERENCIAL	7
3.1 Marco teórico	7
4 ESTADO DEL ARTE	11
4.1 Marco legal	12
5 METODOLOGÍA	14
5.1 Área de estudio	14
5.2 Población y muestra	15
5.3 Métodos y técnicas de recolección	15
5.4 Plan de análisis	21
5.4.1 Proporción de sexos	21
5.4.2 Estructura de tallas y pesos	21
5.4.3 Relación talla-peso	22
5.4.4 Estimación indirecta de la talla media de madurez sexual	22

5.4.5 Aspectos reproductivos	24
5.4.5.1 El índice gonadosomático (IGS):	24
5.4.5.2 Índice Hepatosomático (IHS):	24
5.4.5.3 Factor de condición:	25
5.4.6 Correlación entre aspectos reproductivos	25
 6 RESULTADOS	 26
6.1 Muestreo	26
6.2 Proporción de sexos	27
6.2.1 Estructura de tallas y pesos	28
6.2.1.1 Longitud total	28
6.2.1.2 Peso total	31
6.3 Relación talla-peso	33
6.4 Estimación indirecta de la talla media de madurez sexual	34
6.5 Aspectos reproductivos.	35
6.5.1 Índice gonadosomático	35
6.5.2 Índice hepatosomático	37
6.5.3 Factor de condición	38
6.5.4 Correlación entre índices reproductivos	40
 7 ANALISIS DE RESULTADOS	 42
7.1 Proporción de sexos	42
7.2 Rango de tallas y pesos	43
7.3 Relación talla-peso	44
7.4 Estimación indirecta de la talla media de madurez sexual	44
7.5 Aspectos reproductivos	46
7.5.1 Índice gonadosomático	46

7.5.2	Índice hepatosomático	47
7.5.3	Factor de condición	49
7.6	Correlación de índices reproductivos	50
8	CONCLUSIONES	52
9	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53
10	ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa que representa la zona de muestreo del presente trabajo, en el mapa se denota la ubicación de las dos ciénegas (Totumo y Redonda)	15
Figura 2. Ubicación geográfica más detallada del sitio de toma de muestras.	17
Figura 3. Fase de campo y captura de los ejemplares <i>M. incilis</i> en la compuerta de la Ciénaga del Totumo y la Redonda A. Pesca artesanal con atarraya, B. Recolección de organismo capturados, C. Cava para el traslado y conservación de los organismos.	18
Figura 4. Fase de laboratorio de la universidad del Sinú; A. Organismos depositados en una bandeja, B. Medición de longitud total, C. Peso total y eviscerado, D. Peso de hígado y gónadas.	19
Figura 5. Medida de longitud total de <i>M. incilis</i> . Tomado de San José (2010).	20
Figura 6. Extracción del hígado, las vísceras y las gónadas de <i>M. incilis</i> .	22
Figura 7. Número de organismos de <i>M. incilis</i> recolectados mensualmente en el complejo lagunar Ciénagas del Totumo y La Redonda	28
Figura 8. Variación mensual en la proporción de sexos de <i>Mugil incilis</i> en el complejo lagunar Ciénaga del Totumo y La Redonda	29
Figura 9. Gráficas de cajas y bigotes que representan la mediana, cuartiles y datos atípicos de la longitud total de <i>M. incilis</i> en los meses de marzo a diciembre de 2023 (n=332) para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C).	32
Figura 10. Gráficas de cajas y bigotes que representan la mediana, cuartiles y datos atípicos del peso total de <i>M. incilis</i> en los meses de marzo a diciembre de 2023 (n=332) para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C).	34
Figura 11. Relación talla-peso entre los organismos de <i>M. incilis</i> muestreados en complejo lagunar Ciénaga del Totumo y Redonda para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C). Los marcadores redondos representan los datos	

observados, sólida representa el modelo potencial ajustado a los datos y las líneas punteadas representan los intervalos de confianza del 95% para el modelo potencial. 36

Figura 12. Modelo de línea rota para *M. incilis* en complejo lagunar Ciénaga del Totumo y Redonda. 37

Figura 13. Índice Gonadosomático de *Mugil incilis* de marzo a diciembre del 2022 en el complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y la Redonda para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C). 38

Figura 14. Índice hepatosomático de *Mugil incilis* de marzo a diciembre del 2022 en el complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y la Redonda para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C). 40

Figura 15. Factor de condición de *Mugil incilis* de marzo a diciembre del 2022 en el complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y la Redonda para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C). 41

Figura 16. Gráfica de líneas que representa el comportamiento mensual de tres índices reproductivos (gonadosomático, hepatosomático y factor de condición) de *Mugil incilis* de marzo a diciembre del 2022 en el complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y la Redonda. 43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normativa colombiana 12

Tabla 2. Estadios gonadales de *Mugil incilis*. Tomado de Ospina-Arango et al. (2008). 19

Tabla 3. Número de hembras y machos y P valor de la prueba χ^2 de los meses muestreados en el estudio. 28

Tabla 4. Datos de posición de la longitud total de los diferentes grupos de datos evaluados de *M. incilis*. 29

Tabla 5. Medidas de tendencia central, de dispersión y forma de la longitud total de los diferentes grupos de datos evaluados de *M. incilis*. 31

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de contingencia de los resultados aun 95 % de confianza de la prueba Kurskal-wallis, en la comparación intermensual de la LT por conjunto de datos. Los valores de color rojo muestran una diferencia significativa en la comparación de los meses. 58

Anexo 2. Tabla de contingencia de los resultados aun 95 % de confianza de la prueba Kurskal-wallis, en la comparación intermensual de la LT por conjunto de datos. Los valores de color rojo muestran una diferencia significativa en la comparación de los meses. 59

Anexo 3. Tabla de contingencia de los resultados de la comparación intermensual de la prueba de Dunn para el índice gonadosomático para sexos combinados, hembras y machos. Las X de color rojo representan valores de $p < 0.05$, es decir, diferencias significativas. 61

Anexo 4. Tabla de contingencia de los resultados de la comparación intermensual de la prueba de Dunn para el índice hepatosomático para sexos combinados, hembras y machos. Las X de color rojo representan valores de $p < 0.05$, es decir, diferencias significativas. 61

Anexo 5. Tabla de contingencia de los resultados de la comparación intermensual de la prueba de Dunn para el factor de condición para sexos combinados, hembras y machos. Las X de color rojo representan valores de $p < 0.05$, es decir, diferencias significativas. 62

RESUMEN

La lisa *Mugil incilis* es un recurso pesquero clave en la Ciénaga del Totumo y Redonda, Colombia. Este estudio evaluó aspectos biológico-pesqueros de la especie mediante un muestreo mensual de marzo a diciembre de 2022, recolectando 332 individuos. Se analizó la proporción de sexos, la relación talla-peso, se estimó la talla media de madurez de forma indirecta, y se determinó el índice gonadosomático (IGS), el índice hepatosomático (IHS) y el factor de condición. Los resultados mostraron que la longitud total (LT) varió entre 14.2 y 35.5 cm, y el peso total (PT) entre 24 y 254 g, predominando juveniles, que presentaron un crecimiento alométrico negativo ($a=0.04$, $b=2.48$, $R^2=0.948$). La proporción de sexos fue 46% machos y 54% hembras, sin desviación significativa de 1:1. La talla media de madurez sexual fue calculada en 26.7 cm de LT para los sexos combinados y hembras, y 29.3 cm de LT para los machos. Por último, el índice gonadosomático y el factor de condición mostraron un aumento hacia noviembre y diciembre, mientras que el índice hepatosomático se mantuvo bajo, lo que sugiere que la especie *M. incilis* está en su pico reproductivo. Abordar los aspectos reproductivos de esta especie proporcionará información crucial para reducir el sesgo en su manejo en la zona.

PALABRAS CLAVE:

Aspectos reproductivos, *Mugil incilis*, índice gonadosomático, Talla media de madurez sexual, factor de condición.

INTRODUCCIÓN

En las Ciénagas del Totumo y La Redonda, ubicadas en los corregimientos de Pueblo Nuevo y Loma de Arena, la actividad pesquera es una de sus principales fuentes de ingresos, de acuerdo con lo mencionado por Grupo Acartia, (2013) la atarraya es el arte de pesca más utilizado por los pescadores, y están construidas de nylon mono y multifilamento, o una combinación de ambos, los tamaños de malla más comúnmente utilizados son: de 1,5 pulgadas.

Estos cuerpos de agua ricos en afluentes, representan ecosistemas estratégicos que albergan una considerable biodiversidad, su importancia radica en su capacidad para sustentar una amplia variedad de formas de vida (Ballesteros y González, 2010 y Pérez et al., 2011). A su vez, la interacción de estos afluentes hace que haya recursos pesqueros de gran importancia a nivel nacional, especialmente por la presencia destacada de la especie *Mugil incilis*, que genera ingresos significativos para los pescadores artesanales (Verbel y Avila, 2008; Grupo Acartia, 2013).

La lisa *Mugil incilis* Hancock suele habitar preferentemente en zonas costeras y estuarios (Blanco, 1980). En Colombia, se ha observado desde la Bahía de Cispatá hasta Portete, abarcando también estuarios y lagunas costeras a lo largo de la franja continental (Rey y Acero, 2002). Los estudios sobre esta especie en Colombia son variados y se han centrado en comprender aspectos tanto tróficos pesqueros como reproductivos. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones que abordan la reproducción de la lisa *M. incilis* han sido realizadas en la Ciénaga Grande de Santa Marta, como lo demuestran los trabajos de Bustos-Montes et al., (2012), Racedo (1983), Mármol et al., (2010) y Pomárico (2013).

La comprensión de los aspectos reproductivos de los peces y cómo estos varían de un año a otro es esencial para comprender cómo responden a los cambios en su entorno (Gherard et al., 2013). Este conocimiento es especialmente importante en el caso de especies como la lisa en las Ciénagas del Totumo y Redonda, que están sujetas a una presión constante debido a la actividad pesquera. Con el fin de garantizar una explotación sostenible, es crucial adquirir información sobre el ciclo reproductivo de las poblaciones explotadas (Stearns, 1980). Las características de las estrategias reproductivas son fundamentales para entender las diferencias tanto entre como dentro de las poblaciones (Enberg et al., 2012). Este conocimiento ayudará a mitigar el sesgo en la evaluación de los recursos y facilitará el desarrollo de estrategias de manejo apropiadas (Present y Conover, 1992). Por esta razón, el objetivo de este trabajo es proporcionar información sobre varios aspectos biológico-pesqueros de *Mugil incilis* en la Ciénaga del Totumo y Redonda. Se busca establecer una "línea base" que sirva de referencia para futuros estudios en la zona, con el fin de disponer de una sólida base científica para respaldar la toma de decisiones en cuanto al manejo adecuado de este recurso en el área.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Uno de los principales inconvenientes con el manejo de las pesquerías en Colombia es la ausencia de información científica para recursos pesqueros importantes. Esta carencia de datos limita el conocimiento del impacto de la pesca sobre la población reproductiva, lo que a su vez puede llegar a comprometer el manejo del stock poblacional.

En el contexto de las Ciénagas del Totumo y La Redonda, la lisa, *M. incilis*, considerada uno de los recursos de mayor importancia pesquera de la zona carece de estudios específicos sobre sus aspectos reproductivos. Es importante señalar que, en Colombia, esta especie se encuentra en estado de sobreexplotación debido a la captura de un alto porcentaje por debajo de la talla media de madurez sexual (De La Hoz et al., 2013). Por otro lado, según el Análisis realizado en la Ciénaga del Totumo por Grupo Acartia (2013), se observó que entre el 98% y el 99% de los individuos muestreados se situaron por debajo de la Talla Media de Madurez Sexual (TMM) establecida anteriormente por Niño et al., (2011), lo que sugiere que la actividad pesquera está teniendo un impacto significativo en la población juvenil de la lisa. Además, Mármol et al., (2010) indican que cuando *Mugil incilis* está en su pico reproductivo es más demandada comercialmente por sus ovarios maduros lo que hace más vulnerable debido a que es una especie gregaria.

Por otro lado, la comunidad de pescadores manifiesta que acciones antrópicas como el taponamiento de caños o arroyos que desembocan en la Ciénaga tienden a disminuir la capacidad productiva de la lisa, y a su vez, afectar los ciclos

biológicos de otras especies que en ella habitan (Ballesteros y González, 2010). Es crucial entender los aspectos reproductivos de la lisa para un manejo pesquero efectivo, ya que proporciona base para implementar medidas de conservación que aseguren la sostenibilidad de su pesquería (Stearns, 1980). Además, la falta de gestión adecuada de la especie puede tener graves consecuencias socioeconómicas para los pescadores y sus familias, como inseguridad alimentaria, inestabilidad económica y problemas de salud y educación (Pérez, 2014). Por último, el conocimiento y la conservación de la especie son fundamentales para mantener la integridad ecológica de los ecosistemas (Bustos y Pérez, 2003), contribuyendo así la preservación de la biodiversidad y el equilibrio ecológico (Álvarez León, 2014).

En el presente trabajo se evaluaron los aspectos reproductivos de *Mugil incilis* en la Ciénaga del Totumo, mediante la determinación del índice gonadosomático y hepatosomático, el factor de condición, la proporción de sexos, relación talla/peso y la talla media de madurez sexual. El conocimiento aquí generado propone una línea base del conocimiento reproductivo de la especie. Esta información puede repercutir en una toma de decisiones más informada a los gestores de ordenamiento territorial pesquero de la zona y programas de manejo. Entonces, descrito lo anterior,

¿Cuál es la variación temporal en algunas variables reproductivas de la lisa, *Mugil incilis*, capturada en actividades de pesca artesanal en la comunidad de pescadores de las Ciénagas del Totumo y La Redonda?

1.2 Justificación del problema

La lisa (*Mugil incilis*) es una especie típicamente estuarina, registrada en Colombia desde la bahía de Cispatá, en el departamento de Córdoba, hasta la bahía de

Portete en La Guajira, donde habita en sistemas estuarinos y lagunas costeras de la franja continental (Chasqui y Polanco, 2017). Esta especie es importante a nivel socio-económico en el país y en la Ciénaga del Totumo y la Redonda, por consiguiente, es fundamental para la dieta alimentaria y el sustento económico de las comunidades locales (Pérez et al., 2011).

La información sobre la biología de las especies, en particular la biología reproductiva es necesaria para los actores encargados de la gestión pesquera y el establecimiento de medidas de regulación como artes de pesca permitidos, tallas mínima y máxima de capturas y vedas espacio-temporales.

La comprensión acerca de la biología reproductiva en peces y sus variaciones interanuales son cruciales para anticipar la respuesta a la presión o cambios ambientales y pesqueros que afectan a los recursos sometidos a constante aprovechamiento (Gherard *et al*, 2013). La determinación de la proporción de sexos y los cambios en la madurez en un ciclo anual son de gran importancia para alcanzar un completo conocimiento de la biología reproductiva de un recurso pesquero y forma parte de su evaluación fundamental (Stearns, 1980). Además, la información obtenida de estos análisis puede utilizarse para determinar la talla en la que los peces alcanzan su madurez sexual, el momento de la reproducción y la duración del ciclo desde el comienzo del desarrollo del ovario hasta la puesta de los huevos (Holden y Rait, 1975). La implementación de la información reproductiva de las especies promueve la conservación de las poblaciones y la sostenibilidad de los recursos pesqueros.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar aspectos biológico-pesqueros de la lisa (*M. incilis*) en el complejo de ciénagas del Totumo y La Redonda en el Caribe colombiano.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar la relación entre la longitud y el peso de la lisa para estimar su tipo de crecimiento.
- Estimar la TMM de manera indirecta, a partir del análisis de la estructura y distribución de probabilidad de las medidas morfométricas registradas durante los meses muestreados.
- Evaluar la condición y la capacidad reproductiva de *Mugil incilis* durante el periodo de estudio, analizando el factor de condición y correlacionándolo con el índice gonadosomático y hepatosomático.
-

3 MARCO REFERENCIAL

3.1 Marco teórico

Las zonas costeras son hábitats que albergan una notable diversidad de ecosistemas, con los peces destacando por su abundancia y variedad. Entre estos ecosistemas, las lagunas costeras se distinguen por la fusión de aguas marinas y continentales, exhibiendo una dinámica interna única en términos químicos, biológicos y físicos. Estos sistemas, gracias a la constante afluencia de agua del continente, se sitúan entre los más productivos del mundo, ya que esta entrada de agua transporta una gran cantidad de nutrientes, sedimentos y materia orgánica particulada (Comín y Menéndez, 1987; Stuardo y Valdovinos, 1989; Niño, 2011). En estos entornos costeros ricos en nutrientes, los mugílidos, conocidos coloquialmente como lisas son comunes debido a su adaptabilidad y a la abundancia de alimento disponible, lo que les permite prosperar en estas aguas.

Esta abundancia de mugílidos es especialmente notable, ya que conforman una familia de peces que pertenecen al orden Mugiliforme, se encuentran principalmente en mares templados y tropicales, mostrando una clara preferencia por las áreas cercanas a la costa, especialmente en desembocaduras salobres y en aguas dulces. La mayoría de los mugílidos son gregarios, lo que significa que migran en cardúmenes pequeños o grandes. La densidad poblacional de estos peces, así como los cambios ambientales o alteraciones, pueden influir significativamente en su supervivencia y capacidad de reproducción (Lagler et al., 1977). Las lisas, exhiben un comportamiento reproductivo característico al migrar en grupos hacia aguas marinas costeras para desovar (Ramos-Santiago et al., 2010., Marques et al., 2016). Después de la eclosión, que ocurre aproximadamente 47 horas después de la fertilización en el caso de *Mugil liza*, pasan por una fase larvaria en el plancton, donde se distinguen por su cuerpo

alargado y la presencia de otolitos visibles en la cápsula óptica (Lemos, 2015). Los juveniles abandonan el plancton y migran hacia desembocaduras o estuarios, que actúan como guarderías, donde alcanzan la madurez sexual. Sin embargo, su captura en estas áreas antes de alcanzar la talla media de madurez sexual puede tener efectos significativos en su abundancia y supervivencia (Bustos-Montes et al., 2012). Durante su período de reproducción, las lisas se reúnen en cardúmenes antes de migrar hacia la zona costera pelágica para desovar, momento en el cual la actividad pesquera tiende a aumentar, lo que puede afectar su renovación poblacional (Meléndez y Romero, 2010., Pomárico, 2013).

Debido a su comportamiento reproductivo y su adaptabilidad, las especies de la familia Mugilidae se han vuelto fundamentales en las pesquerías artesanales de las regiones templadas y tropicales como uno de los recursos pesqueros principales (Salgado-Cruz et al., 2021) y en Colombia es considerada un recurso valioso por su abundancia, alta resistencia y capacidad adaptativa y suele consumirse en diversas comidas típicas (Verbel y Avila, 2008; Puentes et al., 2014; Chasqui y Polanco, 2017).

Entre las especies más relevantes en estas pesquerías se encuentra *Mugil incilis*, un pez eurihalino costero tropical, consumidor de primer orden, que se alimenta principalmente de copépodos, diatomeas céntricas y pennadas y dinoflageladas (Bustos y Pérez, 2003; Cogua et al., 2013). La lisa cumple un importante papel ecológico en los estuarios y lagunas puesto que, al ser un pez detritívoro, cuando es depredado ofrece transferencia de materia y energía a niveles tróficos superiores (Cogua et al., 2013). Este rol es especialmente relevante en ecosistemas como la Ciénaga del Totumo, donde las condiciones favorecen su desarrollo y el de otras especies.

La Ciénaga del Totumo, clasificada como una laguna costera, constituye un ecosistema estratégico de gran productividad y relevancia pesquera (Ballesteros y González, 2010; Pérez et al., 2011). Sus características ambientales y geográficas óptimas proporcionan el escenario perfecto para el desarrollo del ciclo de vida de una amplia variedad de peces, crustáceos, moluscos y otros organismos migratorios que coexisten en este cuerpo de agua (Ballesteros y González, 2010 y Niño, 2011). Además, esta zona alberga una vegetación significativa, como los manglares, que desempeñan un papel crucial en la producción primaria del ecosistema y proporcionan condiciones ideales de refugio y hábitat para las etapas larvales y juveniles de diversas especies de peces, crustáceos y moluscos (Ballesteros y González, 2010; Niño, 2011).

Según Pérez et al. (2011), la Ciénaga del Totumo recibe aportes de varios arroyos, como Roberto, Punta Anigua, Sabana, Caracol, Cagón, Lata, Caño y Calabrisa, junto con esorrentías de la Loma de Juan Congo. Estas interacciones contribuyen a hacer de la Ciénaga del Totumo y Redonda un ecosistema con condiciones excepcionales para una variedad de formas de vida animal y vegetal. Sin embargo, estas condiciones ideales están siendo amenazadas por cambios humanos en el entorno, tales como la instalación de compuertas que interrumpen su conexión con el mar (Figura 2). Además, Niño (2011) señalan que la temperatura en la Ciénaga oscila entre 25 y 31°C, con un patrón climático influenciado por los vientos alisios, lo que resulta en una alternancia entre épocas secas (diciembre a marzo) y lluviosas (abril a junio y septiembre a noviembre) (Pérez et al., 2011).

La conexión original de la Ciénaga del Totumo con el mar Caribe a través del caño Amansaguapos se interrumpió debido a la instalación de compuertas para

satisfacer la necesidad de agua dulce para consumo doméstico de la población local (Ballesteros y González, 2010). Esta medida alteró los flujos hídricos y resultó en la pérdida de la función estuarina de la Ciénaga del Totumo, lo que afecta la presencia de especies nativas y obstaculiza el paso de especies acuáticas migratorias (Ballesteros y González, 2010; Niño, 2011). Aunque durante la temporada de lluvias la Ciénaga puede conectar con el mar cuando el nivel de agua dulce supera la bocatoma, el agua marina no logra ingresar a la Ciénaga del Totumo.

La Ciénaga del Totumo ha sufrido alteraciones y deterioro ambiental lo que ha ocasionado mortandad de peces, esto como resultado de la intervención de caños y arroyos que la alimentan, la disminución de la cobertura vegetal de sus orillas como la tala de mangle para ganadería y el agro, la alteración del intercambio hídrico con el mar entre otros factores. El aparente aumento en la sedimentación ha causado una disminución de su profundidad, reducción de los caudales y contaminación por vertimiento de aguas residuales sin tratamiento y productos de desecho (López, 2007; Pérez et al., 2011).

La principal actividad económica realizada por las comunidades aledañas a la Ciénaga del Totumo y Redonda es la pesca artesanal la cual es llevada a cabo en mayor medida por las comunidades de Pueblo Nuevo y de Loma de Arena las cuales tienen mayor cercanía con la Ciénaga y desarrollan esta labor como única fuente de ingresos (Pérez et al., 2011). En este cuerpo de agua se encuentra *Mugil incilis*, uno de los recursos pesqueros más importantes en la dieta alimentaria de los habitantes del Caribe Colombiano, la lisa, que requiere de aguas frescas y continentales de la Ciénaga como uno de los eslabones necesarios para cumplir su ciclo de vida (Pérez et al., 2011). Además, la Ciénaga proporciona el hábitat esencial para que las lisas se reproduzcan y se desarrollen,

asegurando así una población suficiente para sustentar la actividad pesquera local. *Mugil incilis* es una de las especies que genera mayores ingresos y representación para los pescadores artesanales de la Ciénaga del Totumo y es uno de los recursos ícticos más importante de la industria pesquera artesanal en cuerpos de agua costeros del Caribe de Colombia (Niño, 2011; Mendoza-Ureche et al., 2019). Sin embargo, la salud del ecosistema de la Ciénaga es crucial para la sostenibilidad de esta actividad económica, ya que cualquier alteración en su calidad y biodiversidad puede impactar directamente la disponibilidad de esta especie y, por ende, los medios de vida de las comunidades que dependen de ella.

4 ESTADO DEL ARTE

Los estudios sobre la biología reproductiva como la talla media de madurez sexual, el índice gonadosomático, la proporción de sexos, entre otros de *M. incilis* en Colombia son diversos. En la Ciénaga Grande de Santa Marta, se ha observado que la talla media de madurez sexual (TMM) de la especie disminuyó de 25,7 cm en 2008 a 23,8 cm para ambos sexos en 2010 (Narváez et al., 2008; Mármol et al., 2010). Mármol et al. (2010) indican que el período reproductivo de la lisa ocurre de noviembre a diciembre, coincidiendo con una mayor cantidad de ejemplares maduros y hembras desovadas. En cuanto a la proporción de sexos, fue de 1 macho por cada 2.6 hembras, y se observó un incremento en el peso de las lisas durante la época reproductiva, cuando el índice gonadosomático y el factor de condición alcanzaron sus valores máximos, y la salinidad en la Ciénaga fue baja. Por otro lado, el factor de condición disminuyó después del desove.

En la Bahía de Cispatá en el Caribe Colombiano, Bustos-Montes et al. (2012) estudiaron la ecología de *Mugil incilis* y encontraron que las hembras tienden a madurar antes que los machos. En esta zona, la TMM fue de 30,5 cm para ambos sexos, con una longitud total de 17,5 a 44,5 cm, siendo la mayoría de los ejemplares juveniles, lo que sugiere un crecimiento alométrico decreciente. Además, el estudio señala que *Mugil incilis* se encuentra en su período reproductivo en el mes de diciembre, ya que los índices gonadosomático muestra un aumento, mientras que el índice hepatosomático muestran una disminución en esta época.

El factor de condición de *M. incilis* depende principalmente de la disponibilidad de alimento más que de la salinidad en la Ciénaga. Además, los cambios estacionales en los afluentes de las cuencas o arroyos pueden afectar tanto al

factor de condición como al comportamiento reproductivo de la lisa, ya que el desarrollo gonadal sigue un patrón de variación similar (Racedo, 1983).

El estudio realizado por el Grupo Acartia (2013) en la Ciénaga del Totumo revela que entre el 98% y el 99% de los individuos de *M. incilis* muestreados estaban por debajo de la talla mínima de madurez sexual establecida por Niño et al. (2011).

A nivel nacional, De La Hoz et al. (2013) han documentado que la sobreexplotación de la lisa es una preocupación general en Colombia, con una captura significativa de ejemplares que no han alcanzado la talla de madurez sexual. La evidencia de la Ciénaga del Totumo intensifica esta preocupación, indicando que la crisis de sobreexplotación observada a nivel nacional también se manifiesta de manera severa en esta región específica.

4.1 Marco legal

A continuación (Tabla 1) se delimitan los aspectos legales a los cuales estaría suscrito el presente proyecto, que incluye normatividad y/o legislaciones.

Tabla 1. Normativa colombiana

FECHA	LINEAMIENTO NORMATIVO	
1990	Ley 13	Artículo 1: regular el manejo integral y la explotación racional de los recursos pesqueros con el fin de asegurar su aprovechamiento sostenido.
		Artículo 3: Declárase la actividad pesquera de utilidad pública e interés social; proceso que comprende la investigación, extracción, cultivo, procesamiento y comercialización de los recursos pesqueros.

		Artículo 7: Considerarse recursos hidrobiológicos todos los organismos pertenecientes a los reinos animal y vegetal que tienen su ciclo de vida total dentro del medio acuático
2017	Resolución 1225	Las tallas mínimas de captura en el área objeto de la presente reglamentación, serán las establecidas en el acuerdo numérico 00075 de la fecha 28 de diciembre de 198, expedido por la Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente
1993	Ley 99	Importancia de proteger y aprovechar en forma sostenible la biodiversidad y de promover el manejo integral del medio ambiente.
1997	Ley 388	El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
31 de mayo de 2013	Decreto 1120	Se reglamentan las Unidades Ambientales Costeras (UAC) y las comisiones conjuntas, se establecen las reglas de procedimiento y criterios para reglamentar la restricción de ciertas actividades.

1974	Decreto 2811	Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguran el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de éstos, y la máxima participación social para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio Nacional
1991	Decreto 2256	Generación de documentos que permitan ofrecer la línea base técnico-científica que definan especies, volúmenes susceptibles de ser aprovechados y tallas.

5 METODOLOGÍA

5.1 Área de estudio

La Ciénaga del Totumo se encuentra en el extremo sur de la franja costera del Departamento del Atlántico, en el Municipio de Piojó, y al norte del Departamento de Bolívar, en Santa Catalina, entre las coordenadas $10^{\circ} 45'$ y $10^{\circ} 41'$ N y $75^{\circ} 15'$ y $75^{\circ} 12'$ W (ver Figura 1). Esta ciénaga está situada cerca de las compuertas en la desembocadura del Caño Amansaguapos (ver Figura 2), conectándose así con la ciénaga de la Redonda (Ballesteros González, 2010; Pérez et al., 2011).



Figura 1. Mapa que representa la zona de muestreo del presente trabajo, en el mapa se denota la ubicación de las dos Ciénagas (Totumo y Redonda)

El área de estudio experimenta una época seca (diciembre – abril), durante la cual los vientos alisios alcanzan su máxima intensidad superficial. En contraste, durante la época lluviosa (mayo – noviembre), los vientos disminuyen su fuerza y se desplazan sobre el Caribe y el norte de Sudamérica, lo que conlleva a variaciones en los niveles de precipitación a lo largo del año. Estos cambios generan variaciones físico-químicas en el agua, que se reflejan en el cambio de riqueza y abundancia de la flora y fauna presentes en la Ciénaga (Pérez et al., 2011).

5.2 Población y muestra

Se llevaron a cabo muestreos quincenales durante un periodo de 10 meses, desde marzo hasta diciembre del 2022. Los organismos fueron adquiridos a través de los pescadores de la comunidad de Loma Arena, quienes realizaron las capturas mediante faenas de pesca dentro del complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y La Redonda (ver Figura 2).



Figura 2. Ubicación geográfica de las compuertas entre las ciénagas del Totumo y la Redonda, en el caño Amansaguapos.

5.3 Métodos y técnicas de recolección

Los ejemplares mencionados previamente fueron capturados por pescadores utilizando atarraya (ver Figura 3A), el único arte de pesca permitido para la captura de la lisa en las ciénagas del Totumo y La Redonda. Posteriormente, las muestras obtenidas fueron transportadas en una cava con hielo hacia el laboratorio húmedo de la Universidad del Sinú. En el laboratorio, los organismos fueron colocados en una bandeja para proceder a la toma de sus medidas morfométricas que se describen a continuación (ver Figura 4).



Figura 3. Fase de campo y captura de los ejemplares *M. incilis* en la compuerta de la Ciénaga del Totumo y la Redonda A. Pesca artesanal con atarraya, B. Recolección de organismo capturados, C. Cava para el traslado y conservación de los organismos.



Figura 4. Fase de laboratorio de la universidad del Sinú; A. Organismos depositados en una bandeja, B. Medición de longitud total, C. Peso total y eviscerado, D. Peso de hígado y gónadas.

Longitud total (LT): La talla fue tomada desde el extremo anterior de la cabeza hasta el extremo posterior de la aleta caudal (ver Figura 5), por medio de un ictiómetro de 30 cm con un 1mm de precisión.

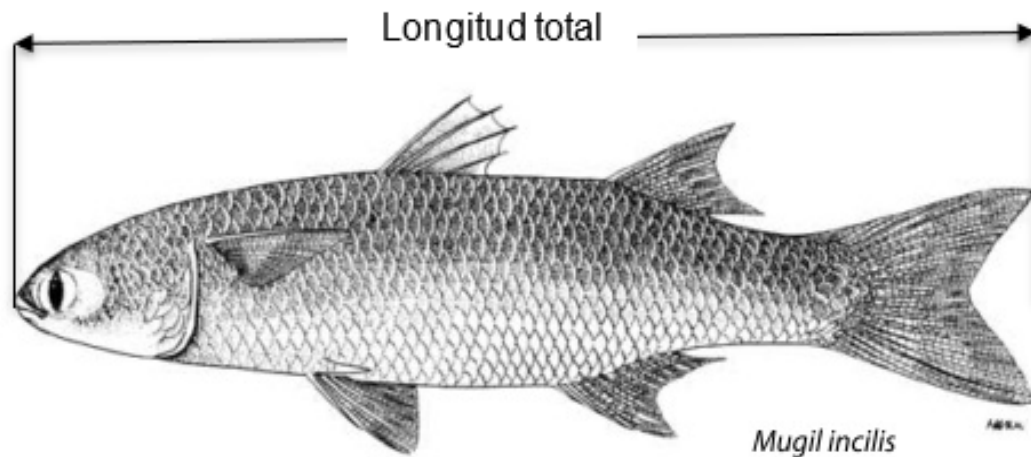


Figura 5. Medida de longitud total de *M. incilis*. Tomado de San José (2010).

Peso total (PT): Peso total en gramos de cada organismo registrado por medio de una balanza de 0,1 g. de precisión.

Para poder realizar la toma de los demás datos, se hizo un corte en la región ventral de cada ejemplar desde el orificio anal hasta sus branquias, posteriormente, se extrajeron con cuidado las gónadas y el hígado para ser pesados; también, se retiraron las demás vísceras que fueron desechadas (ver Figura 6).

Peso eviscerado: Peso en gramos de cada organismo sin sus órganos internos, registrado por medio de una balanza de 0,1 g de precisión.

Por otro lado, la diferenciación sexual de las gónadas se hizo por observación macroscópica, según su tamaño, color y forma, usando la escala de Vegas-Vélez (1978) modificada por Ospina-Arango et al. (2008) (ver Tabla 2) y microscópica

con la ayuda de un microscopio óptico binocular. A partir de estos procedimientos se tomaron los siguientes datos:

Peso gonadal: Peso de las dos gónadas de cada ejemplar tomado con una balanza analítica (0,001 g de precisión).

Peso del hígado: Peso del hígado de cada ejemplar tomado con una balanza analítica (0,001 g de precisión).

Tabla 2. Estadios gonadales de *Mugil incilis*. Tomado de Ospina-Arango et al. (2008).

Estadio	Machos	Hembras
Estadio I	Gónadas pequeñas, aplanadas, transparentes, ligeramente rojizas o algo grisáceas.	Ovario turbio o vidrioso, cilíndrico, transparente, paredes tirantes y pequeñas; óvulos no se ven a simple vista.
Estadio II	Gónadas pequeñas, rojo blanquecinas, con vasos sanguíneos; cuando se presionan no sale líquido.	Ovario opaco, anaranjado o rojo grisáceo; los óvulos pueden verse a simple vista, con vitelo el cual da un color naranja o rojo blancuzco.
Estadio III	Gónadas totalmente opacas, blancas, libera esperma cuando se presionan.	Ovario opaco, anaranjado o rojo blancuzco, haciéndose algo transparente con algunos puntos anaranjados; se presentan vasos sanguíneos y las paredes se

		arrugan.
Estadio IV	Gónadas rojas o gris rojizas, son muy cortas; paredes muy suaves con muchos vasos sanguíneos; no liberan esperma.	Ovarios de color rojo y transparente, paredes muy suaves, rugosas con vasos sanguíneos, óvulos blancos un poco aplastados y en reabsorción.

Los datos fueron registrados y tabulados en matrices utilizando el programa Excel-Microsoft Office. Es importante señalar que, aunque los muestreos se realizaron quincenalmente, para el análisis de los datos, estos fueron agrupados mensualmente.



Figura 6. Extracción del hígado, las vísceras y las gónadas de *M. incilis*.

5.4 Plan de análisis

5.4.1 Proporción de sexos

Se determinó la proporción sexual mediante la frecuencia relativa de machos (M) y hembras (H) del total mensual que fue calculada, comparándolas mediante la prueba Chi-cuadrada (X^2) tomando como proporción de sexos teórica de 1:1 (Sokal y Rohlf, 2012). La X^2 se expresó de acuerdo con Zar (2010):

$$X^2 = \sum \left(\frac{O-E}{E} \right)^2$$

Donde “O” es la proporción observada de hembras y machos y “E” es la proporción esperada (1:1), estos valores fueron comparados con un 95% de nivel de confianza.

5.4.2 Estructura de tallas y pesos

Para el análisis de la estructura de tallas y pesos, en ambos casos los datos se separaron en tres conjuntos de datos (sexos combinados, hembras y machos). La longitud total (LT) se agrupó en intervalos de 1 cm y el peso total (PT) en intervalos de 10 g, ambos intervalos seleccionados a priori. En todos los casos se evaluó la normalidad de los datos utilizando una prueba Kolmogorov-Smirnov y en caso de ser necesaria, se planteó el uso de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene (en caso de que los tres conjuntos de datos evaluados fueran normales). Adicionalmente, se estimaron los valores promedio, desviación estándar, curtosis y asimetría, por conjunto de datos. Posteriormente, se realizaron gráficas de cajas y bigotes, dado que los datos mostraron comportamiento diferencial entre meses para cada conjunto de datos.

No se identificó normalidad en el set de datos, por lo que se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y prueba a posteriori de Dunn (ambas al 95% de confianza) para identificar diferencias en la LT por mes para cada conjunto (sexos combinados, hembras y machos), los datos fueron integrados en las respectivas tablas de contingencias.

5.4.3 Relación talla-peso

Este indicador de comportamiento biológico es una relación que permite entender la dinámica del crecimiento relativo de la especie, la cual se basa en el análisis del aumento en peso de un organismo en función de la longitud (Gamito, 1998). En este caso, se determinó para sexos combinados y sexos separados. La relación

entre estas dos variables se estableció mediante regresión potencial representado por la siguiente expresión matemática (Froese, 2006):

$$W = a \cdot LT^b$$

Donde LT es la longitud total del pez, a es la intersección del eje de las ordenadas y b el coeficiente de alometría.

Se comprobó el tipo de crecimiento para machos, hembras y sexos combinados, mediante la prueba t-student a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$; en este procedimiento, se tuvo en cuenta que un valor de $b=3$ asume un crecimiento isométrico, $b<3$ se interpreta como crecimiento alométrico negativo y $b>3$ como crecimiento alométrico positivo (Froese, 2006). El intervalo de confianza utilizado en este análisis fue del 95%.

Después de estimar los parámetros del modelo para cada conjunto de datos, se llevó a cabo un análisis de covarianza entre sexos (hembras vs machos). Con el fin de determinar si al combinar las variables LT (longitud total) y PT (peso total) por sexos, existían diferencias significativas entre los conjuntos de datos. Con esto, se busca evidenciar si existe un comportamiento diferencial entre los sexos, y por lo tanto, que la relación no es un efecto derivado de variaciones en las tallas por las variables LT y PT de forma independiente.

5.4.4 Estimación indirecta de la talla media de madurez sexual

Se utilizó un modelo de línea rota para analizar el crecimiento relativo desde un enfoque diferente, debido a que permite identificar puntos de inflexión en el crecimiento somático de los organismos, mismos que pueden relacionarse directamente con la talla a la cual se alcanza la ojiva de madurez, es decir, la talla

media de madurez sexual (L_{50}), que se define como la longitud del 50 % de los organismos que se encuentran en un estado sexualmente maduros (Duran y Alvarado, 2023).

$$\ln \ln (Pt) = a + b \ln(Lt) \text{ si } x < B \text{ y } \ln \ln (Pt) = a_2 + b_2 \ln \ln (Lt) \text{ si } x > B$$

Donde a_1, a_2, b_1 y b_2 son parámetros a ajustar en los modelos y los valores de “B” son los puntos de inflexión de dos tendencias lineales con diferente pendiente (Rodríguez-Domínguez et al., 2018).

Los estimadores de los parámetros de alometría (θ) se obtuvieron al ajustar los modelos al total de datos longitud-peso, minimizando el negativo del logaritmo de la máxima verosimilitud mediante el algoritmo de búsqueda directa de Newton.

$$- \ln Ll = - \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left(- \frac{(Pt_i - Pt_{est})^2}{2\sigma^2} \right) \right)$$

Una vez ajustados los modelos y obtenido los parámetros más probables dados los datos, se estimaron los valores de alometría por valor de LT del modelo con la siguiente ecuación:

$$b_1 < B > b_2$$

Al igual, que, en la estructura de tallas y pesos, este análisis se realizó para sexos separados (hembras y machos), esto con la intención de identificar el cambio en la dinámica de crecimiento de cada sexo de forma independiente, por tanto, una vez estimado cada valor de b y B , para cada valor de Lt_i , se generó una gráfica que

represente el comportamiento de la alometría respecto la longitud de los tres conjuntos de datos (sexos combinados, hembras y machos).

5.4.5 Aspectos reproductivos

Para el cálculo del índice gonadosomático (IGS) e índice hepatosomático (IHS) se usó la relación entre el peso de la gónada e hígado con el peso corporal eviscerado, de esta manera se minimizará el error por la variación del peso del contenido estomacal (Anderson y Gutreuter, 1996). En el caso de los tres índices se hizo un análisis de Kruskal-Wallis y prueba *a posteriori* de Dunn para identificar diferencias significativas entre meses al 95% de confianza.

5.4.5.1 El índice gonadosomático (IGS):

Es el peso gonadal expresado como porcentaje del peso corporal eviscerado. Se calculó para cada organismo según la siguiente expresión (Ruiz-Ramírez et al., 2017):

$$IGS = (Pg/Pe) \times 100$$

Donde *Pg* es el Peso gonadal y *Pe* el peso eviscerado.

5.4.5.2 Índice Hepatosomático (IHS):

Este índice se calculó para evaluar las modificaciones energéticas que respectan al ciclo gonadal (Bulow et al., 1978). El índice hepatosomático se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$IHS = (Ph/Pe) \times 100$$

Donde *Pe* es el peso eviscerado y *Ph* peso del hígado.

5.4.5.3 Factor de condición:

De acuerdo con Nikolsky (1963), el factor de condición indica el grado de bienestar fisiológico del pez, y puede diferir el comportamiento entre sexos, por tanto, el análisis se realiza siguiendo la dinámica anterior y está dado por la siguiente ecuación (Rizzo y Bazzoli, 2020):

$$FC = (W/Lt^b) \times 100$$

Donde W es el peso total, y Lt es la longitud total del pez y b es la pendiente de relación longitud-peso

5.4.6 Correlación entre aspectos reproductivos

Para analizar si existen relaciones directas o indirectas entre los diversos índices reproductivos analizados (Factor de condición, Índice gonadosomático e índice hepatosomático) se realizó un análisis de correlación de Spearman se realizaron correlaciones pareadas (IGS vs IHS, IGS vs FC e IHS vs FC) a través de la serie temporal, adicionalmente se realizó un diagrama que permite observar gráficamente el comportamiento combinado de los tres índices.

6 RESULTADOS

6.1 Muestreo

Durante los 10 meses de muestreo (marzo a diciembre) se colectaron y se analizaron 332 individuos de la especie *Mugil incilis*. De estos, 138 (41,6 %) fueron identificados como hembras, 118 (35,5 %) como machos y de 76 (22,9 %) no fue posible identificar el sexo. El mayor número de ejemplares se obtuvo en los muestreos de diciembre y abril, con 93 y 74 organismos, respectivamente (ver Figura 7). Por el contrario, durante septiembre no se obtuvieron ejemplares, aunque los pescadores realizaron faenas de pesca, desafortunadamente no se logró capturar individuos de la especie de interés.

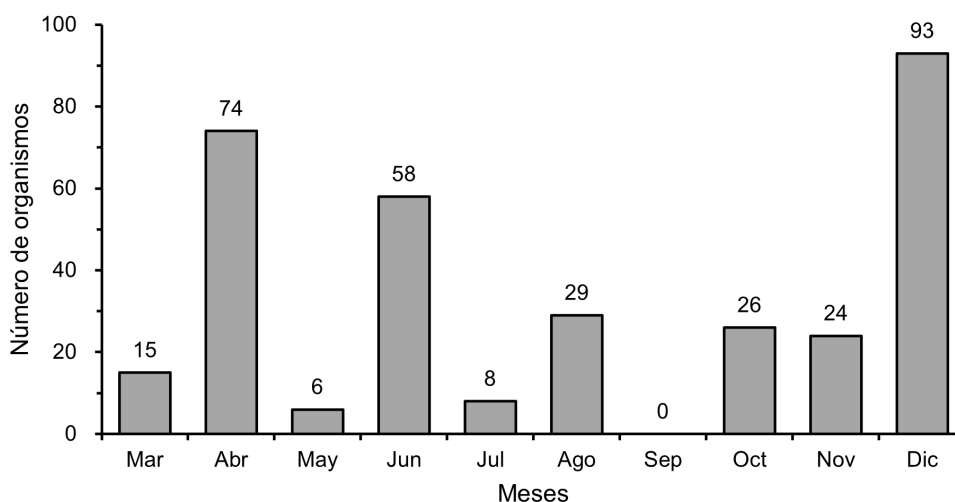


Figura 7. Número de organismos de *M. incilis* recolectados mensualmente en el complejo lagunar Ciénagas del Totumo y La Redonda.

6.2 Proporción de sexos

Para el cálculo de esta variable se consideraron solamente aquellos ejemplares que fueron sexados exitosamente, es decir $n=257$, de los cuales el 54% corresponde a hembras ($n=138$) y el 46% corresponde a machos ($n=118$).

Durante la mayoría de los meses muestreados, se registró una mayor proporción de hembras que de machos, acentuándose notablemente esto durante los meses de mayo y julio. Por el contrario, los machos tuvieron mayor representación en abril, mientras que octubre fue el único mes donde la proporción de machos y hembras fue igual (ver Figura 8). No obstante, la prueba Chi cuadrado (χ^2) arrojó que la proporción de machos a hembras de *M. incilis* fue de (1:1) ($p= 0,1902$) respectivamente, por ende, todos los meses cumplieron con la proporción fisheriana 1:1 (ver Tabla 3).

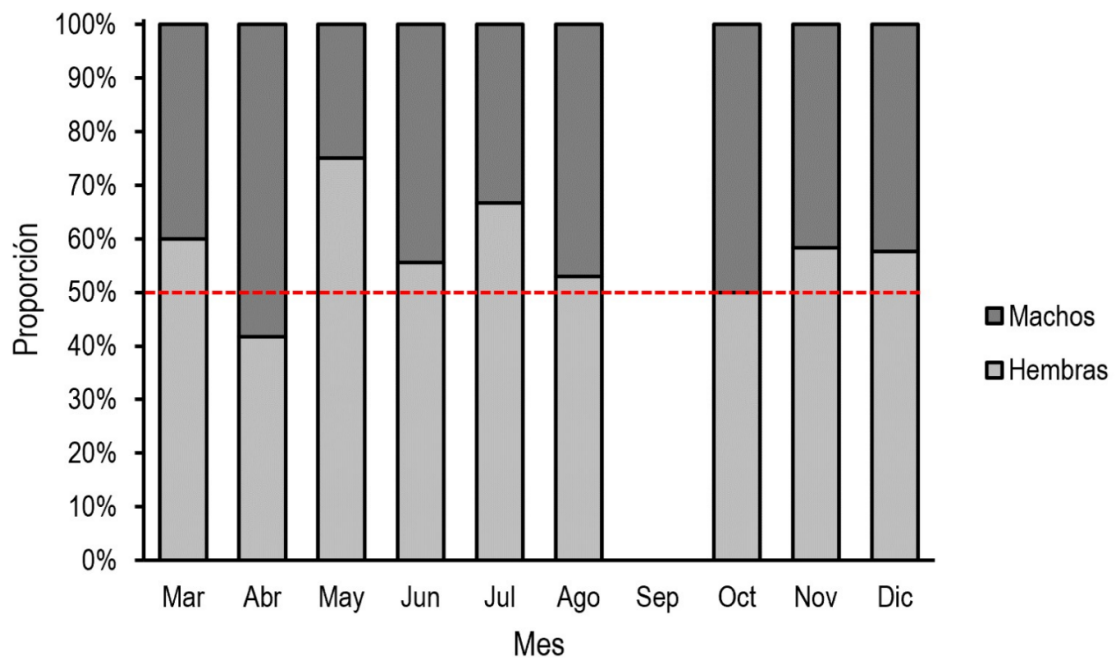


Figura 8. Variación mensual en la proporción de sexos de *M. incilis* en el complejo lagunar Ciénaga del Totumo y La Redonda. El rojo indica el 50% de la proporción.

Mes	#Hembras	# Machos	# Total	Valor-p Chi
Marzo	6	4	10	0,527089
Abril	20	28	48	0,248213
Mayo	3	1	4	0,317311
Junio	25	20	45	0,456057
Julio	2	1	3	0,563703
Agosto	9	8	17	0,808365
Septiembre	0	0	0	
Octubre	7	7	14	1
Noviembre	14	10	24	0,414216
Diciembre	53	39	92	0,1444

Tabla 3. Número de hembras y machos y P valor de la prueba χ^2 de los meses muestreados en el estudio.

6.2.1 Estructura de tallas y pesos

6.2.1.1 Longitud total

Se evaluó la normalidad de tres grupos de datos: 1. Sexos “combinados” (hembras, machos y no identificados), 2. Hembras y 3. Machos. Los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov indicaron que los datos del grupo “Combinados” claramente no siguen una distribución normal ($D = 0,10757$, $p = 0,000921$). Por otro lado, en el grupo de hembras, el valor p fue mayor a 0,05 ($D = 0,096292$, $p = 0,1547$), lo que sugiere que no hay suficiente evidencia para afirmar que estos datos no son normales. En el caso de los machos, aunque el valor p se encuentra cercano al límite ($D = 0,11553$, $p = 0,08573$), sugiere una posible desviación de la

normalidad, pero no proporciona evidencia concluyente para rechazar la hipótesis de normalidad.

Se calcularon los promedios de longitud total (LT) y sus respectivas desviaciones estándar: el promedio de LT para el grupo “Combinados” fue de 21,99 cm (desviación estándar = 3,66 cm), para las hembras fue de 23,35 cm (desviación estándar = 3,62 cm), y para los machos fue de 22,40 cm (desviación estándar = 3,44 cm). Estos resultados indican una ligera variabilidad entre los grupos, siendo las hembras las que presentan el promedio más alto.

En cuanto a la curtosis, se observaron valores positivos para los grupos “Combinados” y hembras, lo que indica que estas distribuciones son ligeramente más agudas que la distribución normal. Por el contrario, para los machos, el valor de curtosis fue negativo, sugiriendo que su distribución es más ancha o plana. La asimetría fue positiva en todos los grupos, lo que indica una ligera desviación hacia la derecha en las distribuciones, señalando que los individuos de mayor tamaño son más frecuentes (ver Tabla 4).

Tabla 4. Datos de posición de la longitud total de los diferentes grupos de datos evaluados de *M. incilis*.

Estadístico	Combinados	Hembras	Machos
Promedio	21,99006	23,34783	22,40085
Desviación estándar	3,661937	3,615462	3,444145
Curtosis	0,5527418	0,7090186	-0,1171169
Asimetría	0,8397869	0,8347641	0,6061247

El intervalo de valores de LT de los tres grupos de datos fue para “Combinados” de 14,2 cm a 35,5 cm, para Hembras de 16,7 cm a 35,5 cm y para Machos de 15,3

cm a 34 cm (ver Figura 9); Adicionalmente, se evaluó la fluctuación intermensual de la LT por set de datos, y dado que ninguno de los tres grupos sigue una distribución normal, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis y una prueba a *posteriori* de Dunn para identificar diferencias en la LT por mes (ver Figura 9).

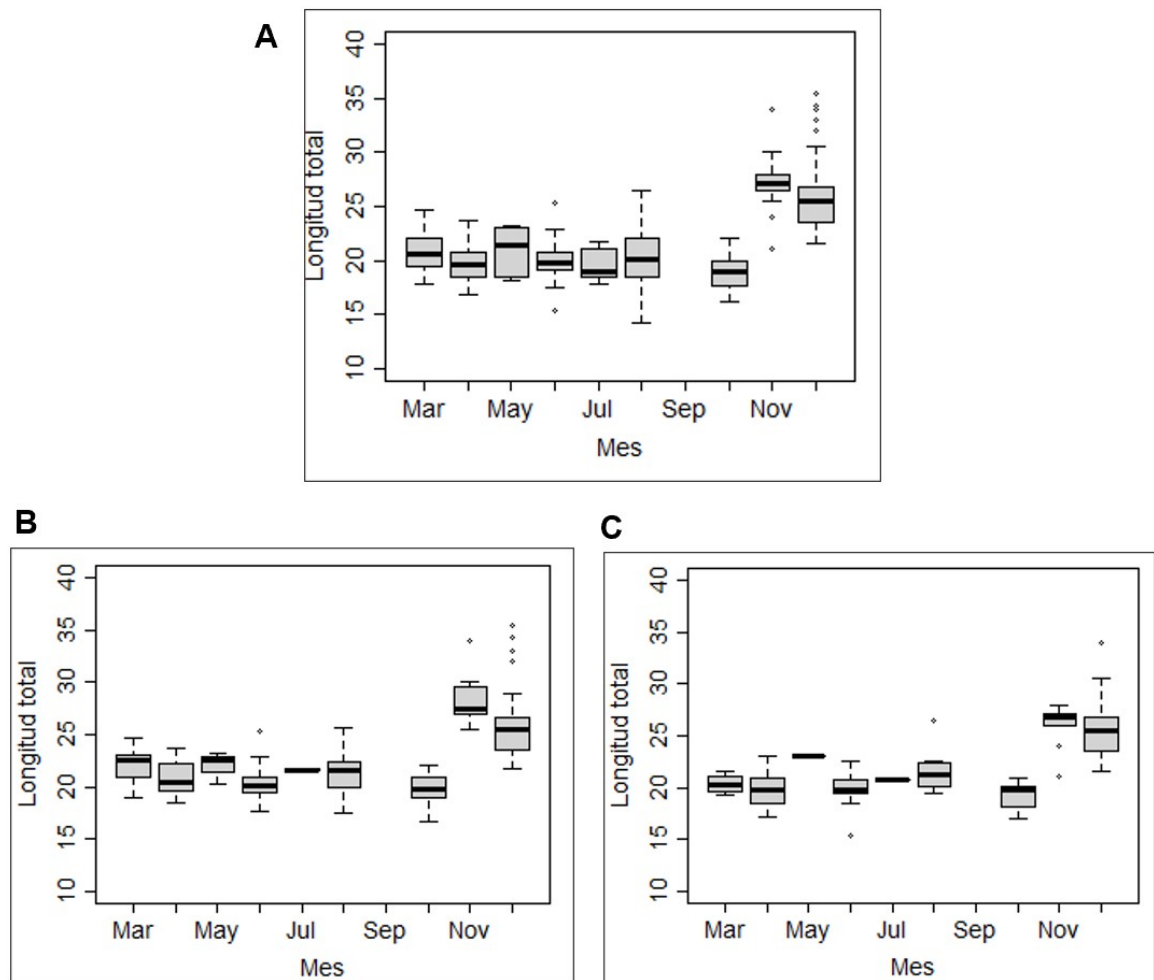


Figura 9. Gráficas de cajas y bigotes que representan la mediana, cuartiles y datos atípicos de la longitud total de *M. incilis* en los meses de marzo a diciembre de 2023 (n=332) para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C).

Al realizar la comparación intermensual de la LT, en los tres casos se observa que los meses que presentaron diferencias significativas son los últimos meses del año (noviembre y diciembre). Esto se evidenció mediante la prueba estadística Kruskal-Wallis, donde se obtuvo un valor de $p < 0,05$ (ver Anexo 1). En estos meses, la LT es considerablemente mayor que en los otros meses, un patrón que se mantiene en los tres grupos de datos (ver Figura 9).

6.2.1.2 Peso total

Al igual que con la LT, se realizó la evaluación de la normalidad para tres conjuntos de datos en el PT: 1. Sexos "combinados" (hembras, machos y no identificados), 2. Hembras y 3. Machos. En ninguno de los tres casos, los datos exhiben una distribución normal. Los valores estadísticos obtenidos para cada caso son los siguientes: para los combinados, $D = 0,12207$, $p = 0,0001008$; para hembras, $D = 0,12116$, $p = 0,0348$; y para machos, $D = 0,13623$, $p = 0,02506$. En los sexos "combinados" el promedio de Peso total fue de 84,83, con una desviación estándar de 38,43. Para las hembras, el promedio fue significativamente mayor, con un valor de 98,03, y una desviación estándar de 41,75. Por otro lado, los machos presentaron un promedio de 87,65, con una desviación estándar de 34,45. En términos de curtosis, se observaron valores más altos para el grupo de sexos "combinados" y los machos, indicando distribuciones más puntiagudas que la distribución normal, mientras que para las hembras, el valor de curtosis fue ligeramente más bajo. La asimetría también fue más pronunciada en el grupo combinado y en las hembras en comparación con los machos (ver Tabla 5).

Tabla 5. Medidas de tendencia central, de dispersión y forma de la longitud total de los diferentes grupos de datos evaluados de *M. incilis*.

Estadístico	Combinados	Hembras	Machos
Promedio	84,83	98,03	87,65
Desviación estándar	38,43	41,75	34,45
Curtosis	3,68	2,82	3,46
Asimetría	1,63	1,56	1,43

El intervalo de valores de PT de los tres grupos de datos fue para sexos combinados de 24 g a 254 g, para Hembras de 37 g a 254 g y para Machos de 33 g a 252 g (Figura 10).

Adicionalmente, se evaluó la fluctuación intermensual del PT por grupo de datos, y dado que ninguno de los tres grupos sigue una distribución normal, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis y una prueba *a posteriori* de Dunn para identificar diferencias en el PT por mes (Figura 10).

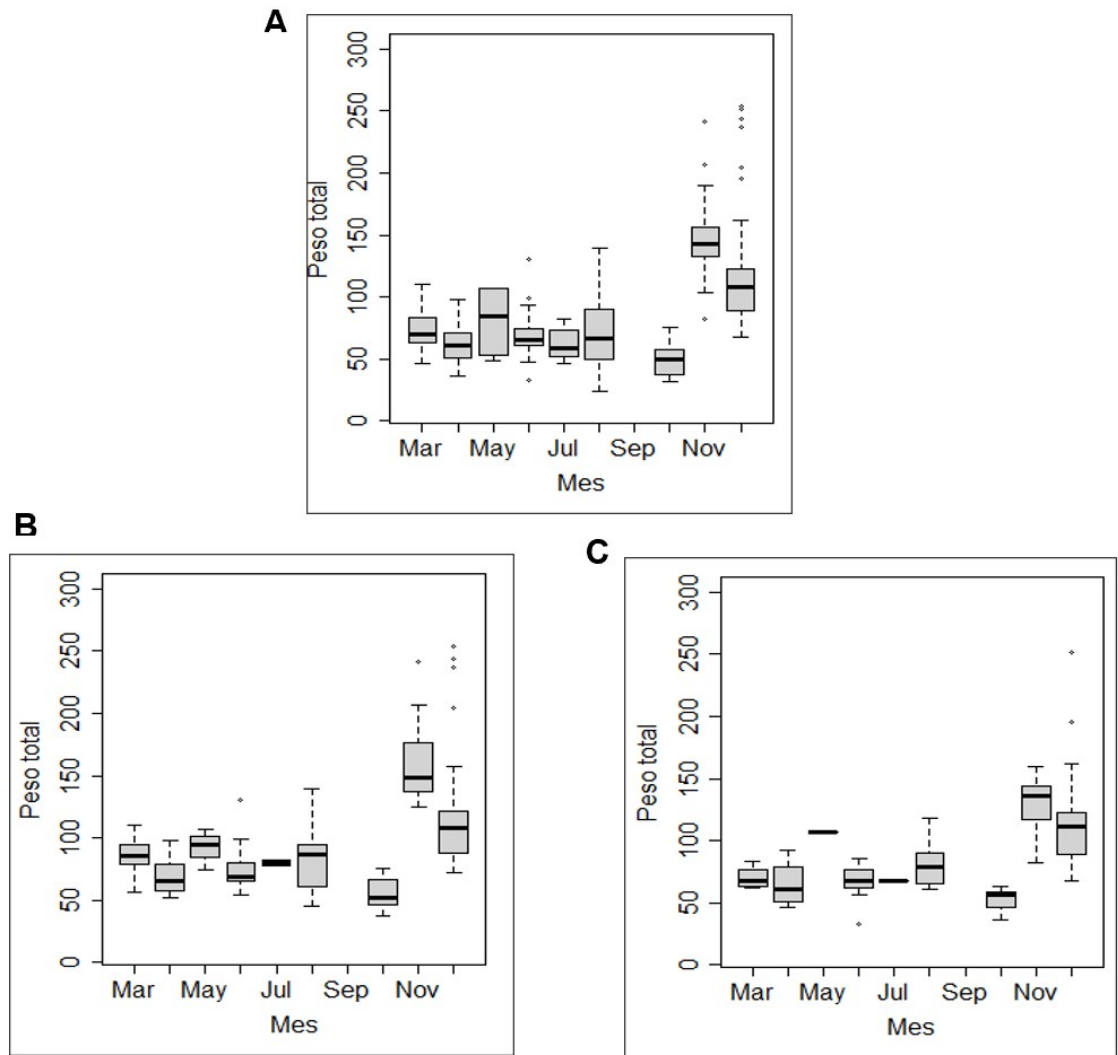


Figura 10. Gráficas de cajas y bigotes que representan la mediana, cuartiles y datos atípicos del peso total de *M. incilis* en los meses de marzo a diciembre de 2023 (n=332) para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C).

Al realizar la comparación intermensual del PT, en los tres casos se observa gráficamente algo muy similar a lo observado para la LT, esto coincide con los últimos meses del año (noviembre y diciembre), donde el PT es considerablemente mayor que en los otros meses. Este patrón se mantuvo en los

tres grupos de datos. Lo que fue confirmado estadísticamente en el presente análisis mediante la prueba de Kruskal-Wallis, donde se obtuvo un valor de $p < 0,05$ (ver Anexo 2).

6.3 Relación talla-peso

En el presente estudio se registró un valor de $a=0,04$, $b=2,48$ y $R^2=0,948$ para sexos combinados $a=0,04$, $b=2,47$ y $R^2=0,943$ para hembras, y $a=0,06$, $b=2,36$ y $R^2=0,938$ para machos. No se encontraron resultados estadísticamente significativos que respaldaran el rechazo de la hipótesis de que el parámetro de isometría fuera diferente de 3. Esto sugiere que *M. incilis* presenta un crecimiento alométrico negativo (ver Figura 11).

Los resultados de ANCOVA arrojaron que sexos combinados vs hembras F valor= 5376,967 con un p. valor $<0,05$, Hembras vs Machos F value= 2794,46 con un p. valor $<0,05$ y sexos combinados vs Machos F valor= 5840,155 p. valor $<0,05$; lo que indicó que hay una diferencia significativa en el peso total respecto a la longitud total entre sexos (hembras vs machos).

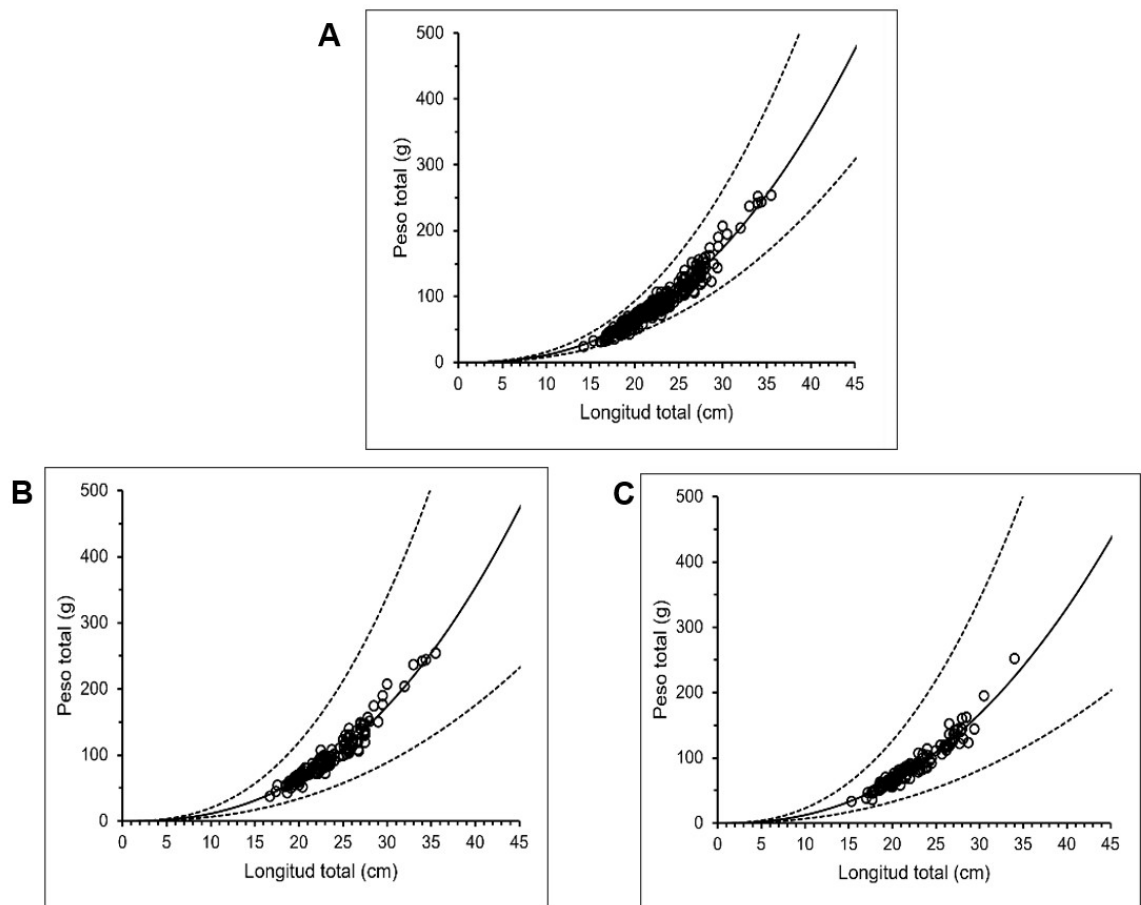


Figura 11. Relación talla-peso entre los organismos de *M. incilis* muestreados en complejo lagunar Ciénaga del Totumo y Redonda para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C). Los marcadores redondos representan los datos observados, sólida representa el modelo potencial ajustado a los datos y las líneas punteadas representan los intervalos de confianza del 95% para el modelo potencial.

6.4 Estimación indirecta de la talla media de madurez sexual

Para sexos combinados y para hembras durante la primera etapa de su vida, se observó un crecimiento de tipo alométrico negativo (mayor aumento en talla que en peso) y a partir de los 26,7 cm de LT en ambos casos, el crecimiento relativo cambio a alométrico positivo (mayor aumento en peso que en talla). El resultado para sexos combinados y hembras (26.7cm) se identifica como la talla media de madurez sexual, para los machos este cambio de fase se presentó a una talla mayor de 29.3 cm de LT (ver Figura 12).

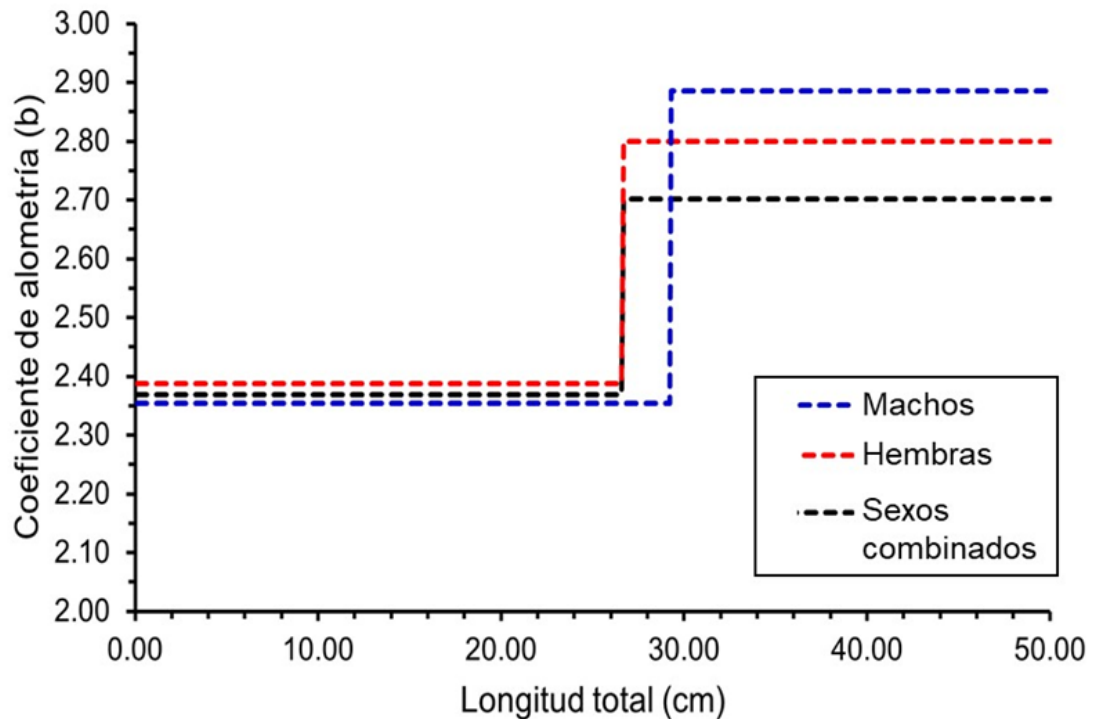


Figura 12. Modelo de línea rota para *M. incilis* en complejo lagunar Ciénaga del Totumo y Redonda.

6.5 Aspectos reproductivos.

6.5.1 Índice gonadosomático

El IGS posibilita generar evidencia que permita identificar la época reproductiva de los peces, ya que refleja el nivel de desarrollo gonadal en intervalos de peso en relación con tamaño del cuerpo del organismo (Lorencio, 2000). En términos generales, para *M. incilis*, se observa una actividad sexual generalmente baja durante la mayoría de los meses del año para sexos “combinados” y machos (ver Figura 13A y 13C), con excepción de noviembre y diciembre, que podrían corresponder a la época reproductiva de la especie. Sin embargo, se destaca un mayor valor en hembras durante el mes de mayo (ver Figura 13B), atribuido a un dato atípico ($n=6$). Este resultado no refleja necesariamente una mayor actividad reproductiva.

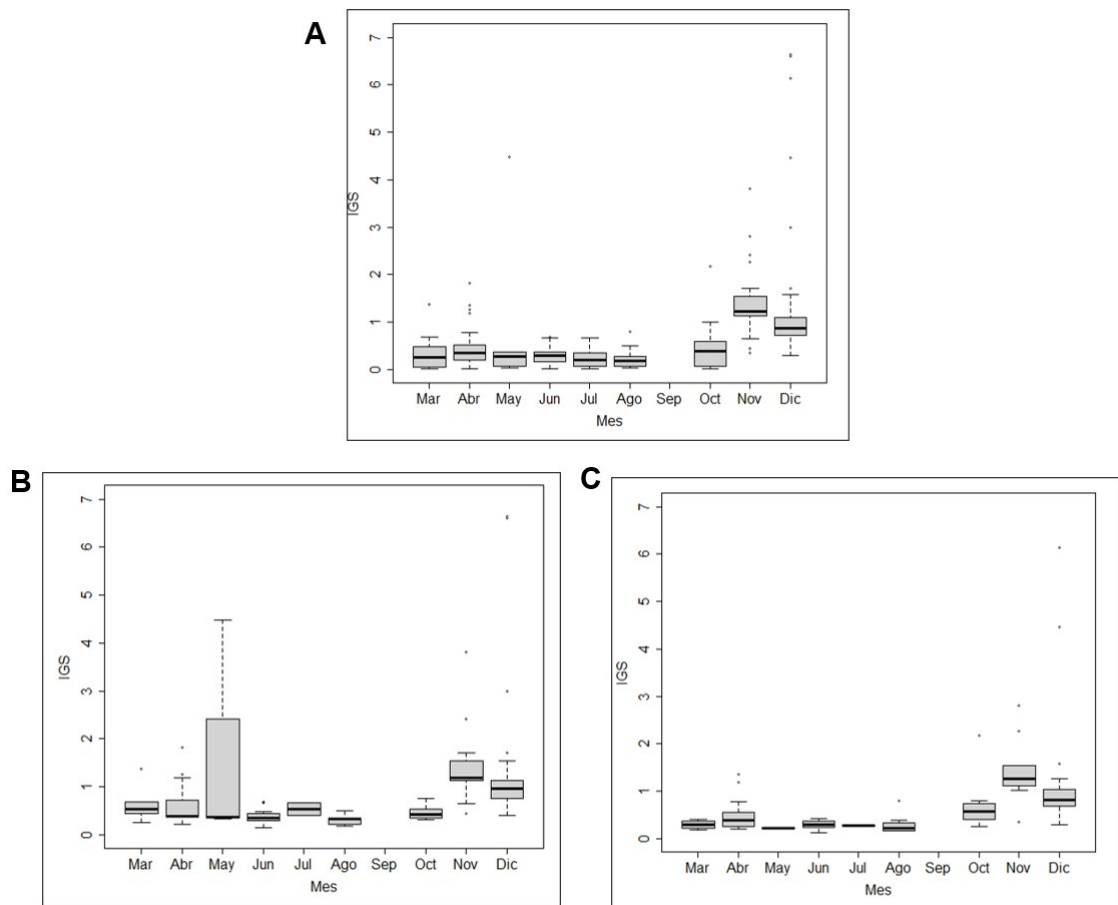


Figura 13. Índice Gonadosomático de *Mugil incilis* de marzo a diciembre del 2022 en el complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y la Redonda para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C).

Al analizar estadísticamente las diferencias observadas en la Figura 13 mediante la prueba de Kruskal-Wallis, una prueba *a posteriori* de Dunn y el valor estadístico obtenido ($p < 0,05$), se confirma lo observado en las figuras anteriores. Se encontraron diferencias significativas en los meses de noviembre y diciembre, los cuales no mostraron diferencias significativas entre ellos según se detalla en el Anexo 3, pero sí en comparación con los demás meses del año, con ciertas excepciones. Sin embargo, la tendencia se mantiene.

6.5.2 Índice hepatosomático

El índice presentó un patrón de comportamiento muy similar entre los tres grupos de datos. Sin embargo, dentro de esta mínima variación se pueden identificar patrones. Por ejemplo, los valores más altos del IHS para los sexos combinados, hembras y machos, se registraron durante los primeros meses hasta la mitad del año, aproximadamente de marzo a junio (ver Figura 14). Los valores más bajos se evidenciaron en los meses de noviembre y diciembre para todos los grupos de datos.

Al analizar estadísticamente las diferencias observadas entre los valores del IHS mediante la prueba de Kruskal-Wallis, una prueba a posteriori de Dunn y el valor estadístico obtenido ($p < 0.05$) por grupos de datos (ver Anexo 4), se observa que la comparación entre sexos separados denota un patrón considerablemente más definido para el caso de las hembras. Por otro lado, para los sexos combinados, se evidencia más claramente que los meses de noviembre y diciembre presentan una diferencia estadísticamente significativa con respecto a la mayoría de los otros meses.

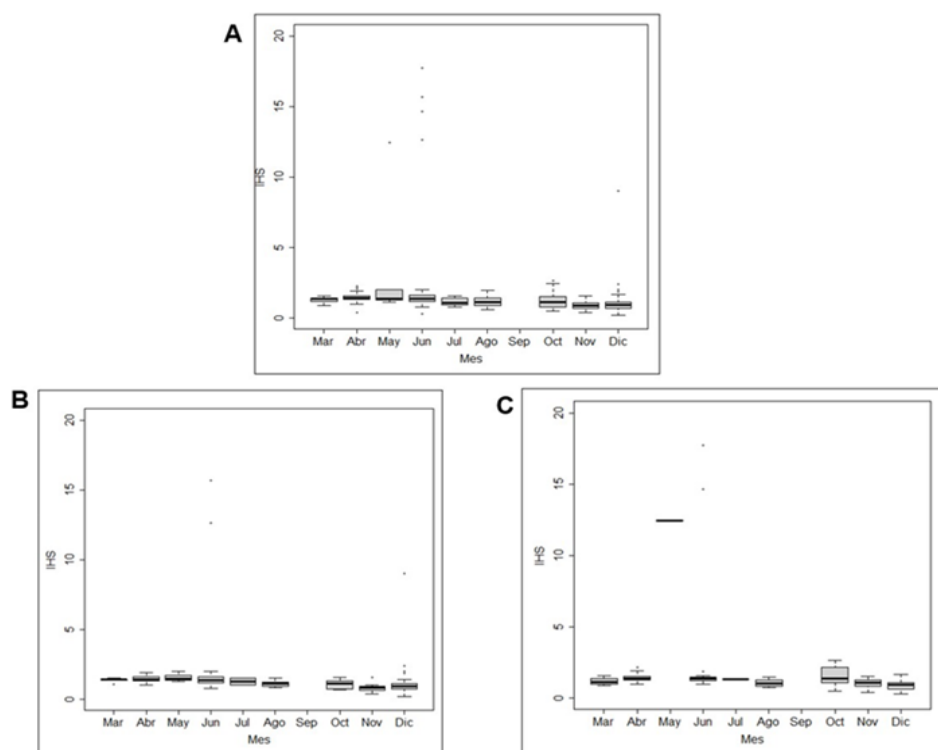


Figura 14. Índice hepatosomático de *Mugil incilis* de marzo a diciembre del 2022 en el complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y la Redonda para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C).

6.5.3 Factor de condición

El comportamiento del Factor de Condición (K) mostró variaciones intermensuales, así como valores porcentualmente mayores en el caso de los machos respecto a los otros dos grupos de datos. De forma general, a través del tiempo se mostró relativamente constante de mayo hasta agosto, notando valores más altos siempre para los machos, posterior a agosto, los valores descienden en el mes de octubre y vuelven a ascender en el mes de noviembre. No obstante, no se observan estacionalidades durante el año (ver Figura 15), sin embargo, al analizar estadísticamente las diferencias mediante la prueba de Kruskal-Wallis, una prueba

a *posteriori* de Dunn y el valor estadístico obtenido ($p < 0,05$) entre meses (Anexo 5) se denotan grandes diferencias entre los diferentes meses del año por set de datos, esto combinado con la ausencia de una estacionalidad en este índice, podría hablar de poca relación entre el FC y los aspectos reproductivos de la especie.

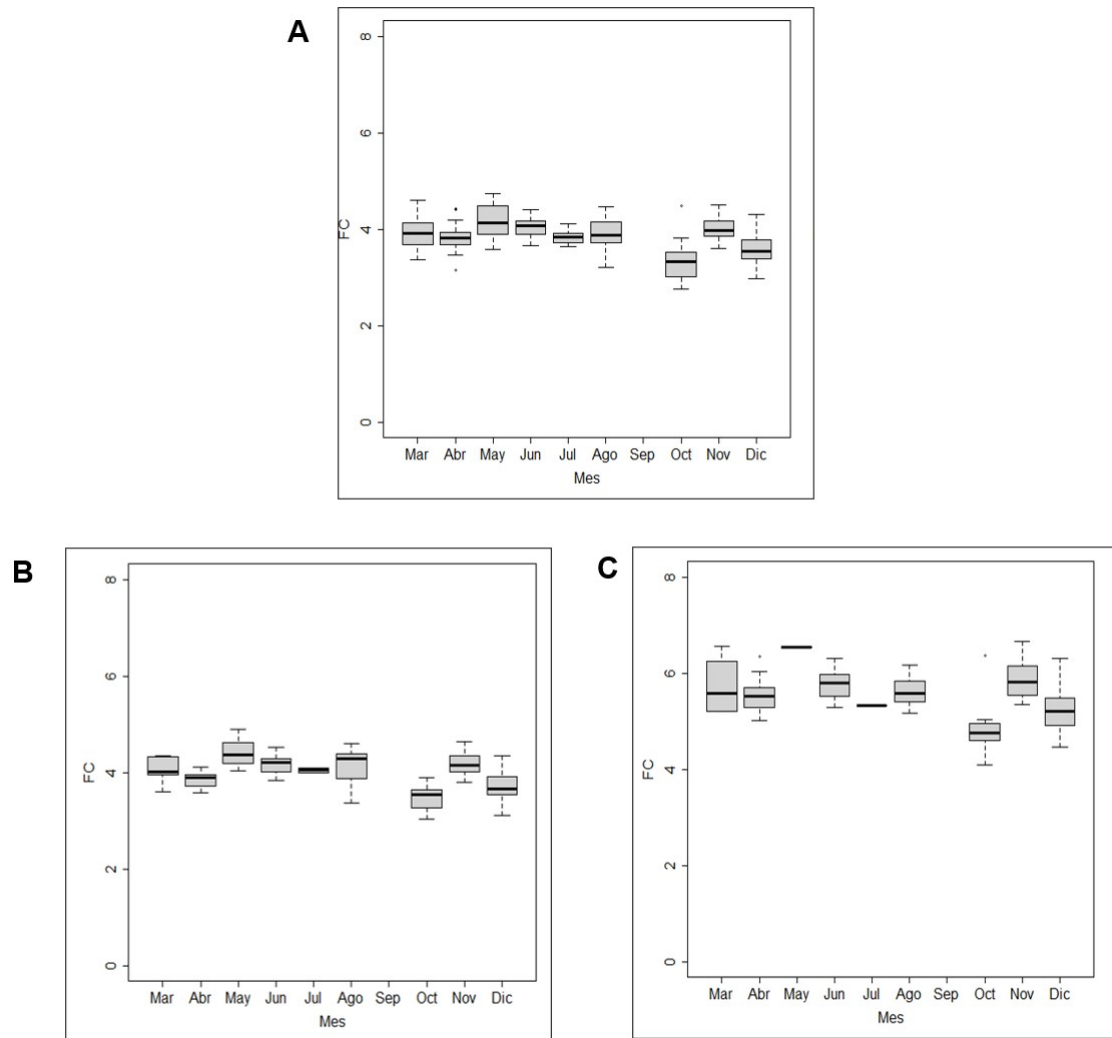


Figura 15. Factor de condición de *Mugil incilis* de marzo a diciembre del 2022 en el complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y la Redonda para sexos combinados (A), hembras (B) y machos (C).

6.5.4 Correlación entre índices reproductivos

El análisis gráfico del comportamiento combinado de los tres índices reproductivos analizados (gonadosomático, hepatosomático y factor de condición) revela patrones de comportamiento, donde se observa una similitud entre el IGS y el FC durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Sin embargo, se observan diferencias en la magnitud de los valores debido a que estos índices utilizan unidades diferentes.

Por el contrario, el IHS y el IGS tienden a tener un comportamiento inverso, el IHS presenta valores altos durante el inicio y hasta la mitad del tiempo muestreado, y valores bajos durante los últimos meses del año, casi totalmente contrario al IGS (ver Figura 15). Para reforzar estas observaciones con evidencia estadística, se realizaron pruebas de correlación pareadas de Spearman, donde la correlación entre IGS vs IHS obtuvo un coeficiente de $-0,2333$ y $p=0,5517$, esto indica una correlación negativa débil entre ambas variables. La correlación IGS vs FC obtuvo un coeficiente de $-0,0166$ y $p=0,9816$, un valor tan cercano a cero del coeficiente y un valor tan alto de p indica que no existe relación entre estas dos variables; y, por último, para la correlación IHS vs FC el coeficiente fue $0,4166$ y $p=0,2696$, esto representa una correlación positiva moderada, donde a medida que el IHS aumenta, el FC también lo hace.

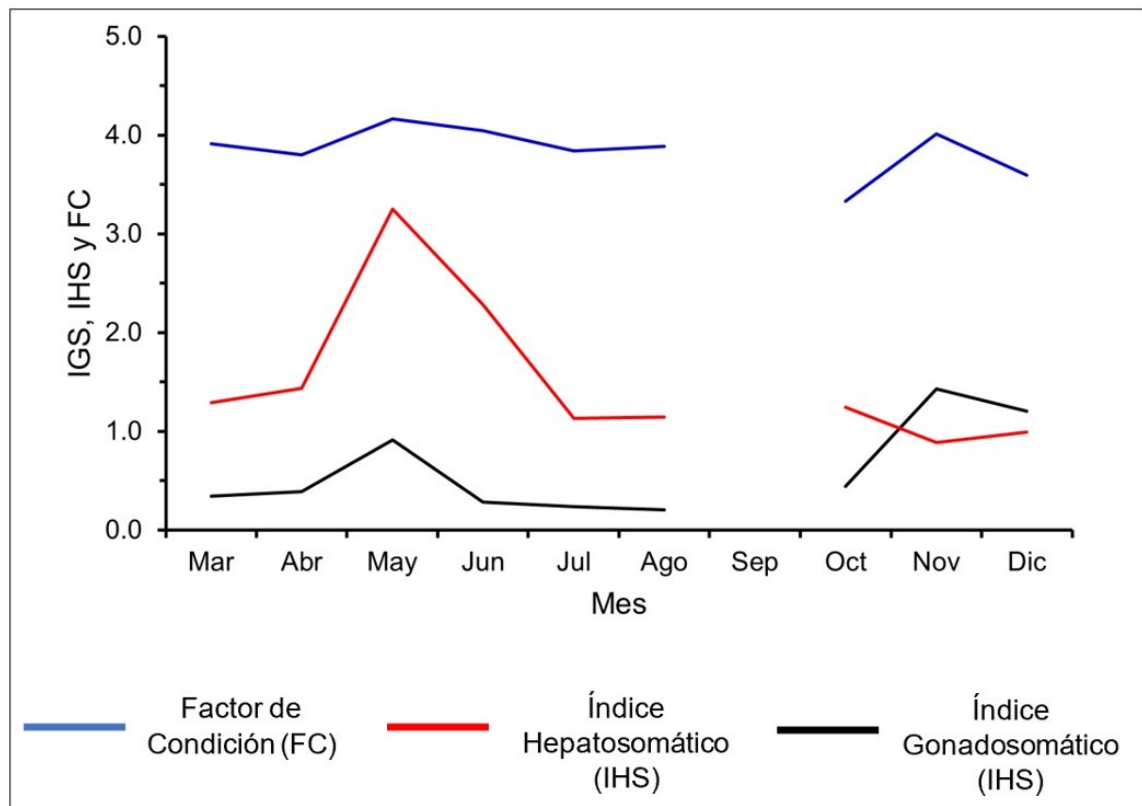


Figura 16. Gráfica de líneas que representa el comportamiento mensual de tres índices reproductivos (gonadosomático, hepatosomático y factor de condición) de *Mugil incilis* de marzo a diciembre del 2022 en el complejo lagunar de la Ciénaga del Totumo y la Redonda.

7 ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 Proporción de sexos

Como señala Vazzoler (1996), normalmente se espera una proporción sexual teórica de 1:1 en una población de mugílidos donde el número de nacimientos de hembras y machos es igual, esta proporción puede reflejar un equilibrio biológico en la población (Fischer, 1930). Para *M. incilis*, la proporción sexual fue de 1:1 como se esperaba, aunque se observó que la proporción no fue exactamente la misma, las hembras tuvieron una mayor proporción sobre los machos, sin embargo, no fue una diferencia significativa, lo que concuerda con el trabajo realizado por Bustos Montes et al. (2012) en La Bahía de Cispatá, con un 52% de hembras y un 48% de machos, similar al estudio de *Mugil curema* en Brasil (De Oliveira et al., 2011). No obstante, otros estudios como el de Mármol et al. (2010) en la Ciénaga grande de Santa Marta, obtuvieron diferencias significativas en la relación macho/hembra de 1:2.6, representando el 28% y 72% respectivamente para *M. incilis*.

Los mugílidos raramente presentan una proporción sexual 1:1 debido a sus tasas de migración, zonas de crianza y desove (Salgado-Cruz et al., 2021; Wootton, 1991; Mármol et al., 2010; Mier, 2013). La proporción entre hembras y machos durante el tiempo de muestreo, puede deberse a que las hembras tienden a madurar anticipadamente y comenzar las migraciones para el desove antes que los machos. En esta idea es de esperarse que, en ausencia de compuertas u otros obstáculos artificiales, hubiera una proporción mayor de hembras que de machos durante los períodos de desove y migración hacia las zonas de reproducción como sucede en los estudios realizados por Mármol et al. (2010) y Mier (2013) ambos en la Ciénaga grande de Santa Marta.

7.2 Rango de tallas y pesos

La estructura de tallas durante el período de muestreo (14,2 cm – 35,5cm LT) se encuentra dentro de los rangos reportados por otros autores para la misma especie en Colombia, Narváez et al. (2008) reportan una LT máxima de 49,0 cm en la Ciénaga Grande de Santa Marta y el Complejo Pajarales, Bustos-Montes et al. (2012) con 44,5 cm LT en la Bahía de Cispatá, Bustos y Pérez (2003) en su estudio en la Laguna de Navío Quebrado, identificaron una talla máxima de 37,9 cm LT y, por último, Mármol et al. (2010) en la Ciénaga Grande de Santa Marta fue el único trabajo que reportó una talla máxima menor (29,9 cm LT) a lo encontrado en este estudio.

Existe una variación en el límite superior de la talla máxima, en 2013, Grupo Acartia informó una LT máxima para *M. incilis* en la Ciénaga del Totumo de 47,2 cm, contrastando significativamente con los resultados obtenidos en este estudio, (LT máxima de 35,5 cm). Esta diferencia sugiere una disminución en la LT de la lisa en la Ciénaga a lo largo del tiempo transcurrido entre ambos estudios. Esta reducción en talla puede explicarse por diversas causas, cambios en las condiciones ambientales, la disponibilidad de alimentos (Mármol et al., 2010) y las presiones pesqueras, especialmente sobre la fracción juvenil de la población (Grupo Acartia, 2013).

El peso total máximo encontrado en este estudio (254 g), fue menor al registrado por Bustos y Pérez (2003) en la laguna de Navío Quebrado, donde el organismo más pesado alcanzó los 394 g. Es importante destacar que la longitud y el peso máximos observados se registraron en diciembre en una hembra. Esto sugiere la necesidad de investigar más a fondo este aspecto para comprender mejor el fenómeno, especialmente considerando que solo un pez alcanzó esas medidas morfométricas.

Los promedios de las tallas y pesos mínimos se reportaron en octubre (18,53 cm, 49,5 g respectivamente) para *M. incilis*, mientras que los máximos se observaron en noviembre y diciembre (27,30 cm, 148 g en noviembre y 25,56 cm y 125 g en diciembre), coincidiendo con lo que parece ser un pico reproductivo. Este patrón podría estar asociado a la maduración de las gónadas en preparación para el desove, como se ha reportado en estudios previos. Mármol et al. (2010) señalan que *M. incilis* presenta una disminución en la condición física durante cierto periodo del año debido a la recuperación post-migración y la energía destinada a la maduración gonadal. Aunque en el caso de este estudio, los organismos no pueden migrar debido a la presencia de las bocatomas que impiden el ingreso del agua salada a la Ciénaga (ver Anexo 6), es posible que un fenómeno similar esté ocurriendo. Los peces podrían estar dedicando sus recursos energéticos a la maduración de sus gónadas en preparación para la reproducción, lo que explicaría la disminución de talla y peso observadas en octubre.

7.3 Relación talla-peso

Se observó una relación alométrica negativa para los tres grupos de datos analizados, situación que había sido reportada previamente por Mármol et al. (2010) para la misma especie en la Ciénaga Grande de Santa Marta. La relación alométrica negativa puede estar asociado al intervalo de tallas obtenidos en el muestreo, de acuerdo con Beverton y Holt (1993), cuando existe una mayor presencia de juveniles o adultos jóvenes pueden alterarse las relaciones alométricas.

Por otro lado, se observa que *M. incilis* presenta un patrón de crecimiento que refleja

estrategias reproductivas adaptativas. La talla media de madurez sexual de 26,7 cm en hembras sugiere que estas pueden comenzar a reproducirse a una edad

temprana, lo que potencialmente incrementa sus oportunidades de reproducción y contribuye a la estabilidad de la población (Pomárico, 2013). Se observó que, para ambos sexos, el crecimiento fue alométrico negativo, con valores de $b=2,47$ para hembras y $b=2,36$ para machos, mostrando diferencias significativas (valor de significancia del 5%). La pendiente más pronunciada en las hembras sugiere un aumento proporcionalmente mayor en peso respecto a su tamaño en comparación con los machos; a la misma talla, las hembras tienen un peso mayor como se observó en el estudio realizado por Díaz y López (2021) sobre *Mugil cephalus* en la costa de Veracruz. Este patrón de crecimiento podría estar relacionado con procesos reproductivos, como mencionan Bartulović et al. (2006), quienes sugieren que las hembras maduran antes para iniciar migraciones en preparación al desove. Las diferencias en el tipo de crecimiento también pueden estar relacionadas con la variabilidad ambiental y la disponibilidad de alimento, que determinan periodos óptimos de crecimiento y sobrevivencia dentro de un sistema lagunar (Yáñez-Arancibia, 1976; Marín et al., 2003).

7.4 Estimación indirecta de la talla media de madurez sexual

La talla media de madurez sexual (TMM) indirecta es relevante para aspectos biológicos y ecológicos, puede aportar información para la actualización de medidas de regulación pesquera de tipo “pasivas”. El estimado de talla media de madurez en el presente trabajo (26,7 cm LT para sexos combinados) fluctuó dentro de los estimados obtenidos para la misma especie por otros autores, por ejemplo, Chasqui et al. (2017) comentan en el libro rojo de Colombia que esta talla ocurre a los 23,8 cm LT, mientras que, Sánchez et al. (1998) y Mármol et al. (2010) para la Ciénaga Grande de Santa Marta estimaron una TMM de 25,7 cm LT y 23,8 cm LT, respectivamente. El único estudio que estimó un valor superior al del presente trabajo es el de Bustos-Montes et al. (2012) en la Bahía de Cispatá, donde se calculó que la TMM ocurre a los 30,5 cm LT.

Dado que en este trabajo se utilizó un método indirecto para estimar la TMM, en lugar del método convencional que implica un examen detallado de las gónadas, es notable que el valor estimado en este estudio (26,7 cm LT para sexos combinados) se encuentra dentro del rango de TMM reportado en otras investigaciones sobre la misma especie en Colombia. Esto sugiere que la metodología utilizada en este trabajo es válida y confiable. La coincidencia entre esta estimación y los valores previamente reportados refuerza la idea de que este método indirecto puede proporcionar una estimación precisa de la TMM, lo que es especialmente relevante en contextos donde el acceso a métodos convencionales es limitado. Así, los hallazgos no solo contribuyen a la comprensión de la biología reproductiva de *M. incilis*, sugiriendo que la madurez sexual ocurre a una talla similar en diferentes contextos, sino que también abren nuevas posibilidades para su evaluación y manejo en el futuro.

Respecto a los aspectos pesqueros, Chasqui et al. (2017) proporcionan información relevante sobre el estado de *M. incilis*, destacando que en Colombia se encuentra amenazada por sobreexplotación pesquera y está en la categoría nacional de “Vulnerable VU A2ad” debido a la disminución del volumen de descargas y a la constante presión de pesca que por años se ha ejercido sobre el recurso. Sin embargo, esta evaluación contrasta con la de FishBase, que la categoriza como “Preocupación menor” y resalta su escaso valor comercial (FishBase, n.d.). Esta discrepancia en las clasificaciones sugiere la necesidad de un análisis más exhaustivo en investigaciones futuras para de esta forma comprender la verdadera situación de la especie y su gestión.

Además, aunque Chasqui et al. (2017) mencionan una talla mínima de captura de 24 cm, no especifican si se refieren a longitud total o longitud estándar. Por tanto,

considerando lo encontrado en este trabajo, y lo reportado en las medidas de manejo publicadas por la AUNAP-UNIMAGDALENA (2013) donde recomiendan capturar a *M. incilis* por encima de los 25 cm de longitud estándar o 30 cm de longitud total.

Las medidas para la captura que estén por encima de la talla media de madurez estimada en este y los otros trabajos mencionados, permiten en teoría, mantener un flujo constante de reclutas para *M. incilis*, lo que, en consecuencia, mejoraría el manejo y aprovechamiento sustentable del recurso.

7.5 Aspectos reproductivos

7.5.1 Índice gonadosomático

De acuerdo con otras investigaciones previas en el Caribe colombiano para la misma especie por Mármol et al. (2010), Bustos Montes et al. (2012) y Pomárico (2013), los valores del índice gonadosomático en este estudio fueron bajos, esto se puede deber al reducido número de organismos maduros identificados.

En cuanto al análisis estacional, se observaron mayores cantidades de ejemplares maduros durante los meses de noviembre y diciembre, lo que sugiere que *M. incilis* presenta un único evento reproductivo anual, caracterizándose como un desovador total, tal como indican Mármol et al. (2010). Esta evidencia se ve respaldada por el registro de los mayores pesos de los organismos en estos meses, lo que probablemente está relacionado con una estrecha asociación entre la ovogénesis y el aumento de la masa corporal, respaldando la idea de que el proceso de acumulación de vitelo protéico puede contribuir significativamente al incremento de peso de los ejemplares maduros durante estos meses (Sarasquete et al., (1993).

Este patrón de reproducción coincide con lo descrito por Perdomo (1973), Blanco (1980), Sánchez et al. (1998), Mármol et al. (2010) y Bustos-Montes et al. (2012), quienes también reportan un pico reproductivo hacia finales del año. Es importante señalar que, aunque este estudio identificó los mayores valores del IGS en noviembre y diciembre, el pico máximo se observó en diciembre, a diferencia de investigaciones previas que reportaron el pico en noviembre. Sin embargo, en la presente investigación se realizó una comparación estadística entre los valores estimados para noviembre y diciembre respecto a los demás meses, como resultado no se encontraron diferencias significativas entre ambos meses, lo que sugiere que el pico reproductivo de *M. incilis* en el complejo de la ciénaga del Totumo y Redonda ocurre hacia finales de año, con una mayor intensidad en diciembre.

Según Pomárico (2013), los machos muestran los mayores valores del índice gonadosomático (IGS) un mes antes que las hembras. Esto sugiere que se recuperan físicamente de su migración hacia el mar para el desove, aprovechando la energía extra para madurar sus gónadas, como indicaron Merson et al. (2000). Este patrón concuerda con investigaciones previas sobre la biología reproductiva de especies como *Argyrosomus regius*, donde se observó que los machos alcanzan los valores más altos del IGS un mes antes que las hembras (Abou et al., 2012). Sin embargo, en este estudio no se encontraron diferencias en el IGS entre machos y hembras, lo que sugiere que las condiciones migratorias pueden no haber diferido entre los sexos. Esta similitud podría atribuirse a la interrupción del flujo de agua salada hacia la ciénaga, causada por la presencia de compuertas en el caño Amansaguapos. Las compuertas solo se operan en casos de lluvias intensas, cuando el nivel del agua de la ciénaga del Totumo excede su capacidad. Esta alteración antropogénica podría limitar la capacidad de la lisa para migrar,

reproducirse o acceder a áreas de alimentación y refugio adecuadas, lo que probablemente influya en la ausencia de diferencias en el índice gonadosomático entre ambos sexos. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados sobre las barreras antropogénicas y su repercusión en la migración y reproducción de la lisa.

7.5.2 Índice hepatosomático

El índice hepatosomático se utiliza para medir los cambios en el peso del hígado causados por el almacenamiento y la eliminación de lípidos durante el proceso de la vitelogénesis y su interpretación está directamente relacionada con el estado de madurez sexual (Lucano-Ramírez et al., 2001)

A pesar de la falta de variaciones en el IHS a lo largo del periodo de estudio, se observa una tendencia hacia valores más bajos en noviembre y diciembre. Esta disminución podría atribuirse al cambio en la asignación de energía en el organismo. En este punto del año, la energía ya no se dirige principalmente hacia el desarrollo de las gónadas, como lo señalan Maddock y Burton (1998) y Arias et al. (2006), si no que se destina al evento reproductivo en sí mismo. La energía se dirige hacia el mantenimiento de los procesos reproductivos activos, tales como la maduración de los gametos y la puesta de huevos.

Por otro lado, se observaron valores elevados del IHS durante la inactividad reproductiva. Esta elevación podría interpretarse como una fase de preparación del organismo para la reproducción. La acumulación de reservas energéticas en el hígado en forma de glucógeno y lípidos, como menciona Tyler y Sumpter (1996), está orientada hacia los procesos de reproducción. Durante los periodos de inactividad reproductiva, el organismo acumula reservas energéticas en el hígado en forma de glucógeno y lípidos. Estas reservas son esenciales para proporcionar

la energía necesaria durante los eventos reproductivos subsiguientes (Arellano-Martínez et al, 2001).

7.5.3 Factor de condición

La relación talla-peso puede usarse para estimar el factor de condición como se hizo en el presente estudio, utilizando el coeficiente de alometría como el valor al cual elevar la longitud, haciendo así más preciso y “personalizado” el análisis para el grupo de organismos evaluados, dando así información detallada sobre la dinámica del crecimiento relativo de los organismos, además de reflejar la escasez o abundancia del alimento y de la madurez de los peces (Albertini-Berhaut, 1973).

El análisis del factor de condición (FC) proporciona información sobre el estado nutricional de los peces, y de la disponibilidad de alimento y su madurez. El factor de condición se mantuvo relativamente constante, excepto en octubre, cuando disminuyó; este cambio coincidió con diferencias significativas respecto a los otros meses muestreados. Se observó que la tendencia del factor de condición era inversa a la del índice gonadosomático. Según lo reportado por Pomárico (2013) y Mármol et al. (2010) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, así como por Bustos-Montes et al. (2012) en la Bahía de Cispatá para *M. incilis*, es probable que el factor de condición esté más relacionado con la disponibilidad de alimento en el sistema que con el período reproductivo. Esto sugiere que la salud y el bienestar de los peces pueden verse influenciados por la cantidad y calidad de los recursos alimenticios disponibles en su hábitat, por lo que es probable que la interrupción antropogénica de los arroyos que alimentan la ciénaga, la disminución de la cobertura vegetal de sus orillas como la tala de mangle para ganadería y el agro, la alteración del intercambio hídrico con el mar entre otros factores (Pérez et al., 2011), pueden tener repercusión en la condición de los peces que habitan en dicho cuerpo de agua.

Por otro lado, los peces también pueden verse limitados por la capacidad para migrar, reproducirse y acceder a áreas de alimentación y refugio adecuados (Racedo, 1983). Por lo tanto, entender las variaciones en el FC no solo es importante para comprender la salud individual de los peces, sino también para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos y su importancia para la pesca como indicador de la calidad del hábitat y la disponibilidad y calidad del recurso.

7.6 Correlación de índices reproductivos

El IHS y el FC se han utilizado para evaluar la salud fisiológica de los peces y establecer conexiones con el IGS, basados en la premisa de que durante la gametogénesis se utiliza la energía almacenada en el hígado y la grasa corporal para sostener el metabolismo y proporcionar los recursos necesarios para la producción de gametos (Albieri et al, 2010; Wootton, 1991).

En este estudio, se observó una correlación negativa moderada entre el IGS y el IHS, lo que sugiere una baja relación entre estos índices. Algo importante a considerar es que el tamaño del hígado no necesariamente varía en relación con el tamaño de los órganos reproductivos en esta especie. No se encontró una relación significativa entre el FC y el IGS, lo que indica que la madurez gonadal de la lisa no está directamente relacionada con su condición física general, lo anterior concuerda con lo descrito previamente por Arellano-Martínez et al, 2001) en las costas de Guerrero, México, donde se ha observado que la actividad reproductiva del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) es inversamente relacionada con su condición fisiológica. Este resultado podría atribuirse a diversos factores, como influencias ambientales, biológicas o alimenticias que podrían estar afectando más la condición física de los peces que su estado reproductivo (Anderson y Gutreuter, 1996).

Por otro lado, la ausencia de relación entre el IGS y el FC sugiere que el estado de madurez gonadal de la lisa no está directamente vinculado con su estado de salud o condición física en el contexto específico de la Ciénaga del Totumo y Redonda, los datos recopilados concuerdan con los obtenidos para la misma especie en la Bahía de Cispatá por Bustos et al. (2012), así como en la Ciénaga Grande de Santa Marta por Pomárico (2013).

En contraste, se identificó una correlación positiva moderada entre el IHS y el FC, resultados similares a los reportados previamente para *Mugil. cephalus* en Baja California, en México por Salgado-Cruz et al. (2021). Esto sugiere que la salud y el estado físico de los peces, en términos de la proporción del tejido hepático y su peso en relación con su tamaño corporal, siguen un patrón cercano en el tiempo de muestreo, posiblemente influenciado por factores ambientales, alimenticios o de salud del ecosistema.

8 CONCLUSIONES

- Se estimó que *M. incilis* presenta un crecimiento alométrico negativo en la primera etapa de su vida. Sin embargo, a partir de los 26.7cm LT, el crecimiento se vuelve alométrico positivo tanto en machos como en hembras. Estos hallazgos indican que el patrón de crecimiento cambia a medida que la especie madura, lo que podría influir en la dinámica poblacional y en la estrategia de manejo pesquero.
- El índice gonadosomático indica que el pico reproductivo de *Mugil incilis* en las Ciénagas del Totumo y Redonda ocurre entre noviembre y diciembre, ya que se observaron los valores más altos del IGS durante estos meses. Esto sugiere que estos periodos son críticos para la reproducción de la especie.
- El índice hepatosomático (IHS) mostró un patrón similar en hembras y machos a lo largo de los meses muestreados, lo que sugiere que la relación entre el peso del hígado y el peso eviscerado no varía significativamente entre sexos durante el ciclo anual.
- La talla media de madurez sexual fue de 26.7 cm de LT. Estos resultados son importantes para la gestión pesquera, ya que proporcionan un punto de referencia para establecer medidas de conservación y prácticas pesqueras sostenibles que aseguren la reproducción efectiva de la especie.

9 RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan algunas sugerencias generales que podrían ser consideradas para el manejo y la investigación de *Mugil incilis* en el complejo de la Ciénaga del Totumo y La Redonda:

9.1 Monitoreo y gestión:

Se sugiere establecer un programa de monitoreo continuo de los parámetros reproductivos de *Mugil incilis*, especialmente en los meses de noviembre y diciembre. Este monitoreo permitirá validar y ajustar las prácticas de manejo basadas en el pico reproductivo de la especie, asegurando una gestión pesquera informada y adaptativa.

9.2 Prácticas pesqueras:

Es recomendable que se consideren prácticas pesqueras que promuevan la sostenibilidad de la población de *Mugil incilis*. Las regulaciones pesqueras que protejan a los juveniles podrían ser beneficiosas para asegurar la viabilidad de la población a largo plazo.

9.3 Investigaciones futuras:

Se recomienda realizar investigaciones que exploren las causas detrás de los cambios en el patrón de crecimiento de *M. incilis* y cómo estos afectan la dinámica poblacional. Además, es crucial investigar el impacto de factores ambientales, como la calidad del agua y la disponibilidad de alimento, en el ciclo reproductivo y el crecimiento de la especie. En el presente estudio se realizó una línea base que

puede servir para futuras investigaciones y monitoreos del comportamiento reproductivo de la especie. Estas investigaciones podrían proporcionar un entendimiento más profundo y ayudar a desarrollar estrategias de manejo más efectivas.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abou, N., Abd, S., Absawy, M., Assem, S. (2012). Reproductive biology of *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) inhabiting the south eastern Mediterranean Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, volumen 38, pp. 147-156.
- Albertini-Berhaut, J. (1973). Biologie des stades juveniles de teleosteens Mugilidae *Mugil auratus* Risso 1810, *Mugil capito* Cuvier 1829 et *Mugil saliens* Risso 1810. *Aquaculture*, volumen (4), pp.13-27.
- Albieri, R., Araújo, F., Ribeiro, T. (2010). Gonadal development and spawning season of white mullet *Mugil curema* (Mugilidae) in a tropical bay. *Journal of Applied Ichthyology*, volumen 26 (1), pp. 105-109.
- Anderson, R., Gutreuter, S. (1996). *Length, weight, and associated structural indices*. Editorial American Fisheries Society.
- Arellano-Martínez, M., Rojas-Herrera, A., García-Domínguez, F., Ceballos-Vázquez, B., Villalejo-Fuerte, M. (2001). Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Rev. biol. mar. oceanogr*, volumen 36 (1), pp. 1-8.
- Arias, C., Zaniboni-Filho, E., Aya, B. (2006). Indicadores del ciclo reproductivo del yamú *Brycon amazonicus*, en cautiverio. *Orinoquia*, volumen 10 (2), pp. 24-34.
- Ballesteros, A., González, J. (2010). Ecosistema estuarino de la Ciénaga del Totumo. Recuperado de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/8132>.
- Bartulović, V., Glamuzina, B., Conides, A., Gavrilović, A., Dulčić, J. (2006). Maturation, reproduction and recruitment of the sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of Mala Neretva River (southeastern Adriatic, Croatia). *Acta Adriatica*, volumen 47(1), pp. 5-11.

- Beverton, R., Holt, S. (1993). *On the dynamics of exploited fish populations*. Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=__wtCZbbHpAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false.
- Blanco, J. (1980). *Algunos aspectos ecológicos y biológico-pesqueros de la lisa, Mugil incilis en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia*. [Tesis de grado], Universidad Nacional, Santa Marta.
- Bulow, F., Coburn, C., Cobb, C. (1978). Comparison of two blue gill populations by means of the RNA/DNA ratio and liver-somatic index. *Trans. Am. Fish. Soc.* volumen 107, pp. 799-803.
- Bustos, D., Pérez, D. (2003,). *Ecología trófica y algunos aspectos biológicos de las especies pertenecientes a las familias Mugilidae y Centropomidae en la laguna de Navío Quebrado, Guajira, Caribe Colombiano*. [Trabajo de grado]. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Bustos-Montes, D., Santafé-Muñoz, A., Grijalba-Bendeck, M., Jáuregui, A., Franco-Herrera, A., Sanjuan-Muñoz, A. (2012). Bioecología de la lisa (*Mugil incilis* Hancock) en la bahía de Cispatá, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost*, volumen 41(2), pp. 447-461.
- Chasqui, V. Polanco, F. Acero, P. Mejía-Falla, A. Navia, L. Zapata, A y Caldas, P. (2017). *Libro rojo de peces marinos de Colombia*. Recuperado de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Libro-Rojo-de-Peces-Marinos-de-Colombia.pdf>.
- Cogua, P., Jiménez-Reyes, M., Duque, G. (2013). Relaciones tróficas de cinco especies de peces de interés comercial en la bahía de Cartagena, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost*, volumen 42 (1), pp. 185-192.
- Comín, F., Menéndez, E. (1987). Salinidad y nutrientes en las lagunas costeras del delta del Ebro. *Limnetica*, Volumen 3 (1), pp. 1-8.

- De La Hoz, J., Narváez, J., Manjarrés, L., Nieto, L., Rivera, R., Cuello, F., Álvarez, T. (2013). *Boletín Estadístico Enero - Diciembre de 2013*. Recuperado de <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletin%20Anual%20SEPEC%202013.pdf>.
- De Oliveira, M., Dos Santos, E., De Moraes, F., Lins, J., Luchiari, A. (2011). Some aspects of the biology of white mullet, *Mugil curema* (Osteichthyes, Mugilidae), in the northeastern region, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, volumen 6 (2), pp. 138-147.
- Duran, J., Alvarado, P. (2023). *Análisis multimodelo del crecimiento relativo de la curvina rayada Cynoscion reticulatus en el sur de Sinaloa* [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Fischer R. (1930). The Genetic Theory of Natural Selection. Recuperado de <http://www.archive.org/stream/geneticaltheoryo031631mbp#page/n11/mode/2up>.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, volumen 22 (4), pp. 241–253.
- Gamito, S. (1998). Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. *Ecological modelling*, volumen 113 (1-3), pp. 83-94.
- Gherard, K., Erisman, B., Aburto-Oropeza, O., Rowell, K., Allen, L. (2013). Growth, Development, and Reproduction in Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*). *Bull. Southern California Acad. Sci*, volumen 112 (1), pp. 1-18.
- Holden, M., Raitt, D., (1975). *Manual de ciencia pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/429878203/Manual-de-Ciencia-Pesquera-Parte-2>.

- Lagler, K., Bardach, J., Miller, R., Passino, D. (1977). *Ictiología*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/dreicash/ictiologia-lagler>.
- Lasso, C., Agudelo, E., Jiménez-Segura, L., Ramírez-Gil, H., Morales-Betancourt, M., Ajiaco-Martínez, R., Gutiérrez, F., Usma, J., Muñoz, S Sanabria, I. (2011). *Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*. Recuperado de <https://www.wwf.org.co/?207783/Catlogo-de-los-recursos-pesqueros-continentales-de-Colombia>.
- Lemos, V. (2015). *Determinação do estoque e ciclo de vida da tainha Mugil liza (Teleostei Mugilidae) no Sul do Brasil*. [Tesis de pregrado]. Universidade Federal do Rio Grande. Brasil.
- López, A. (2007). *Ordenamiento Ambiental de la Zona Costera del Departamento del Atlántico*. Recuperado de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-04/other/mcbem-2014-04-co-3-en.pdf>.
- Lorencio, C. (2000). *Ecología de comunidades.: El paradigma de los peces de agua dulce*. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=rLnNWgcn00sC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.
- Lucano-Ramírez, G., Villagrán-Santa, M., Ruiz-Ramírez, S., López-Murillo, T. (2001). Histología de los ovocitos de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae). *Ciencias Marinas*, volumen 27(3), pp. 335-349.
- Maddock, D., Burton, M. (1998). Gross and histological observations of ovarian development and related condition changes in American plaice. *Journal of Fish Biology*, volumen 53 (5), pp. 928-944.
- Mármol, D., Vitoria, E., Blanco, J. (2010). Efectos de la pesca sobre la biología reproductiva de la lisa *Mugil incilis* (Pisces: Mugilidae) en la Ciénaga

- Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, volumen 39 (2), pp. 215-231.
- Marques, H., Batista, A., Dias, J., Ramos, I. (2016). Length-weight and length-length relationships for 23 fish species of Porto Primavera reservoir, Upper Paraná River, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*. Volumen 36 (6).
- Martínez-Viloria, H., Narváez, J., Rivera, R., Solano, O. (2006). Evaluación de la selectividad del trasmallo en la pesquería artesanal de la zona deltaica estuarina del río Sinú, Caribe colombiano. *Intropica*, volumen (3), pp. 33-41.
- Meléndez, G., Romero, A. (2010). Evaluación biológico pesquera de la lisa *Mugil curema*, en la costa de Michoacán. *Ciencia Pesquera*. volumen 18(1), pp. 67.
- Mendoza-Ureche, R., Quintero-Galvis, J., Narváez-Barandica, J. (2019). Baja variabilidad y diferenciación genética poblacional en la “lisa”, *Mugil incilis* (Teleostei: Mugilidae) del Caribe colombiano. *Rev. biol. trop*, volumen 67(3), pp. 501-517.
- Merson, R., Casey, C., Martinez, C., Soffientino, B., Chandlee, M., Specker, J. (2000). Oocyte development in summer flounder: seasonal changes and steroid correlates. *Journal of Fish Biology*, volumen 57(1), pp. 182-196.
- Narváez, J., Herrera, F., Blanco, J. (2008). Efecto de los artes de pesca sobre el tamaño de los peces en una pesquería artesanal del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Bol. Invest. Mar. Cost*, volumen 37 (2), pp. 163-187.
- Nikolsky, G. (1963). *The ecology of fishes*. Recuperado de https://archive.org/details/ecologyoffishes0000niko_c1a1
- Niño, L. M. (2011). Los acuerdos de pesca responsable en el humedal Ciénaga del Totumo (Atlántico - Bolívar). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/11973>.

- Ospina-Arango, J., Pardo-Rodríguez, F., Alvarez-Leon, R. (2008). Madurez gonadal de la ictiofauna presente en la bahía de Cartagena, caribe colombiano. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat*, volumen (12), pp. 117-140.
- Perdomo, J. (1973). Contribución al estudio biológico-pesquero de la lisa *Mugil incilis* Hancock [Tesis de licenciatura]. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Pérez, D., López, A., Carrillo, J., Landazábal, E., Rodríguez, F., Pinto, M. (2011). *Plan de Manejo y Ordenación Pesquera del Humedal Ciénaga del Totumo (Bolívar-Atlántico)*. Recuperado de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1405>.
- Pomárico, J. (2013). *Indicadores reproductivos de la lisa Mugil incilis (hancock, 1830) en la ciénaga grande de santa marta, Colombia*. [Tesis de Magister]. Universidad del Magdalena, Santa Marta.
- Puentes, V., Escobar, F., Polo, C., Alonso, J. (2014). *Estado de los Principales Recursos Pesqueros de Colombia*. Recuperado de <https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/ESTADO-DE-PRINCIPALES-RECURSOS-PESQUEROS-EN-COLOMBIA-2014-version-digital.pdf>.
- Racedo, J. A. B. (1983). The condition factor of *Mugil incilis* Hancock (Pisces: Mugilidae) and its seasonal changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). *Bol. Investig. Mar. Costeras*, volumen (13).
- Ramos-Santiago, E., Gil-López, H., Labastida-Che, A., Gómez-Ortega, R. (2010). Reproducción y madurez gonádica de la lisa *Mugil cephalus* en las costas de Oaxaca y Chiapas. *Cienc. Pesq*, volumen (18), pp. 79-91.
- Rey, I., Acero, A. (2002). *Biodiversidad íctica del Caribe colombiano* [Tesis de grado]. Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Rizzo, E., Bazzoli. (2020). Reproduction and embryogenesis. *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish* (287-313). Reino Unido: Editorial Academic Press.

- Ruiz-Ramírez, S., Molina-Arenas, E., Lucano-Ramírez, G., Aguilar-Betancourt, C., Flores-Ortega, J., 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. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* Volumen 45 (2).
- Salgado-Cruz, L., Quiñonez-Velázquez, C., García-Domínguez, F., Pérez-Quíñonez, C., Aguilar-Camacho, V. (2021). Aspectos reproductivos de *Mugil curema* (Perciformes: mugilidae) en dos zonas de baja california sur, méxico. *Rev. biol. mar. oceanogr*, volumen 56(1), pp. 50-65.
- San José. (2010). Mugilidae lisas. *Rev. biol. Trop*, volumen (58).
- Sánchez, C., Rueda, M., A. Santos-Martínez, A. (1998). Dinámica poblacional y pesquería de la lisa, *Mugil incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, volumen 22 (85), pp. 507-517.
- Sarasquete, M. C., Pascual, E., Polo, A., Yúfera, M. (1993). Histochemistry of proteins, lipids and carbohydrates in the yolk constituent of oocytes, eggs and larvae of *Sparus aurata*. *Physiology and Biochemistry of Marine Fish Larvae*, pp. 311-314.
- Sokal, R., Rohlf, F. (2012). *Biometry the principles and practice of statistics in biological research*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/44554870_Biometry_the_principles_and_practice_of_statistics_in_biological_research_Robert_R_Sokal_and_F_James_Rohlf.
- Stuardo, J., Valdovinos, C. (1989). Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central. *Amb. y Des.* Volumen 5 (1), pp. 107-115.
- Tyler, C., Sumpter, J. (1996). Crecimiento y desarrollo de ovocitos en teleósteos. *Reseñas sobre biología de peces y pesca*, volumen (6), pp. 287-318.

- Vazzoler, A. (1996). Biología reproductiva de peixes teleósteos: teoria e prática. Recuperado de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgklclefindmkaj/http://old.periodicos.uem.br/~eduem/novapagina/?q=system/files/Biologia%20da%20reprodu%C3%A7%C3%A3o%20de%20peixes%20tele%C3%B3steos.pdf](http://old.periodicos.uem.br/~eduem/novapagina/?q=system/files/Biologia%20da%20reprodu%C3%A7%C3%A3o%20de%20peixes%20tele%C3%B3steos.pdf).
- Vegas-Vélez, M., (1978). *Ictiología*. Perú: Editorial Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Verbel, J., Avila, R. (2008). Nemátodos anisákidos en lisas (*Mugil incilis*) de la bahía de cartagena y la ciénaga del totumo, costa atlántica colombiana. *parásitos en peces colombianos: ¿Están enfermando nuestros ecosistemas?* (53). Cartagena, Colombia: Editorial Universidad de Cartagena.
- Wootton, R. (1991). Constraints in the evolution of fish life histories. *Netherlands Journal of Zoology*, volumen 42(2-3), pp. 291-303.
- Zar, J. (2010). *Biostatistical Analysis*. Recuperado de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgklclefindmkaj/https://bayesmath.com/wp-content/uploads/2021/05/Jerrold-H.-Zar-Biostatistical-Analysis-5th-Edition-Prentice-Hall-200](https://bayesmath.com/wp-content/uploads/2021/05/Jerrold-H.-Zar-Biostatistical-Analysis-5th-Edition-Prentice-Hall-200).

11 ANEXOS

Anexo 1. Tabla de contingencia de los resultados aun 95 % de confianza de la prueba Kurskal-wallis, en la comparación intermensual de la LT por conjunto de datos. Los valores de color rojo muestran una diferencia significativa en la comparación de los meses.

Sexos combinados								
MES	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic
Mar		1		1	1	1		<0.05
Abr								
May	1	1		1	1	1		0.0714
Jun		1			1	1		<0.05
Jul		1				1		<0.05
Ago		1						
Oct	0.6718	1	1	1	1	1	<0.05	<0.05
Nov	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		1
Dic		<0.05				<0.05		
Hembras								
MES	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic
Mar		1		1	1	1		0.4939
Abr								
May	1	1		1	1	1		1
Jun		1			1	1		<0.05

Jul		1				1		1
Ago		1						
Oct	1	1	1	1	1	1	<0.05	<0.05
Nov	<0.05	<0.05	0.2443	<0.05	0.2613	<0.05		0.5912
Dic		<0.05				<0.05		
Machos								
MES	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic
Mar		1		1	1	1		0.0696
Abr								
May	1	1		1	1	1		1
Jun		1			1	1		<0.05
Jul		1				1		1
Ago		1						
Oct	1	1	1	1	1	1	<0.05	<0.05
Nov	0.0732	<0.05	1	<0.05	1	0.162		1
Dic		<0.05				0.117		

Anexo 2. Tabla de contingencia de los resultados aun 95 % de confianza de la prueba Kurskal-wallis, en la comparación intermensual de la LT por conjunto de datos. Los valores de color rojo muestran una diferencia significativa en la comparación de los meses.

Sexos combinados								
MES	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic
Mar		1		1	1	1		<0.05
Abr								
May	1	1		1	1	1		0.6437

Jun		1			1	1		<0.05
Jul		1				1		<0.05
Ago		1						
Oct	0.0326	0.2737	0.1515	<0.05	1	0.0323	<0.05	<0.05
Nov	<0.05	<0.05	0.0395	<0.05	<0.05	<0.05		0.4526
Dic		<0.05				<0.05		

Hembras								
MES	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic
Mar		1		1	1	1		1
Abr								
May	1	1		1	1	1		1
Jun		1			1	1		<0.05
Jul		1				1		1
Ago		1						
Oct	0.757	1	0.8161	1	1	1	<0.05	<0.05
Nov	0.0267	<0.05	0.7362	<0.05	0.4213	<0.05		0.103
Dic		<0.05				0.1837		

Machos								
MES	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic
Mar		1		1	1	1		0.2841
Abr								
May	1	1		1	1	1		1
Jun		1			1	1		<0.05
Jul		1				1		1
Ago		1						
Oct	1	1	0.8069	1	1	0.2551	<0.05	<0.05
Nov	0.0777	<0.05	1	<0.05	1	0.1398		1

Dic	<0.05	0.5425
------------	-----------------	---------------

Anexo 3. Tabla de contingencia de los resultados de la comparación intermensual de la prueba de Dunn para el índice gonadosomático para sexos combinados, hembras y machos. Las X de color rojo representan valores de $p < 0.05$, es decir, diferencias significativas.

Combinados								Hembras								Machos							
Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Nov	Dic
Mar							X	Mar								Mar							
May								May								May							
Jun							X	Jun							X	Jun							X
Jul							X	Jul								Jul							
Ago								Ago								Ago							
Oct						X	X	Oct						X		Oct							
Nov	X	X	X	X	X	X		Nov	X		X	X				Nov	X	X		X		X	
Dic		X				X		Dic	X			X				Dic	X					X	

