



Estructura poblacional de la lisa (*Mugil incilis*) y la caracterización de su acceso, uso y control en el municipio de Pueblo Viejo, Magdalena.

David Alexander Huertas Robelto

**Universidad del Rosario
Escuela de Ciencias e Ingeniería
Bogotá D.C, Colombia
2026**

Estructura poblacional de la lisa (*Mugil incilis*) y la caracterización de su acceso, uso y control en el municipio de Pueblo Viejo, Magdalena.

David Alexander Huertas Robelto

Tesis presentada como requisito para obtener el título de:

Magister en Ciencias Naturales

Directora

Msc. María Viviana Granados León

Co-director

PhD. Carlos Humberto Valderrama Ardila

Escuela de Ciencias e Ingeniería

Maestría en Ciencias Naturales

Universidad del Rosario

Bogotá D.C, Colombia

2026

TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	5
Resumen/Abstract.....	7
Introducción.....	9
Metodología.....	13
Área de estudio.....	13
Caracterización de prácticas de acceso, uso y control por parte de los pescadores en el municipio de Pueblo Viejo.....	14
Recolección de información.....	14
Procesamiento y análisis de datos.....	15
Estimación de Estructura Poblacional de <i>Mugil incilis</i>.....	16
Recolección de información.....	16
Parámetros poblacionales.....	17
Indicadores basados en longitud (LBI).....	17
Resultados.....	18
Caracterización de las prácticas comunitarias de acceso, uso y control del recurso hidrobiológico.....	18
Mapa de Actores Clave.....	18
Acceso de <i>M. incilis</i>	20
Uso <i>M. incilis</i>	21
Control de <i>M. incilis</i>	22
Cartografía Social.....	22
Estructura poblacional de <i>Mugil incilis</i>.....	23
Ciclo de Vida <i>Mugil incilis</i>	23
Estadísticos Descriptivos.....	24
Frecuencia de Tallas y factor de Condición (K).....	25
Influencia del arte de pesca y ojo de malla en la estructura de la población.....	27
Zonas de Pesca.....	29
Indicadores Basados en la Longitud (LBI).....	30
Discusión.....	31
Referencias.....	37

INDICE DE FIGURAS

<i>Fig 1. Artes de pesca artesanal utilizadas en la Ciénaga Grande de Santa Marta.</i>	10
<i>Fig 2. Ilustración de Mugil incilis (lisa)</i>	11
<i>Fig 3. Localización del área de estudio y puntos de muestreo.</i>	13
<i>Fig 4. Mapa de actores clave de la CGSM</i>	19
<i>Fig 5. Zonificación participativa de la dinámica espacial de M. incilis en la CGSM.</i>	23
<i>Fig 6. Climatograma de precipitación y temperatura para la CGSM con variación estacional de la captura de M. incilis y Cartografía social del conocimiento ecológico local sobre el ciclo de vida de M. incilis.</i>	24
<i>Fig 7. Análisis comparativo de la estructura poblacional y condición de Mugil incilis.</i>	26
<i>Fig 8. Análisis comparativo de la estructura poblacional y condición de Mugil incilis.</i>	27
<i>Fig 9. Distribución estacional de rasgos morfométricos y factor de condición de Mugil incilis en relación con el Arte de Pesca.</i>	28
<i>Fig 10. Distribución estacional de rasgos morfométricos y factor de condición de Mugil incilis en relación con el Ojo de Malla.</i>	28

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Variables morfométricas y pesqueras registradas</i>	16
<i>Tabla 2. Caracterización cualitativa del programa Nvivo de las prácticas de acceso, uso y control.</i>	20
<i>Tabla 3. Parámetros biológicos y pesqueros en las zonas de mayor representatividad</i>	29
<i>Tabla 4. Estado de los indicadores LBI para los últimos tres años de muestreo (2023–2025).</i>	30

Agradecimientos

Agradezco profundamente a las comunidades de Puebloviejo, Isla del Rosario, Palmira y Tasajera por abrirme las puertas de sus hogares, compartir generosamente su conocimiento y confiar en este proceso de investigación. Este trabajo no habría sido posible sin su experiencia, su tiempo y su disposición para dialogar sobre el presente y el futuro de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

A mis directores, Biviana Granados y Carlos Valderrama, por su orientación constante, la rigurosidad académica y la confianza depositada en este proceso de investigación.

A la Asociación de Pescadores Cría Pez y en particular a Héctor, gracias por el cariño, el apoyo en campo y la voluntad de construir conocimiento colectivo.

A Anuar Ayala, quien me acompañó durante el trabajo de campo y fue un puente para el ingreso a la comunidad. Agradezco su tiempo y dedicación, los cuales enriquecieron el desarrollo de esta investigación. A Martha Romo, gracias por enseñarme con tanto amor sobre su territorio y sus costumbres, por acogerme como parte de su familia y por mostrarme, a través de su ejemplo, el valor de la resiliencia y el progreso.

A Paula Torres, por ser la luz que iluminó todo este proceso. Tu amor por la vida y por esta profesión me permitió comprenderla desde mi propio camino y entregar lo mejor de mí en este trabajo. Agradezco tu compromiso con cada detalle y tu constante impulso por hacer las cosas mejor; sin ti, este proceso no habría sido posible.

A mi familia, por el apoyo constante en cada decisión y en cada momento de incertidumbre. Y, de manera especial, a mi madre, Lida Robelto, por ser mi ejemplo, mi sostén y la fuerza que guía mi camino.

Estructura poblacional de la lisa (*Mugil incilis*) y la caracterización de su acceso, uso y control en el municipio de Pueblviejo, Magdalena.

David Alexander Huertas Robelto^{1*} ¶^ , Carlos Humberto Valderrama Ardila¹ ¶, María Viviana Granados León¹ ¶^

¹Escuela de Ciencias e Ingeniería, Universidad del Rosario, Bogotá D.C, Colombia

*Autor de Correspondencia

davidal.huertas@urosario.edu.co (DAHR)

¶ Estos autores contribuyeron por igual a este trabajo

Miembros del Semillero de Investigación: Socioecología y Pensamiento Sistémico.

Resumen

La pesca en sistemas estuarinos tropicales enfrenta desafíos asociados tanto a la degradación ambiental como a la efectividad de los mecanismos que regulan el acceso, uso y control de los recursos hidrobiológicos. Esta investigación caracterizó la relación entre las prácticas comunitarias de acceso, uso y control del recurso hidrobiológico y la estructura poblacional de la lisa (*Mugil incilis*) en el municipio de Pueblo Viejo, Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Mediante un enfoque socio-ecológico, se integraron herramientas participativas (entrevistas semiestructuradas, cartografía social y mapeo de actores) con el análisis biológico de 2.431 individuos y la evaluación de Indicadores Basados en la Longitud (LBI).

Los resultados evidenciaron variaciones en los rasgos morfométricos asociadas a la estacionalidad hidrológica, donde el peso total fue la única variable con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), registrando valores promedio superiores durante el periodo de alta precipitación (142,07 g) frente al de baja precipitación (107,42 g). No obstante, los indicadores de conservación señalaron un estado crítico del stock, caracterizado por una baja proporción de mega-reproductores ($P_{\text{mega}} = 0,17$) y una captura predominante de individuos inmaduros por debajo de la talla media de madurez ($L_{\text{mat}} = 25$ cm). Este patrón se asoció con configuraciones locales de acceso funcionalmente abierto, uso extendido de artes de pesca de baja selectividad y mecanismos limitados de control del esfuerzo extractivo.

Los hallazgos sugieren que la dinámica de explotación de *M. incilis* en la CGSM está mediada por la interacción entre selectividad tecnológica, presión sobre corredores migratorios y dinámicas de mercado que sostienen el esfuerzo pesquero independientemente de la estructura de tallas disponible. En este contexto, el análisis integrado de los mecanismos de acceso, uso y control emerge como un componente clave para interpretar las trayectorias de explotación de especies de interés comercial y orientar estrategias de manejo basadas en su estructura poblacional.

Abstract

Fisheries in tropical estuarine systems face challenges associated with both environmental degradation and the effectiveness of governance mechanisms regulating access, use, and control of hydrobiological resources. This study characterized the relationship between community-based practices of access, use, and control of fishery resources and the population structure of striped mullet (*Mugil incilis*) in the municipality of Puebloviejo, Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Participatory tools (semi-structured interviews, social cartography, and stakeholder mapping) were integrated with a socio-ecological approach to the biological analysis of 2,431 individuals and LBI assessment.

The results revealed seasonal variation in morphometric traits associated with hydrological dynamics. Total weight was the only variable showing statistically significant differences ($p < 0.05$), with higher mean values during the high-precipitation period (142.07 g) compared to the low-precipitation period (107.42 g). However, conservation indicators indicated a critical stock status, characterized by a low proportion of mega-spawners ($P_{\text{mega}} = 0.17$) and the predominant capture of immature individuals below the mean length at maturity ($L_{\text{mat}} = 25$ cm). This pattern was associated with locally configured, functionally open-access regimes, widespread use of low-selectivity fishing gear, and limited mechanisms for controlling fishing effort.

The findings suggest that the exploitation dynamics of *M. incilis* in the CGSM are mediated by the interaction between technological selectivity, pressure on migratory corridors, and market dynamics that sustain fishing effort regardless of the available size structure. In this context, the integrated analysis of access, use, and control mechanisms emerges as a key component for interpreting the exploitation trajectories of commercially important species and guiding population structure-based management strategies.

Introducción

La pesca es un pilar para la seguridad alimentaria y la estabilidad socioeconómica de las comunidades ribereñas en los trópicos (1–5). Estos sistemas de pequeña escala sostienen la provisión de proteína animal y generan el sustento económico para millones de personas bajo esquemas de economías de subsistencia (6–8). En el Caribe colombiano, la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) destaca como uno de los sistemas estuarinos más productivos, cuya funcionalidad ecológica depende de la conectividad hidrológica entre el río Magdalena y el Mar Caribe (9–11). La variabilidad climática bimodal y los flujos de agua dulce regulan la productividad primaria y la disponibilidad de recursos pesqueros, condicionando la dinámica económica de al menos 14 municipios circundantes (10–12).

Pese a su relevancia como Reserva de la Biosfera y Sitio Ramsar, la CGSM ha experimentado transformaciones antropogénicas estructurales que han comprometido su estado y su productividad (9,11,13–15). La interrupción de la conectividad hídrica tras la construcción de la carretera Ciénaga–Barranquilla (1956–1970) y el desvío de caños para actividades agroindustriales provocaron procesos de hipersalinización, sedimentación y pérdida masiva de cobertura de manglar (16,17). Estas alteraciones biogeoquímicas han impactado la estructura de las comunidades ícticas, exacerbando la vulnerabilidad de especies dependientes del estuario (11,16–19).

En este contexto, el municipio de Pueblo Viejo emerge como un núcleo de aprovechamiento pesquero por su ubicación estratégica sobre la barrera arenosa que separa el complejo lagunar CGSM del mar Caribe (10–12). La actividad pesquera en la CGSM se caracteriza por el uso de técnicas de pesca denominadas como la atarraya (arte de lanzamiento manual) (Fig. 1a), el boliche o chinchorro (red de encierro operada mediante cercamiento activo) (Fig. 1b) y el trasmallo o red agallera (red de enmalle pasivo) (Fig. 1c) (20,21). La selectividad de estos artes se encuentra directamente relacionada con el ojo o diámetro de malla autorizado para su operación, el cual determina la talla de los organismos susceptibles de captura (22).

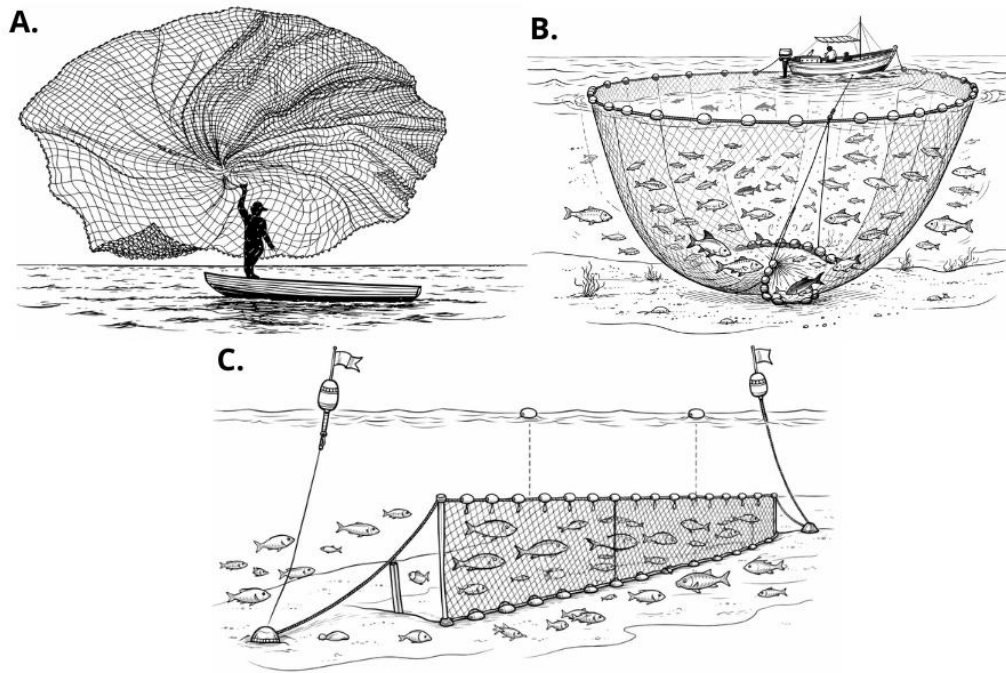


Fig 1. Artes de pesca artesanal utilizadas en la Ciénaga Grande de Santa Marta. **A.** Atarraya, **B.** Boliche o red de cerco y **C.** Trasmallo o red estacionaria.

En Colombia, el acceso, uso y control de los recursos hidrobiológicos se estructura a partir de un régimen jurídico que los define como bienes de dominio público bajo administración estatal (23), de modo que su aprovechamiento no constituye un derecho territorial sino una actividad sujeta a autorización administrativa (Ley 13 de 1990) (23). En este marco, la pesca depende del otorgamiento de permisos que regulan modalidades, artes y zonas de captura, integrándola progresivamente a lógicas de ordenamiento productivo y planificación sectorial (Ley 101 de 1993; Ley 1955 de 2019) (24,25). Adicionalmente, se establecen vedas temporales para el uso de artes y la explotación de algunas especies determinadas, períodos en el cual su operación y comercio quedan restringido (Acuerdo 0024 de 1989, Art. 3; Acuerdo 00005 de 1993, Art. 11) (26,27).

En materia de control, la inspección, vigilancia y potestad sancionatoria sobre el aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos en el país corresponde a la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) (Ley 13 de 1990; Decreto 4181 de 2011) (23,28,29). A nivel regional, las Corporaciones

Autónomas Regionales, como CORPAMAG, ejercen funciones de autoridad ambiental en sistemas cenagosos dentro de su jurisdicción (Ley 99 de 1993) (30), estas funciones pueden ser apoyadas operativamente por la Policía Nacional o la Armada Nacional en actividades de inspección y decomiso en campo (23).

Dentro de este sistema socio-ecológico, la especie *Mugil incilis* (Hancock, 1830) (Fig. 2) (31), comúnmente conocida como lisa, hace parte de la familia de los mugilidos (Mugilidae) y representa uno de los principales recursos pesqueros de la CGSM en términos de volumen de captura y valor económico (11). Esta especie ha sido reportada de manera consistente entre las más representativas de la pesca artesanal desde finales de la década de 2000 (11,32). *Mugil incilis* es una especie bentónica y detritívora, debido a esto desempeña un papel ecológico crítico en la transferencia de energía entre los sedimentos y los niveles tróficos superiores de la CGSM (33–36).

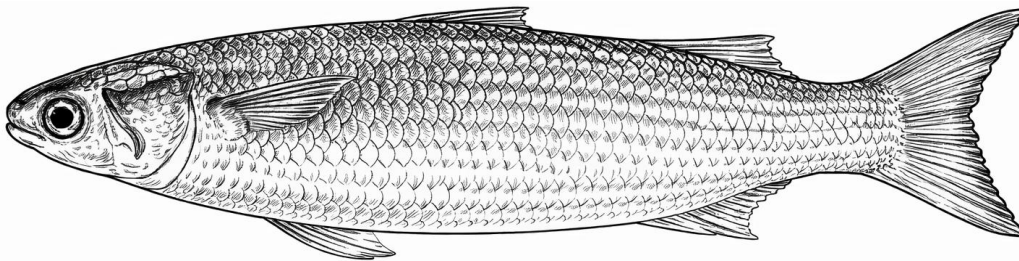


Fig 2. Ilustración de *Mugil incilis* (lisa) utilizada en la pesquería artesanal de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

El ciclo biológico de *M. Incilis* incluye migraciones reproductivas estacionales hacia el ambiente marino en relación con las temporadas de alta y baja precipitación de la región que habitan (31,36), lo que la hace vulnerable a una presión extractiva multizonal (36). No obstante, la especie se encuentra categorizada como Vulnerable (VU) en el Libro Rojo de Peces Marinos de Colombia (18), debido a la degradación de sus áreas de crianza y la reducción persistente en las tallas medias de captura reportadas en las últimas décadas (11,33,35,36). Por otro lado, la evaluación de la sostenibilidad de

especies como *M. incilis* requiere el análisis de su estructura poblacional a través de distribuciones de frecuencia de longitud y factores de condición (33,37–39). Adicionalmente, en escenarios de pesquerías con datos limitados (*data-limited fisheries*) (40–44), el uso de Indicadores Basados en la Longitud (LBI) permite estimar puntos de referencia biológicos para la conservación de la biomasa reproductiva y el rendimiento óptimo (45–47).

Desde la perspectiva de los recursos de uso común, la lisa presenta características de rivalidad y dificultades de exclusión (48,49), de esta forma la relación entre los usuarios (Los pescadores) y las unidades de recurso (*M. Incilis*) pueden ser descritos y analizados bajo la configuración del acceso, uso y control que se le da al recurso hidrobiológico por parte de los pescadores (2,50–52). El acceso refiere a las condiciones que permiten participar en la pesquería (48,49). El uso corresponde a las formas de apropiación del recurso mediante el esfuerzo y las prácticas extractivas (2,50,51). El control alude a los mecanismos de regulación y monitoreo que ordenan la interacción entre usuarios y recurso (49,51).

Si bien la literatura científica sobre la CGSM ha documentado de manera amplia los cambios ecológicos del sistema y las transformaciones de la pesca artesanal (15,21,22,31,33,35,36,50,53–59)., estos estudios han abordado predominantemente las dimensiones biológicas y sociales de forma fragmentada (15,21,22,31,33,35,36,50,53–59). Debido a lo anterior, persiste un vacío de conocimiento en la integración sistémica de la estructura biológica de especies clave con las prácticas comunitarias de comunitarias de acceso, uso y control que regulan su aprovechamiento en la CGSM (2,60,61).

En este marco, la presente investigación se orienta a describir la estructura poblacional de *Mugil incilis* durante las temporadas de alta y baja precipitación en la CGSM y caracterizar las prácticas comunitarias de acceso, uso y control del recurso hidrobiológico en Puebloviejo. Bajo este enfoque socio-ecológico, se plantea como hipótesis que las prácticas de acceso, uso y control ejercidas por los pescadores influyen sobre la estructura poblacional de la especie, modulando los patrones de distribución de tallas y el estado biológico del stock capturado. Mediante la integración de información

social derivada de herramientas participativas y datos biológicos basados en variables morfológicas, distribución de tallas e indicadores de longitud (LBI).

Metodología

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el municipio de Puebloviejo, localizado en el departamento del Magdalena, Colombia, sobre la barrera arenosa que delimita el sector norte de la CGSM y el mar Caribe ($10^{\circ}40' - 11^{\circ}00' \text{ N}$ y $74^{\circ}15' - 74^{\circ}38' \text{ O}$) (Fig 3). El régimen climático del área es bimodal, definido por un periodo de baja precipitación entre los meses de diciembre y abril, y un periodo de alta precipitación entre agosto y noviembre, con promedios máximos de precipitación registrados hacia el mes de octubre (9,11). Estas condiciones modulan la dinámica hídrica del sistema, regulada por el intercambio de agua dulce proveniente del río Magdalena y los ríos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta con el agua salada proveniente del Mar Caribe (10,11).

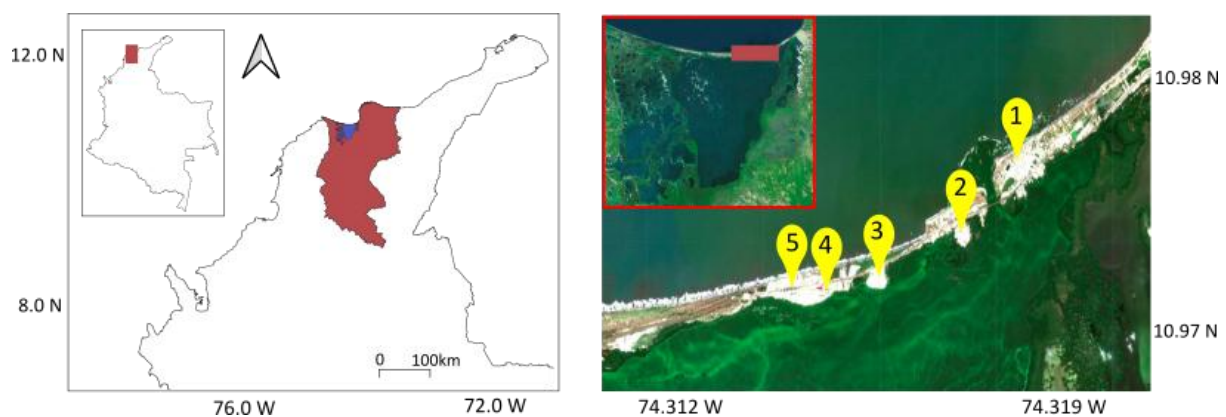


Fig 3. Localización del área de estudio y sus sectores principales (1). Cabecera Municipal de Puebloviejo, (2). Isla del Rosario (3). Palmira (4). Tasajera (5). Mercado de la Ciénaga Grande.

El ordenamiento territorial de Puebloviejo se estructura de manera diferencial en núcleos poblacionales que comprenden la cabecera municipal y los sectores de Tasajera, Palmira e Isla del Rosario, además de asentamientos rurales como Trojas de Cataca y Palos Prietos (12) Socioeconómicamente, el municipio presenta condiciones de alta vulnerabilidad; según datos del

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el 66% de la población en Pueblo Viejo vive con sus Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) (62). Por otro lado, en 2013 se inauguró el Mercado de la Ciénaga Grande, ubicado en Tasajera, el cual se consolidó como el principal centro de acopio y comercialización de las capturas pesqueras de la región (Fig. 3; Punto 5).

Caracterización de prácticas de acceso, uso y control por parte de los pescadores en el municipio de Pueblo Viejo.

El aprovechamiento de las pesquerías artesanales se abordó bajo el enfoque de Recursos de Uso Común (RUC), definidos por su alta rivalidad y la dificultad de exclusión (50,51,63) En estos sistemas, la sostenibilidad depende de arreglos institucionales y prácticas de gestión colectiva que regulan la interacción entre los usuarios y el recurso (2,50,51,64).

Para el análisis de la relación entre *Mugil incilis* como recurso de uso común y los pescadores como usuarios del recurso en Pueblo Viejo, se emplearon tres dimensiones identificadas: En primer lugar, el acceso se refiere a las condiciones y requisitos de entrada al sistema, incluyendo el régimen de ingreso al área de pesca, la delimitación espacial reconocida entre pescadores y el tipo de arte y ojo de malla utilizado (48,49); en segundo lugar, el uso comprende el esfuerzo pesquero, la extracción de tejido reproductivo y el destino o canal de comercialización de la producción (2,50,51); y, por último, el control corresponde a los mecanismos formales e informales de regulación, monitoreo y sanción del esfuerzo pesquero (49,51)

Recolección de información

Se aplicó el mapeo de actores como herramienta de diagnóstico participativo a través de cinco talleres (Anexo 1), en los cuales participaron un total de 15 informantes pertenecientes a los sectores de Tasajera, Pueblo Viejo, Palmira e Isla del Rosario. Durante las sesiones, los participantes identificaron las entidades y grupos sociales vinculados al sistema pesquero y cuantificaron la intensidad de las relaciones conflicto mediante una escala de Likert (1 a 5) de Muy bajo a Muy Alto (65). El

procesamiento de la información se realizó mediante matrices de adyacencia, permitiendo la construcción del diagrama de red de actores y sus niveles de interacción.

Igualmente se realizaron 39 entrevistas semiestructuradas dirigidas a pescadores y líderes de asociaciones de pescadores pertenecientes a los sectores de Tasajera, Puebloviejo, Palmira e Isla del Rosario. Las entrevistas semiestructuradas se enfocaron en el análisis de las percepciones sobre el acceso, uso y control de *M. Incilis* por parte de los pescadores de Puebloviejo (Anexo 2). Para realizar los talleres y entrevistas se llevó a cabo una invitación abierta mediante líderes y asociaciones.

Finalmente, se aplicó la cartografía social como una herramienta de desarrollo participativo para el levantamiento de información espacial (66). Se ejecutaron 12 talleres con pescadores pertenecientes a los sectores de Tasajera, Puebloviejo, Palmira e Isla del Rosario, en los cuales participaron grupos de tres pescadores por sesión, 36 informantes en total. Los participantes delimitaron sobre mapas base de la CGSM las áreas de reproducción, crianza, alimentación y rutas migratorias de *M. incilis*. La integración de los resultados se realizó mediante la técnica de superposición de capas, consolidando los datos individuales en un mapa de consenso sobre la dinámica espacial de la especie.

Procesamiento y análisis de datos

Todas las actividades contaron con consentimiento informado y fueron registradas en audio para su posterior transcripción. El corpus textual se analizó mediante el software NVivo 15 (<https://nvivo.de/en/nvivo-ai/>), empleando una estrategia de codificación mixta, de carácter deductivo–inductivo. Las categorías primarias se derivaron del marco teórico (acceso, uso y control), mientras que las subcategorías emergieron a partir del análisis sistemático de las entrevistas y talleres participativos. Cada entrevista fue identificada mediante un código alfanumérico compuesto por la letra “E” seguida de un número consecutivo (por ejemplo, E34), utilizado en el texto para referenciar los testimonios y garantizar la confidencialidad de los participantes.

Estimación de Estructura Poblacional de *Mugil incilis*.

Recolección de información

Para cumplir el objetivo de caracterizar la estructura poblacional de *M. incilis*, se realizaron muestreos en el Mercado de Tasajera (Fig. 3; Punto 1), principal punto de desembarque de la pesquería en Puebloviejo. Se analizaron los individuos capturados por los pescadores en 13 zonas de pesca tradicionales durante dos periodos representativos: marzo–abril de 2024 (baja precipitación) y octubre–noviembre de 2024 (alta precipitación). Los meses seleccionados corresponden a periodos tradicionalmente reconocidos por pescadores como momentos de alta actividad de captura de la especie.

Para cada individuo se registraron longitud estándar, altura corporal máxima y peso total, además de arte de pesca, ojo de malla, zona de captura y fecha de desembarque (Tabla 1). Las mediciones de longitud se realizaron a partir de registros fotográficos calibrados mediante ictiómetro y procesados con el software *ImageJ* (67)

Tabla 1. Variables morfométricas y pesqueras registradas

Variable	Definición	Unidad	Método
Longitud estándar	Distancia entre hocico y base caudal	cm	Medición fotográfica calibrada
Altura corporal máxima	Distancia vertical máxima del cuerpo	cm	Medición fotográfica calibrada
Peso total	Masa corporal total	g	Balanza digital
Arte de pesca	Método empleado en captura	Categoría	Declaración del pescador
Ojo de malla	Abertura de red empleada	pulgadas	Declaración del pescador
Zona de captura	Sector de pesca	Categoría	Declaración del pescador

Para la caracterización climática del área de estudio se elaboró un climatograma a partir de los registros de precipitación y temperatura media mensual correspondientes a la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Los datos fueron obtenidos a partir de las bases de datos públicas del INVEMAR, a partir de estas, se consultaron los valores mensuales de precipitación (mm) y temperatura media (°C) para la zona de estudio. Posteriormente, se calcularon los promedios mensuales para cada variable utilizando los registros correspondientes a los últimos diez años disponibles. Con estos valores promedio se construyó el climatograma, representando la precipitación mensual acumulada y la

temperatura media mensual, con el fin de describir el comportamiento estacional del clima en el sistema lagunar (Fig 6).

Parámetros poblacionales

La estructura poblacional se describió mediante distribuciones de frecuencia de tallas con intervalos de 1 cm, permitiendo caracterizar la variabilidad de la muestra y las tallas dominantes en la captura. La proporción de individuos juveniles y adultos se determinó utilizando como punto de referencia la longitud media de primera madurez sexual (L_{mat}) reportada para la especie (25 cm) (11,33,34), el estado corporal relativo se estimó mediante el factor de condición de Fulton (K), calculado como $K = (PT / LT^3) * 100$, donde PT corresponde al peso total (g) y LT a la longitud total (cm) (33,38,39). Este índice refleja el bienestar fisiológico y el grado de robustez de los ejemplares, asumiendo que individuos de mayor peso a una talla determinada poseen mejores reservas energéticas y una inversión óptima en el desarrollo de biomasa (33,38,39).

Las diferencias en la estructura de tallas, peso y factor de condición entre temporadas climáticas, artes de pesca, ojos de malla y zonas de captura fueron evaluadas mediante el test de normalidad Shapiro–Wilk y pruebas estadísticas no paramétricas, empleando el test de Kruskal–Wallis seguido de la prueba de Mann–Whitney con el método de corrección de Holm como análisis post-hoc.

Indicadores basados en longitud (LBI)

El análisis de los indicadores basados en longitud de *M. incilis* se determinó mediante el marco de Indicadores Basados en la Talla (LBI) propuesto por Froese en 2004 (45). Se analizó la serie histórica de frecuencias de longitud total (LT) proveniente del sistema SEPEIN–INVEMAR para el punto de desembarque de Tasajera durante el periodo 1999–2025 (68). El cálculo de estos indicadores se realizó en el software R utilizando el paquete *reshape2* (69) y la función *lb_ind* publicada por El Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES) (fuente: "https://raw.githubusercontent.com/ices-tools-dev/LBIndicator_shiny/master/utilities.R"). Empleando como parámetros biológicos de entrada una longitud de madurez (L_{mat}) de 25 cm y la máxima longitud total reportada (L_{inf}) de 40 cm (11,34).

El estado de la biomasa reproductiva se cuantificó mediante los índices de protección que relacionan la longitud de primera captura (L_c) y la longitud promedio al 25% de la distribución ($L_{25\%}$) con la talla media de madurez sexual (L_{mat}). Estos indicadores (L_c / L_{mat} y $L_{25\%} / L_{mat}$) deben ser superiores a 1,0 para garantizar la exclusión de ejemplares inmaduros. La persistencia de individuos de gran talla se evaluó a través de la proporción de mega-reproductores (P_{mega} , referencia $> 0,3$), la longitud infinita (L_{inf}) y la relación con la longitud máxima del 5% superior de la muestra ($L_{max5\%} / L_{inf}$, referencia $> 0,8$) (42,47).

La optimización del rendimiento se estimó comparando la longitud media de captura (L_{mean}) y la talla de máxima biomasa (L_{maxy}) frente a la longitud óptima (L_{opt}), donde se busca una convergencia cercana a la unidad ($L_{mean} / L_{opt} \approx 1$). Finalmente, la sostenibilidad se analizó mediante la proporción de mortalidad $L_{mean} / LF=M$ (referencia $\geq 1,0$), donde $LF=M$ representa la longitud media esperada en un escenario donde la mortalidad por pesca es igual a la mortalidad natural (47). Este valor permite estimar el estado del stock respecto al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS). Los resultados se integraron en un sistema de diagnóstico visual de semáforo para categorizar el cumplimiento de los puntos de referencia en niveles óptimo (verde), precaución (amarillo) y crítico (rojo).

Resultados

Caracterización de las prácticas comunitarias de acceso, uso y control del recurso hidrobiológico.

Mapa de Actores Clave

El mapa de actores clave (Fig 4) registró una red de interacciones donde los Pescadores Artesanales se posicionaron como el nodo central con la mayor frecuencia de menciones (35 menciones). Este nodo presentó los vínculos de mayor intensidad con los Intermediarios (21 referencias) y los Comerciantes Locales (10 referencias). Los testimonios describieron la dinámica de estos vínculos comerciales: *“Nosotros le vendemos es al comprador de aquí del pueblo, él es el que nos da el hielo y nos compra la lisa de una vez para llevarla a Barranquilla o Santa Marta”* (E16).

En contraste, las instituciones de carácter regulador registraron frecuencias de mención menores en el discurso. La AUNAP obtuvo un total de 15 menciones y Parques Nacionales Naturales (PNN) registró 18 (Fig. 4) Un pescador experimentado mencionó que: “A la AUNAP uno la ve por ahí de vez en cuando, pero no es que estén aquí con el pescador todos los días controlando” (E25). Por último, se registraron menciones sobre las Asociaciones de Pescadores (19 referencias), donde los registros indicaron: “Uno está en la asociación para ver si llega algún proyecto del gobierno, pero para pescar cada quien sale por su cuenta” (E38).

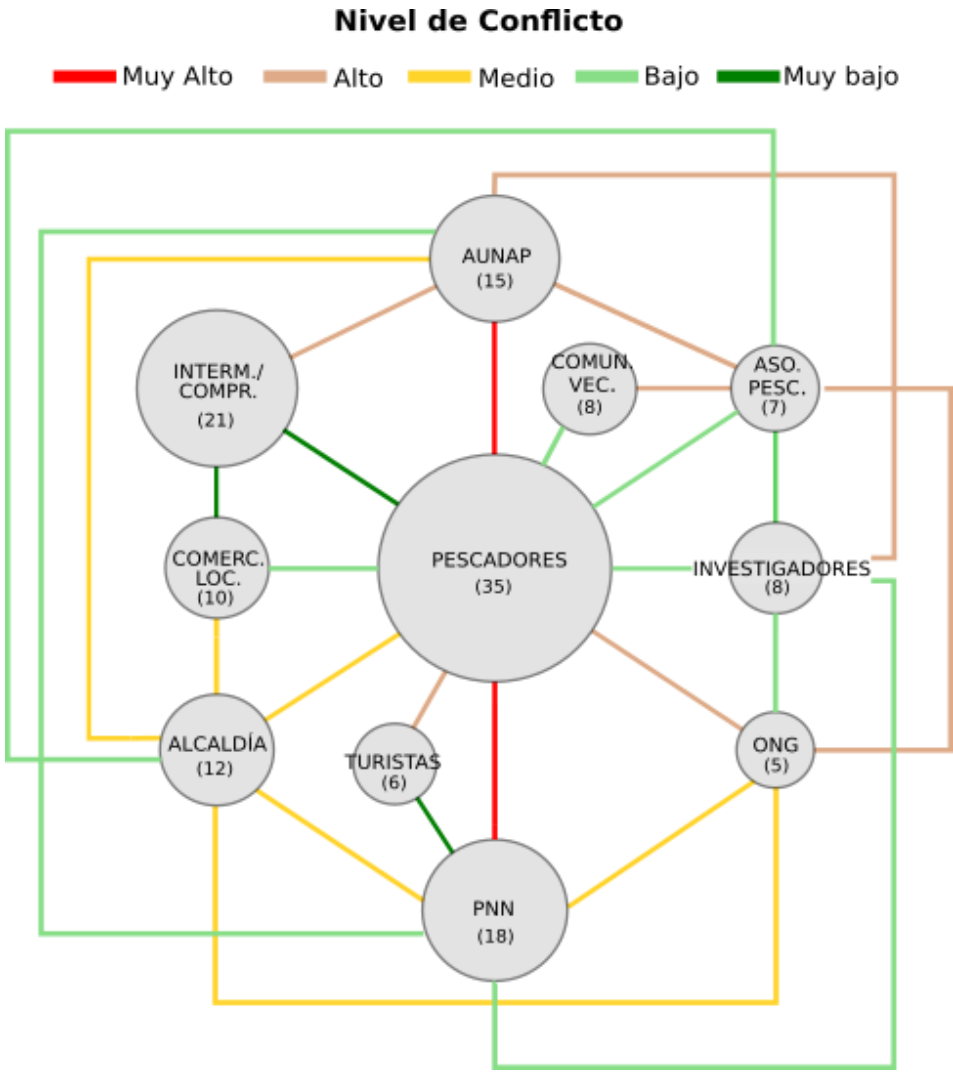


Fig 4. Mapa de actores clave de la CGSM a partir del conocimiento tradicional de los pescadores. Los valores que acompañan los nombres de los actores clave corresponden al valor total de menciones realizadas durante el taller.

Acceso de *M. incilis*

Para el acceso, el 37,6% de las referencias describieron escenarios de entrada libre al recurso (Tabla 2). Los testimonios señalaron que cualquier persona, sea local o foránea, pudo ingresar a la actividad sin restricciones formales: *“Aquí puede pescar cualquiera, el de aquí y el que viene de afuera, no hay nadie que le diga que no”* (E12). No obstante, el 24,7% de los registros indicaron que existe un acuerdo informal donde se respetan zonas por tradición, como las zonas de pesca.

Tabla 2. Caracterización cualitativa de las prácticas de acceso, uso y control.

Categoría Principal	Subcategoría Destacada	Frecuencia (n)	% Relativo	Definición
ACCESO (11,5%)	Acceso abierto	32	37,6	Ingreso sin restricción formal al área de pesca.
	Territorialidad informal	21	24,7	Delimitación espacial reconocida entre pescadores sin respaldo legal.
	Limitación tecnológica	18	21,2	Acceso limitado por falta de motor/bote.
	Artes de pesca y ojos de malla	126	27,2	Tipo de arte y ojo de malla empleado en la captura.
	Intensificación esfuerzo	98	21,2	Incremento de faenas por baja captura.
USO (62,5%)	Destino del Comercio	42	9	Canal de comercialización del producto capturado.
	Captura de Juveniles	64	13,8	Captura de individuos por debajo de Lmat (< 25 cm).
	Comercio de Gónadas	27	5	Extracción y venta de tejido reproductivo.
CONTROL (26,0%)	Ausencia de autoridad	67	34,7	Debilidad de vigilancia en zona de pesca.
	Normas informales	31	16,1	Regulación basada en acuerdos locales.
	Falta de sanción	15	7,8	Ineficacia de los correctivos legales.

El 21,2% de los entrevistados relacionaron el acceso con el recurso tecnológico (Tabla 2), señalando que la falta de motor y embarcación propia limitó el alcance geográfico de la faena. Un pescador detalló esta limitación: *“El que no tiene motor se queda en la orilla, a remo no se llega a donde está el pescado bueno”* (E23). Además, se registraron menciones sobre el costo de los insumos como barrera de entrada: *“Para salir a pescar hay que tener para la gasolina y el hielo, si no hay para eso, no se sale”* (E31).

La subcategoría de artes de pesca y ojos de malla (27,2%) registró descripciones sobre el uso de trasmallos, atarrayas y boliches con ojos de malla reducidos (Tabla 2). El 13,8% de las referencias

correspondieron al reconocimiento de la captura de juveniles y ejemplares bajo la talla mínima. Los pescadores relataron una transformación en la composición de las capturas: *“Antes uno cogía puras lisas grandes, ahora lo que sale es menudencia, pura lisa chiquitica que no ha crecido”* (E01). Otro testimonio añadió: *“El boliche y el trasmallo fino no dejan pasar nada, se llevan hasta el alevino”* (E15).

La intensificación del esfuerzo (21,2%) se manifestó en el aumento de las horas de trabajo y la frecuencia de las salidas (Tabla 2). Los registros indicaron que para obtener volúmenes similares a los de años anteriores, se requirió de mayor tiempo en el agua: *“Antes en tres horas hacíamos la faena, ahora pasamos el día entero y a veces venimos con la canoa limpia”* (E19). También se mencionó el uso de métodos no convencionales como el "zangarreo" o golpear el agua para conducir al pez hacia las redes (E05).

Uso de *M. incilis*

Los pescadores entrevistados describieron que el uso de *M. incilis* se realizó principalmente mediante su comercialización directa en el Mercado de la Ciénaga Grande en Tasajera. Señalaron que, tras el desembarque, el producto fue vendido en fresco el mismo día de captura. Los participantes relataron que al mercado acudieron intermediarios y comerciantes provenientes de los municipios de Ciénaga, Santa Marta y Barranquilla, quienes compraron el pescado para su posterior comercialización. Un entrevistado expresó que *“vienen compradores de Santa Marta y Barranquilla a llevar pescado”* (E12), mientras otro afirmó que *“el pescado sale para Ciénaga y para otros lados”* (E09).

Asimismo, los entrevistados describieron que la lisa de menor talla fue vendida en algunos casos para la alimentación en sistemas acuícolas de sábalo (*Megalops atlanticus*). Un participante manifestó que *“la lisa pequeña se vende para alimentar el sábalo”* (E15). Durante la temporada de alta precipitación, algunos entrevistados mencionaron la separación y comercialización específica de las gónadas en estado avanzado de madurez. Un pescador indicó que *“cuando viene con hueva se vende aparte porque la buscan para cocinar”* (E21).

Control de *M. incilis*

Respecto al control de la especie, la ausencia de autoridad institucional (34,7%) fue la subcategoría con mayor registro (Tabla 2). Los pescadores describieron una falta de vigilancia en las zonas de pesca: *“Aquí el gobierno no asoma, la autoridad no se ve en el agua controlando el tamaño de la malla ni nada”* (E10). El 7,8% de las menciones se refirieron a la falta de sanción, señalando que el incumplimiento de las normas no generó consecuencias: *“El que tira veneno o usa el ojo de malla chiquito lo sigue haciendo porque sabe que no le va a pasar nada”* (E28).

En cuanto a las normas informales (16,1%) (Tabla 2), se registraron acuerdos de palabra entre pescadores para no "montarse" sobre el lance del otro y respetar los turnos en zonas específicas. Sin embargo, los testimonios indicaron que estos acuerdos se han debilitado: *“Antes se respetaba la palabra del pescador viejo, ahora el joven llega y tira la red donde le da la gana sin pedir permiso”* (E07). Finalmente, el 37,6% de los entrevistados afirmaron desconocer la existencia de temporadas de veda o regulaciones oficiales sobre la talla mínima de la lisa (E34).

Cartografía Social

De acuerdo con la cartografía social (Fig. 5), los triángulos amarillos identifican las áreas señaladas como zonas de alimentación y crecimiento juvenil, las cuales se distribuyen principalmente en sectores periféricos del complejo lagunar y en áreas con influencia estuarina. Por su parte, los rombos purpura corresponden a las zonas de reproducción y desove localizadas en el sector marino adyacente al sistema. Adicionalmente, la línea negra representa la trayectoria reportada de salida de los ejemplares desde el interior de la ciénaga hacia el mar, mientras que la línea roja indica la ruta de ingreso al sistema lagunar durante el periodo de migración reproductiva. Ambas rutas convergen en el sector de la Boca de la Barra (Zona 1), señalado en el mapa como punto de conexión entre el sistema lagunar y el ambiente marino.

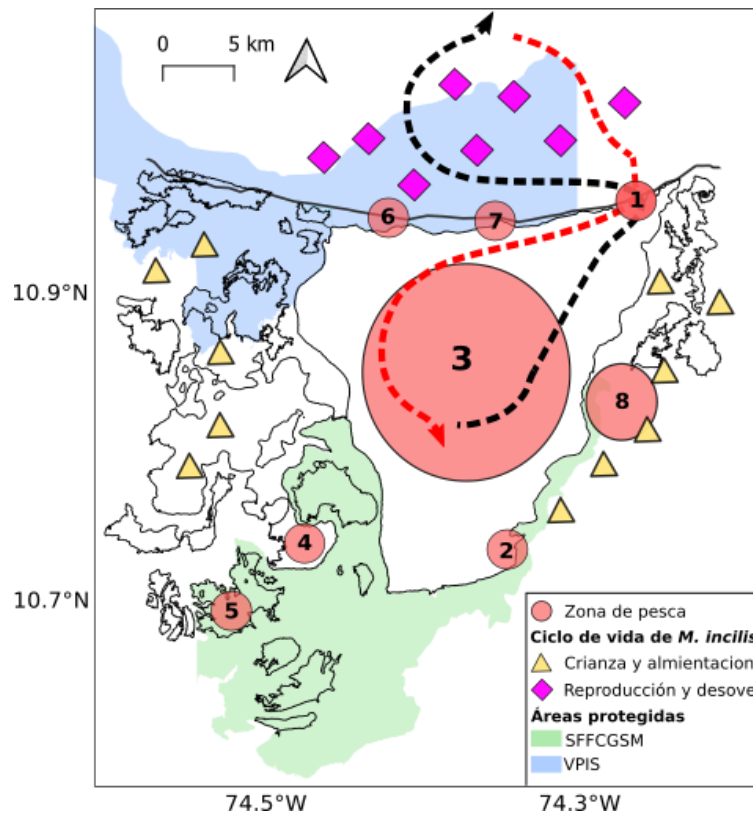


Fig 5. Zonificación participativa de la dinámica espacial de *M. incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Los puntos numerados identifican las áreas de pesca estratégicas: 1) La Barra, 2) Palenque, 3) CGSM central, 4) Complejo Pajalar, 5) Complejo Aguja, 6) Km 23, 7) Tasajera y 8) Boca de Río Frío. El polígono resaltado en verde representa el área protegida del santuario de fauna y flora de Ciénaga Grande de Santa Marta y el polígono azul representa el área protegida Vía Parque Isla Salamanca.

Estructura poblacional de *Mugil incilis*.

Ciclo de Vida *Mugil incilis*

El climatograma mostró la variación mensual de la precipitación y temperatura en la CGSM, diferenciando los periodos de baja y alta precipitación, junto con la estructura de tallas registrada en desembarques comerciales del Mercado de Tasajera (Fig. 6). Durante la fase de baja precipitación se analizaron un total de 816 individuos provenientes de 42 embarcaciones. En contraste, durante la fase de alta precipitación se observó un incremento en la captura de individuos, registrándose 1618 provenientes de 29 embarcaciones (Fig 6).

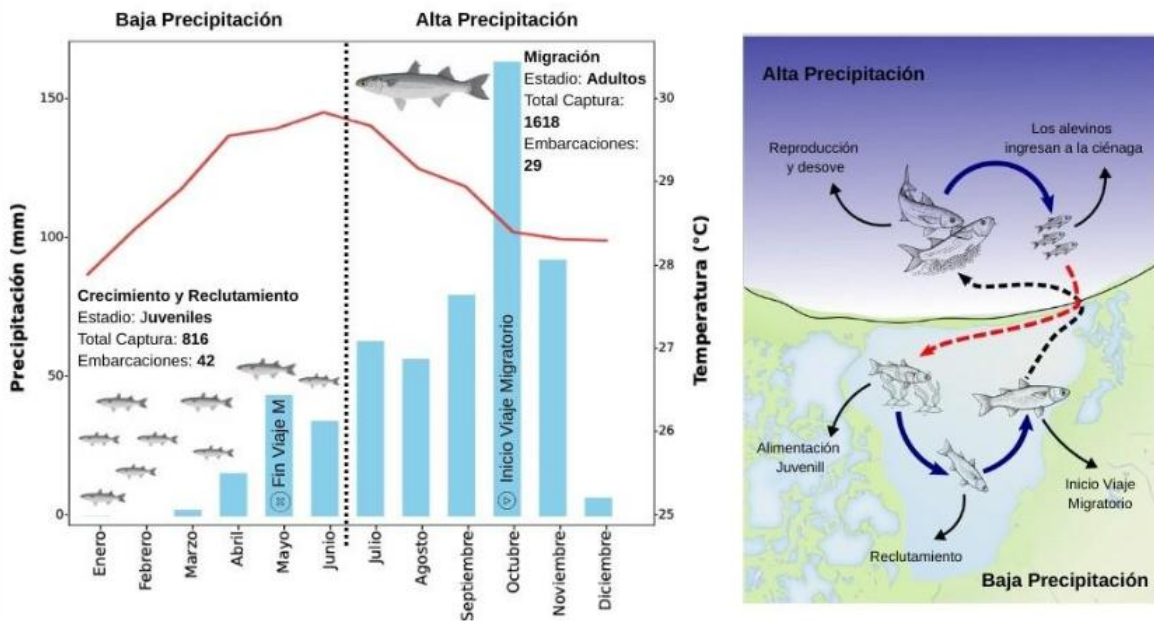


Fig 6. Climatograma de precipitación y temperatura para la CGSM con variación estacional de la captura de *M. incilis* y Cartografía social del conocimiento ecológico local sobre el ciclo de vida de *M. incilis*. La línea roja del Climatograma indica la variación de temperatura a lo largo del tiempo.

Junto al climatograma se presenta una ilustración de consenso construida a partir de los talleres participativos, en la cual se identifican zonas internas del sistema lagunar asociadas a procesos de alimentación y crecimiento juvenil durante los periodos de baja precipitación. Asimismo, se señalan sectores de transición próximos a la Barra como rutas de desplazamiento hacia el mar Caribe al inicio de la migración reproductiva. Durante los periodos de alta precipitación, se representa el reingreso de alevinos al sistema lagunar.

Estadísticos Descriptivos

La longitud total promedio de los individuos capturados de *M. incilis* fue de $24,70 \pm 2,67$ cm (mín: 7,27 cm; máx: 40,86 cm), con una altura corporal promedio de $4,54 \pm 0,66$ cm. El peso total promedio se registró en $130,49 \pm 47,27$ g, con valores mínimos de 2 g y máximos de 721 g. Por su parte, el factor de condición mostró un valor medio de $0,86 \pm 0,21$, con un rango entre 0,22 y 1,96. Las pruebas de normalidad de Shapiro–Wilk indicaron desviaciones significativas de la distribución normal para todas las variables ($p < 0,001$).

Al discriminar los datos por temporada climática, se registraron variaciones en los estadísticos descriptivos entre los periodos de alta y baja precipitación. Durante la temporada de alta precipitación (n = 1618), la longitud total promedio fue de $25,05 \pm 2,07$ cm, mientras que en la temporada de baja precipitación (n = 813) fue de $23,99 \pm 3,48$ cm. La altura corporal presentó valores de $4,75 \pm 0,57$ cm en la temporada lluviosa frente a $4,12 \pm 0,63$ cm en la seca. El factor de condición registró un valor medio de $0,90 \pm 0,18$ en alta precipitación y $0,78 \pm 0,24$ en baja precipitación.

El análisis estadístico comparativo mediante la prueba de Mann-Whitney determinó que el peso total fue la única variable que presentó diferencias significativas entre temporadas ($p < 0,05$), con un promedio de $142,07 \pm 47,17$ g en alta precipitación frente a $107,42 \pm 38,17$ g en baja precipitación. Para las variables de longitud total, altura corporal y factor de condición, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los periodos climáticos.

Frecuencia de Tallas y factor de Condición (K)

La población general exhibió un rango de longitud total (LT) entre 5 y 42 cm, con una estructura unimodal centrada en el intervalo de 20 a 30 cm (Fig. 7A). En relación con la talla media de madurez sexual ($L_{mat} = 25$ cm), se observó que la proporción de individuos adultos ($> L_{mat}$) fue superior durante el periodo de alta precipitación. Por el contrario, en el periodo de baja precipitación se registró una mayor prevalencia de organismos inmaduros ($< L_{mat}$) (Fig. 7A).

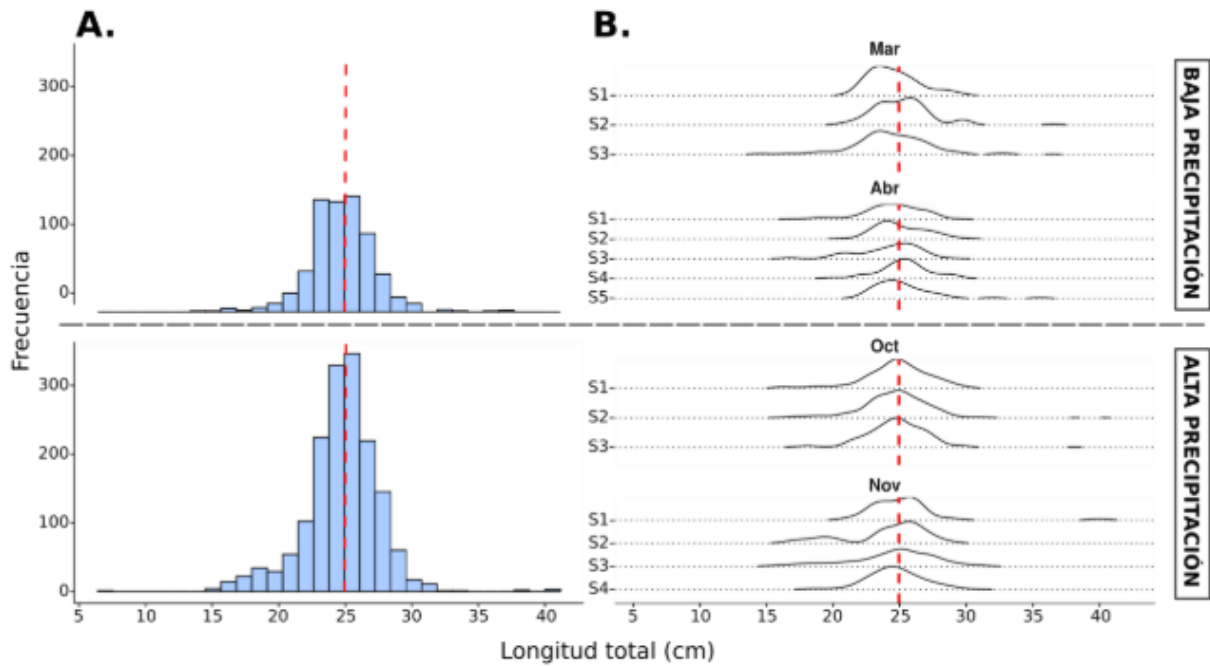


Fig 7. Análisis comparativo de la estructura poblacional y condición de *Mugil incilis*. (A) Distribución de frecuencias de longitud total (LT). (B) Densidades de Kernel semanales; la línea roja punteada representa la talla media de madurez ($L_{mat} = 25$ cm).

El análisis de la distribución de densidad por semanas (Fig 7B) evidenció fluctuaciones temporales en la estructura de tallas. Durante el periodo de baja precipitación (marzo-abril), las distribuciones semanales presentaron una mayor amplitud y carácter multimodal; específicamente en las semanas S2 y S3 de marzo, se identificaron modas secundarias en el intervalo de 15 a 20 cm. Por el contrario, durante el periodo de alta precipitación (octubre-noviembre), las curvas de densidad mostraron una configuración unimodal en la mayoría de las semanas (S1-S4), con el máximo de densidad coincidiendo con la ($L_{mat} = 25$ cm).

En cuanto a la biomasa, los organismos presentaron pesos individuales entre 5 y 700 g (Fig. 8C). La distribución de frecuencias de peso mostró mayor acumulación de individuos en el intervalo de 100 a 150 g ($n = 298$ en la temporada de alta precipitación y $n = 148$ en la temporada de baja precipitación; Fig. 8C). Por último, el análisis del Factor de Condición (K) indicó variaciones en el estado fisiológico de la población (Fig. 8D). En el periodo de baja precipitación, la distribución de (K) presentó una media

situada en el intervalo de 0,8 a 0,9 mientras que, durante la alta precipitación, la distribución se desplazó hacia el valor de referencia unitario ($K = 1,0$), con un incremento en la frecuencia de individuos que alcanzaron o superaron dicho umbral.

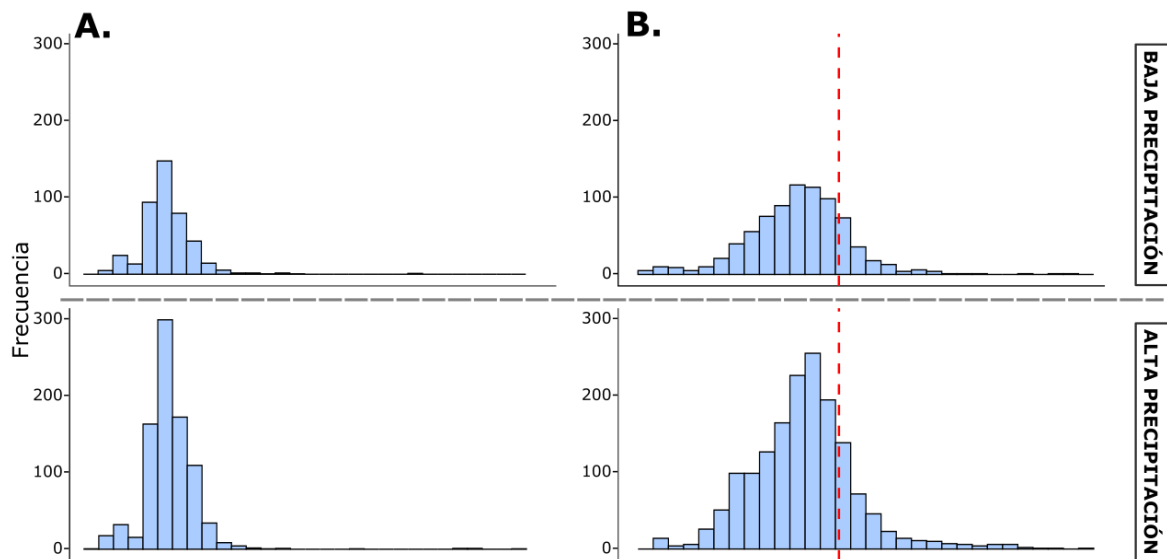


Fig 8. Análisis comparativo de la estructura poblacional y condición de *Mugil incilis*. (A) Histogramas de frecuencia de peso total (g). (B) Distribución del Factor de Condición (K); la línea roja punteada indica el valor de referencia ($K = 1,0$).

Influencia del arte de pesca y ojo de malla en la estructura de la población

El análisis mediante la prueba de Kruskal-Wallis demostró que el arte de pesca influye significativamente en la longitud total (chi-cuadrado = 20,19, $p < 0,001$), el peso (chi-cuadrado = 68,87, $p < 0,001$) y el factor de condición K (chi-cuadrado = 37,35, $p < 0,001$) (Fig 9). El boliche y el trasmallo capturaron los ejemplares de mayor tamaño y biomasa, con una clara dominancia de individuos maduros (Fig. 9A; Fig. 9B). Las pruebas post-hoc confirmaron que la atarraya captura organismos significativamente más pequeños que el boliche ($p = 0,03$) y el trasmallo ($p = 0,02$) (Fig 9A). La pesca incidental registró los valores más bajos de peso y condición, asociada casi exclusivamente a individuos inmaduros (Fig 9).

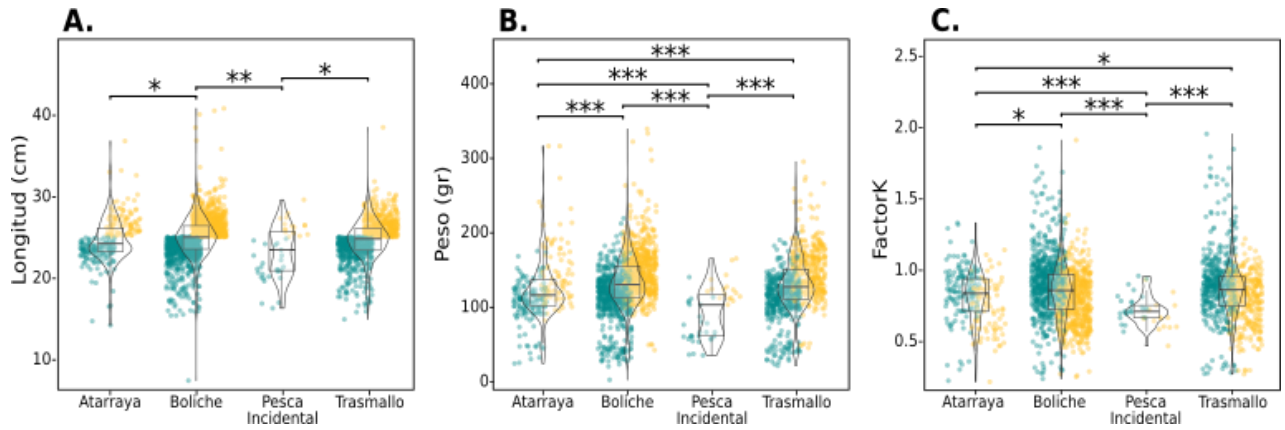


Fig 9. Distribución estacional de rasgos morfométricos y factor de condición de *Mugil incilis* en relación con el Arte de Pesca. Los gráficos representan la distribución de la (A) Longitud total (cm), (B) Peso total (g) y (C) Factor de condición durante las temporadas de alta precipitación (puntos verdes) y baja precipitación (puntos amarillos).

Finalmente, el ojo de malla ejerció un efecto determinante en todas las variables ($p < 0,001$) (Fig. 10). Los ojos de malla de 2" (5,08 cm) y 2.5" (6,35 cm) capturaron individuos con tallas y pesos significativamente superiores a la malla de 1" (2,54 cm) ($p < 0,001$) (Fig. 10A). El uso de la malla de 1" resultó en una captura compuesta mayoritariamente por juveniles por debajo de la ($L_{mat} = 25$ cm) y con un factor de condición K significativamente menor al valor de referencia ($K = 1$) (Fig. 10C).

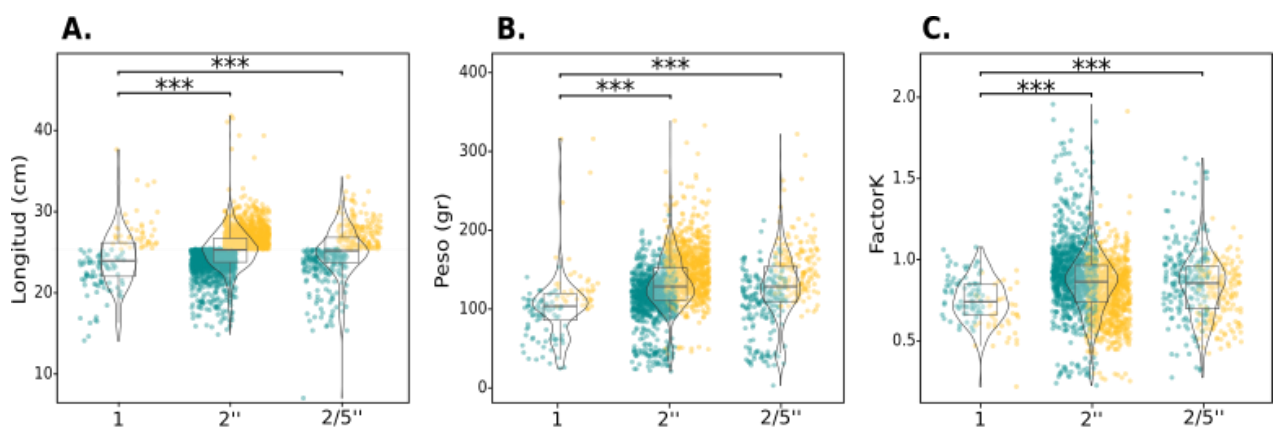


Fig 10. Distribución estacional de rasgos morfométricos y factor de condición de *Mugil incilis* en relación con el Ojo de Malla. Los gráficos representan la distribución de la (A) Longitud total (cm), (B)

Peso total (g) y (C) Factor de condición, durante las temporadas de alta precipitación (puntos verdes) y baja precipitación (puntos amarillos).

Zonas de Pesca

El análisis por zonas de pesca reveló que los pescadores declararon usar 13 diferentes zonas de pesca caracterizadas por una distribución heterogénea de la abundancia y biomasa (Tabla 3; Fig 5; Anexo 4). Las zonas de Palenque, La Barra y CGSM se identificaron como las áreas de mayor importancia comercial, concentrando los mayores volúmenes de captura y biomasa, particularmente durante el periodo de alta precipitación.

Tabla 3. Parámetros biológicos y pesqueros en las zonas de mayor representatividad.

Zona de Pesca	N (Baja)	N (Alta)	LT promedio (Baja)	LT promedio (Alta)	Biomasa Total (Baja)	Biomasa Total (Alta)	Factor K (Baja)	Factor K (Alta)
La Barra	80	425	24.18	24.52	9,09 g	54,87 g	0,7863	0,8800
Palenque	76	394	25.02	25.05	10,82 g	54,59 g	0,9112	0,8666
CGSM	78	343	24.28	24.85	8,68 g	45,47 g	0,7688	0,8601
C. Pajara	33	425	25.00	24.30	4,55 g	32,84 g	0,8645	0,7986
C. Aguja	12	167	22.77	23.84	1,13 g	20,57 g	0,7536	0,8103
Km 23	26	103	24.42	24.71	3,11 g	13,76 g	0,8699	0,8787
Tasajera	18	76	24.94	24.63	2,59 g	10,39 g	0,8989	0,9151
B. Río Frío	22	—	24.23	—	2,45 g	—	0,7765	—

En términos de estructura de tallas, la mayoría de las localidades mantuvieron promedios cercanos a la Lmat (25 cm). No obstante, se observaron variaciones locales importantes; por ejemplo, en Ciénaga la Aguja se registraron los promedios de longitud más bajos durante el periodo de baja precipitación (22,77 cm) (Tabla 3). Respecto al estado fisiológico, las zonas de Tasajera y Palenque exhibieron los valores más altos del factor de condición ($K > 0,90$), sugiriendo una mejor condición física de los

ejemplares en estas áreas. Por el contrario, en zonas como Boca del Río Frío y Boquerón, los valores de K fueron consistentemente menores ($K < 0,78$), coincidiendo con la época de menor precipitación (Tabla 3).

Indicadores Basados en la Longitud (LBI)

El análisis de los indicadores de conservación para *M. incilis* reveló una presión persistente sobre la fracción juvenil y los individuos de tallas mayores. Durante el periodo 2023–2025, los indicadores de protección de inmaduros, L_c / L_{mat} y $L_{25\%} / L_{mat}$, se mantuvieron por debajo del punto de referencia de 1,0, alcanzando valores máximos de 0,90 en el último año (Tabla 4). Esta tendencia, representada por la dominancia de colores rojos en el sistema de semáforo para la serie histórica, confirma que la pesquería opera mayoritariamente sobre individuos que no han alcanzado la talla media de madurez, establecida en 25 cm (L_{mat}).

Tabla 4. Estado de los indicadores LBI para los últimos tres años de muestreo (2023–2025).

Categoría	Indicador	Punto de Ref.	2023	2024	2025
Conservación	L_c / L_{mat}	> 1,0	0,86	0,86	0,90
	$L_{25\%} / L_{mat}$	> 1,0	0,78	0,90	0,90
	$L_{max\ 5\%} / L_{inf}$	> 0,8	0,86	0,85	0,85
	P_{mega}	> 0,3	0,13	0,16	0,17
Rendimiento	L_{mean} / L_{opt}	aprox. 1,0	0,98	0,99	1,01
MSY	$L_{mean} / LF=M$	$\geq 1,0$	1,00	1,01	1,00

*Valores basados en la longitud de madurez (L_{mat}) de 25 cm y una longitud infinita (L_{inf}) de 40 cm.

En contraste, los indicadores enfocados en la optimización del rendimiento y la mortalidad por pesca (MSY) mostraron valores cercanos a los puntos de referencia. La proporción L_{mean} / L_{opt} aumentó de 0,98 en 2023 a 1,01 en 2025, situándose en el nivel esperado para un rendimiento óptimo. De igual forma, el indicador de sostenibilidad $L_{mean} / LF=M$ presentó valores de 1,00 y 1,01, lo que sugiere que la mortalidad por pesca se encuentra en el límite del equilibrio teórico, aunque condicionada por la captura recurrente de tallas pequeñas. A pesar de la estabilidad en el rendimiento, el estado de los grandes reproductores permanece en niveles críticos. El indicador de mega-reproductores (P_{mega}) mostró una ligera tendencia al alza, pasando de 0,13 en 2023 a 0,17 en 2025, pero manteniéndose

significativamente por debajo del umbral recomendado de 0,3. Asimismo, la relación $L_{max5\%} / L_{inf}$ se estabilizó en 0,85, cumpliendo con el punto de referencia de conservación de 0,8. El predominio de alertas en el sistema de semáforo para P_{mega} subraya un agotamiento histórico de los individuos de tallas superiores, lo que reduce la resiliencia reproductiva del stock ante la presión pesquera acumulada.

Discusión

Los resultados de la estructura poblacional y la caracterización de las prácticas de acceso, uso y control indican que la dinámica poblacional de *M. incilis* en Pueblo Viejo no puede explicarse únicamente por la variabilidad estacional del régimen hidrológico (Fig. 6), sino por la interacción entre selectividad de la pesca y presión espacial sobre corredores migratorios (Fig. 5) y configuraciones las dinámicas que determinan el acceso, uso y control del recurso (Tabla 2; Fig. 4). La persistencia de indicadores críticos de conservación, particularmente la baja proporción de mega-reproductores y los valores de L_c/L_{mat} inferiores a 1,0 (Tabla 4), sugiere que la extracción se concentra sistemáticamente en fracciones pre-reproductivas del stock de peces, comprometiendo su resiliencia demográfica a mediano plazo.

La estructura poblacional de la lisa (*M. incilis*) en Pueblo Viejo exhibió una respuesta marcada frente al régimen hidrológico bimodal de la CGSM. El incremento significativo en el peso promedio durante la temporada de alta precipitación ($142,07 \pm 47,17$ g), en comparación con el periodo de baja precipitación, podría estar asociado a variaciones en la disponibilidad de recursos tróficos entre temporadas. Este patrón se reflejó en el desplazamiento de las curvas de densidad hacia tallas mayores durante la misma temporada (Fig. 7B). No obstante, la distribución de frecuencias de longitud evidenció que al menos el 50% de la captura en ambas temporadas se realizó por debajo de la talla media de madurez sexual ($L_{mat} = 25$ cm) (Fig. 7A). Por último, el desplazamiento del factor de condición (K) hacia valores cercanos a 1,0 durante el periodo de lluvias (Fig. 8B) sugiere una sincronía entre la disponibilidad de detritus y el ciclo reproductivo de la especie, en concordancia con lo reportado (11,31,36).

Adicionalmente, la selectividad de las artes de pesca constituye un factor determinante debido el uso extendido de boliches y trasmallos con ojo de malla de 1" (2,54 cm), asociado a la captura de individuos por debajo de la talla media de madurez y a la baja proporción de mega-reproductores registrada (Fig. 7A; Fig. 10C; Tabla 4). Esta práctica contrasta con la normativa vigente para la cuenca del río Magdalena y sus sistemas cenagosos, donde únicamente se autoriza la pesca con arpón, flecha, anzuelo, nasa y atarraya con un ojo de malla mínimo de cuatro centímetros (Acuerdo 00005 de 1993 y Resolución 025 de 1971) (26,66) y se prohíbe expresamente el uso de redes de enmalle, trasmallos y sistemas de arrastre en ciénagas (Acuerdo 00005 de 1993 y Acuerdo 0024 de 1989) (26,27). En consecuencia, el patrón registrado refleja una presión selectiva sobre clases de talla juveniles asociada al uso de artes no permitidas en este tipo de ecosistemas.

En cuanto a los Indicadores Basados en la Longitud (LBI), los resultados evidenciaron un escenario de sostenibilidad aparente: Aunque el rendimiento operativo se mantuvo cercano al óptimo durante el periodo 2023–2025 ($L_{mean}/L_{opt} = 1,01$) (Tabla 4), los indicadores de conservación señalaron un agotamiento estructural del stock reproductor, representado por una proporción de mega-reproductores (P_{mega}) de 0,17 (Tabla 4). Este patrón se comprende al integrar la información biológica con el conocimiento ecológico local. Los pescadores identificaron la Boca de la Barra como el principal corredor migratorio hacia las zonas de desove (Fig. 5) y, simultáneamente, como el punto de mayor concentración del esfuerzo pesquero: “Cuando el agua dulce empuja, la lisa busca la salida al mar para desovar, y es ahí donde todo el mundo tira la red porque es cuando más cae” (E14). Esta coincidencia espacial entre migración reproductiva y presión extractiva explica la captura recurrente de individuos en tránsito hacia el desove.

Adicionalmente, los valores de L_c/L_{mat} inferiores a 1,0 durante todo el periodo analizado (0,86–0,90) y los valores de $L_{25\%}/L_{mat}$ también menores a la unidad indican que una proporción considerable de la población es capturada antes de alcanzar la talla media de madurez, lo que reduce la contribución reproductiva efectiva de cada cohorte. Este patrón corresponde conceptualmente al escenario de

sobrepesca por crecimiento descrito por Froese en 2004 (40,41,45), en el cual la captura ocurre antes de que los individuos alcancen su potencial de crecimiento óptimo y su plena participación reproductiva. Aunque los indicadores de rendimiento a corto plazo (L_{mean}/L_{opt} y $L_{mean}/L_{F=M}$) se mantienen cercanos a 1,0, lo que podría sugerir estabilidad productiva inmediata, la remoción sistemática de juveniles compromete el potencial de desove y la resiliencia demográfica del stock, especialmente bajo condiciones de variabilidad ambiental.

Mediante enfoques basados en talla, como el método LBSPR y el modelo Length-Based Bayesian Biomass, se ha demostrado que desviaciones persistentes de L_c respecto a L_{mat} se asocian con reducciones del potencial reproductivo y del estado de biomasa, incluso cuando las capturas aparentan mantenerse estables en el corto plazo (43,44,47) En este sentido, los resultados sugieren que la presión extractiva actual está afectando principalmente las cohortes tempranas, configurando un escenario donde el rendimiento inmediato se sostiene a expensas de la renovación futura del stock.

Al contrastar estos hallazgos con estudios previos realizados en la Ciénaga Grande de Santa Marta (10,11,70,71) se observa un desplazamiento hacia la captura sistemática de fracciones juveniles del stock en la serie temporal reciente, asociado a la reducción de la disponibilidad de tallas comerciales (42,1%; Tabla 2). Este patrón confirma tendencias documentadas previamente en la CGSM y en evaluaciones más recientes que vinculan la baja selectividad de artes y la operación de redes con la captura de tallas sub-maduros (20,22) La evidencia sugiere que, en presencia de mecanismos de control y supervisión débiles, la extracción de individuos por debajo de L_{mat} puede sostenerse como estrategia recurrente ante la necesidad de garantizar ingresos diarios, tal como lo expresa un pescador: *“Uno sabe que la malla es pequeña, pero si pongo la de ley, me vengo con la canoa vacía y en la casa no hay para el arroz”* (E23).

Si bien el marco normativo colombiano establece restricciones explícitas sobre artes de pesca, tamaños mínimos de malla y zonas de operación en sistemas cenagosos (26,27,66), los resultados evidencian una brecha entre la regulación formal y su implementación efectiva. Esta disociación se

manifiesta en tres puntos: (i) persistencia de un acceso de facto abierto, pese a los requerimientos legales de licencia; (ii) acceso y operación mediante el uso extendido de artes y tamaños de malla no autorizados en ciénagas, particularmente boliches y trasmallos con ojo de 1" (Fig. 10); y (iii) percepción de debilidad en los mecanismos de monitoreo y sanción por parte de las autoridades ambientales y pesqueras encargadas, como se refleja en la estructura periférica de estas instituciones dentro de la red de actores y en las respuestas de los entrevistados (Tabla 2; Fig. 4).

La reducción progresiva en las tallas de captura constituye el efecto de limitaciones en los mecanismos locales de acceso, uso y control del recurso. Los datos cualitativos indican que el control representa la temática menos discutida por los pescadores con una frecuencia de 26,0%, asociada principalmente a la percepción de una ausencia de vigilancia institucional en las zonas de pesca (34,7%; Tabla 2). En este contexto, aunque el acceso al recurso se encuentra formalmente regulado mediante licencias y restricciones técnicas (Tabla 2), los testimonios sugieren que su implementación efectiva es limitada, generando libre acceso al recurso. Esta configuración reduce la capacidad de monitoreo sobre prácticas extractivas como el uso de técnicas de pescas no autorizadas, tal como lo evidencia el testimonio de un pescador: *"Aquí no hay ley, el que tiene el motor más rápido es el que más saca, y nadie le dice nada por el ojo de la malla"* (E08).

El mapa de actores mostró que el sistema pesquero local se estructura principalmente en torno a intermediarios comerciales, mientras que las autoridades regulatorias ocupan posiciones periféricas dentro de la red de interacción (Fig. 4), un patrón que contrasta con estudios de análisis de redes en pesquerías artesanales donde la mayor centralidad institucional se asocia con mayor capacidad de coordinación y cumplimiento normativo (70,72). Aunque la normativa colombiana exige licencia de pesca y registro de artes cuando se empleen redes agalleras, chinchorros o trasmallos (26,27), las entrevistas evidencian que los acuerdos informales entre pescadores constituyen el principal mecanismo de regulación. En ausencia de seguimiento institucional efectivo, estos arreglos comunitarios presentan capacidad limitada para garantizar el cumplimiento de las disposiciones sobre

artes permitidas y restricciones espaciales en zonas de conectividad ecológica fundamentales para la renovación del stock de peces.

No obstante, el sistema pesquero no se estructura únicamente en torno a pescadores y autoridades regulatorias. El mapa de actores (Fig. 4) mostró que los intermediarios y comerciantes locales constituyen nodos centrales dentro de la red de interacción, lo cual sugiere que la presión extractiva se encuentra mediada por dinámicas de mercado. La dependencia de los pescadores respecto a compradores que proveen insumos operativos como hielo y combustible, y que garantizan la comercialización inmediata de la captura, introduce incentivos que refuerzan la extracción continua, aun cuando la estructura demográfica del stock se caracteriza por una alta proporción de individuos por debajo de la talla media de madurez y una baja presencia de mega-reproductores (Fig. 7A; Tabla 4).

El análisis espacial y el conocimiento ecológico local identificaron la Boca de la Barra como corredor migratorio hacia zonas de desove y como área de alta concentración del esfuerzo pesquero (Fig. 5). Esta situación contrasta con las disposiciones que prohíben la instalación de redes que impidan el libre tránsito de peces en bocas de ciénagas, caños o canales naturales (73), así como la pesca en caños o canales que conecten sistemas cenagosos y en un radio inferior a 200 metros desde su desembocadura (26,74). La coincidencia entre rutas migratorias y actividad extractiva en estos puntos estratégicos indica una presión simultánea sobre individuos en tránsito reproductivo y sobre fracciones juveniles que utilizan estas zonas como áreas de paso y reclutamiento, lo que contribuye a la baja proporción de mega-reproductores observada (Tabla 4).

Los hallazgos de esta investigación confirman que la sostenibilidad de *M. incilis* en Pueblviejo no depende exclusivamente de la variabilidad biológica asociada a los ciclos estacionales de precipitación, sino de la interacción entre los mecanismos de acceso, uso y control que estructuran su aprovechamiento dentro del sistema socioecológico. La persistencia de indicadores biológicos críticos, como L_c/L_{mat} consistentemente inferior a la unidad y la baja proporción de mega-reproductores

(Tabla 4), evidencia que la presión extractiva afecta simultáneamente cohortes juveniles y fracciones reproductivas del stock. Este patrón no puede explicarse únicamente por dinámicas naturales, sino que refleja la convergencia entre acceso de facto abierto, uso de artes no permitidas y limitada capacidad institucional para regular el esfuerzo pesquero (Tabla 2; Fig. 4). En consecuencia, las estrategias de manejo convencionales centradas exclusivamente en variables biológicas resultan insuficientes cuando no incorporan las dimensiones económicas e institucionales que condicionan el comportamiento extractivo y el cumplimiento normativo.

Por lo tanto, una estrategia de manejo orientada exclusivamente al pescador resultaría incompleta. La sostenibilidad de *M. incilis* en la CGSM requiere un enfoque de gobernanza multinivel que articule: (i) regulación efectiva del esfuerzo y aumento de la selectividad de las artes en campo, (ii) monitoreo espacial en corredores migratorios críticos como la Boca de la Barra (Fig. 5), y (iii) mecanismos de trazabilidad y control en mercados locales que involucren activamente a intermediarios y comercializadores. Este enfoque permitiría alinear los incentivos económicos con objetivos de conservación, reduciendo la extracción de pre-reproductores y favoreciendo la recuperación progresiva de la fracción adulta del stock. En este marco, las estrategias de educación ambiental y los proyectos de conservación deben incorporar no solo a los pescadores, sino también a los actores comerciales que estructuran la demanda y condicionan la intensidad del esfuerzo extractivo.

Como plantean otras investigaciones realizadas en la CGSM (2,3,54,55), la transición hacia esquemas de co-manejo representa una alternativa viable en contextos donde la implementación de regulaciones formales es limitada o discontinua. Bajo este enfoque, la aplicación de los principios de gobernanza colectiva propuestos por Ostrom (49,51,63) podría contribuir a formalizar y respaldar jurídicamente prácticas pesqueras actualmente reguladas de manera informal (Tabla 2), promoviendo reglas claras sobre selectividad, zonas de operación y protección de corredores migratorios críticos como la Boca de la Barra (Fig. 5).

En este sentido, el monitoreo comunitario, la implementación de sanciones graduadas y la articulación con autoridades ambientales y pesqueras pueden fortalecer el control del uso de artes no selectivas y reducir la presión sobre la fracción reproductora del stock (Tabla 4), especialmente durante periodos de alta precipitación cuando se intensifica el esfuerzo. La integración entre conocimiento ecológico local, respaldo institucional y control en puntos de comercialización emerge, así como un componente clave para disminuir la captura de individuos pre-reproductores y mejorar la resiliencia del sistema pesquero frente a las transformaciones ambientales del Caribe colombiano (3,50,52,56).

Teniendo en cuenta lo anterior, si no se intervienen simultáneamente los incentivos que estructuran la demanda comercial, las técnicas de pesca y el control efectivo en los corredores hidrológicos críticos, la reducción del tamaño poblacional tenderá a consolidarse como una condición del sistema pesquero. En ese escenario, la presión sostenida sobre fracciones juveniles y reproductivas reducirá la capacidad de renovación de *Mugil incilis* en la CGSM. La persistencia de esta dinámica no solo comprometería la estabilidad poblacional de la especie en el Caribe colombiano, sino también la seguridad alimentaria y el sustento económico de las comunidades que dependen de ella como recurso fundamental.

Referencias

1. Jentoft S, Chuenpagdee R. Interactive governance for small-scale fisheries: Global reflections. Vol. 1. Springer Cham; 2015. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-17034-3>
2. Botto-Barrios D, Saavedra-Díaz LM. Assessment of Ostrom's social-ecological system framework for the comanagement of small-scale marine fisheries in Colombia: From local fishers' perspectives. *Ecology and Society*. 2020;25(1). doi:10.5751/ES-11299-250112
3. Torres-Guevara LE, Lopez MC, Schlüter A. Understanding artisanal fishers' behaviors: The case of Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Sustainability*. 2016;8(6). doi:10.3390/su8060549
4. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Fisheries and Aquaculture in Colombia. 2016. Report.
5. Walsh ML, Thorbjørnsen TL, Jones RC. Framework assessment of sustainability: Methodology for evaluating the conformance of fishery and aquaculture management systems to FAO guidelines. *PLOS Sustainability and Transformation*. 2024 Sep 1;3(9). doi:10.1371/journal.pstr.0000124
6. Béné C, Hersoug B, Allison EH. Not by rent alone: analysing the pro-poor functions of small-scale fisheries in developing countries. *Development Policy Review*. 2010;28(3):325–58.
7. Allison EH, Ellis F. The livelihoods approach and management of small-scale fisheries. *Mar Policy* [Internet]. 2001;25:377–88. Available from: <http://www.fao.org/fi/projects/sflp/index.html>

8. FAO. Aumento de la contribución de la pesca en pequeña escala a la mitigación de la pobreza y la seguridad alimentaria. Roma; 2006. Report.
9. Vilardy SP, González JA, Martín-López B, Oteros-Rozas E, Montes C. Los servicios de los ecosistemas de la Reserva de Biosfera Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* [Internet]. 2012;19:66–83. Available from: http://www.redibec.org/IVO/REV19_06.pdf
10. Vega-Cabrera AM, Zamora A, Martínez V, Manrique O, Tapia C. Sistema delta estuarino del río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta: Territorio de vida. Bases del plan de manejo del sitio Ramsar y reserva de la biosfera CGSM. [Internet]. Vol. 126. Minambiente e INVEMAR. Proyecto Paisajes Sostenibles – Herencia Colombia (HeCo).; 2024. 1–37 p. Available from: <https://n2t.net/ark:/81239/m96t40> doi:<https://n2t.net/ark:/81239/m96t40>
11. INVEMAR. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Volumen 23. Informe Técnico Final 2022. Santa Marta; 2024. Report.
12. Alcaldía de Pueblo Viejo. Plan de Desarrollo Municipal 2020 – 2023. Pueblo Viejo; 2020. Report.
13. INVEMAR. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Santa Marta; 2020. Report.
14. Secretaria de la Convención Ramsar. Sitio Ramsar Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta. Magdalena; 2017. Report.
15. Rey AG, Rodríguez GA, Mera ÁJH. Derecho y conflictos ambientales: la situación en la Ciénaga Grande de Santa Marta en Colombia. *CIDOB d’Afers Internacionals*. 2022;(130):97–117. doi:10.24241/rcai.2022.130.1.97
16. INVEMAR. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta; 2021. Report.
17. Quiroga S, González J. Repensando la Ciénaga : nuevas miradas y estrategias para la sostenibilidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta, Colombia: Universidad del Magdalena y Universidad Autónoma de Madrid; 2011. 226 p.
18. Chasqui V, Polanco LA, Acero P, Mejía-Falla PA, Navia A, Zapata LA, et al. Libro rojo de peces marinos de Colombia. Santa Marta, Colombia.: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2017. 1–552 p.
19. Caicedo-Herrera D, Mosquera-Guerra F, Trujillo F, Díaz-Pulido A, Lasso CA, Córdoba D, et al. Áreas clave para la conservación de la biodiversidad dulceacuícola amenazada en Colombia: moluscos, cangrejos, peces, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2017. 356 p.
20. Puentes Vladimir, Julio Carlos, Roldán AM, Zuluaga PA. Artes y métodos de pesca en Colombia. Serie recursos pesqueros de Colombia - AUNAP 2014. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP; 2014.
21. Grijalba Bendeck LM, Novoa Pabón AM, Bustos Montes DM, Posada Peláez C, Santafé Muñoz AM. La pesca artesanal marina del Departamento del Magdalena, Colombia: manejo y conservación. *Revista de la Universidad Jorge Tadeo Lozano*. 2011;2(2):1–25. doi:10.21789/22561498.75
22. Narváez-Barandica JC, Herrera-Pertuz FA, Blanco-Racedo J. 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*. 2008;37(2):163–87.
23. Congreso de la República de Colombia. Ley 13 de 1990. Por la cual se dicta el Estatuto General de Pesca. *Diario Oficial de la República de Colombia*. 1990.

24. Congreso de la República de Colombia. Ley 101 de 1993. Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero. Diario Oficial de la República de Colombia. Colombia: Diario Oficial de la República de Colombia; 1993.
25. Congreso de la República de Colombia. Ley 1955 de 2019, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad.” Diario Oficial: 50.954. Colombia; 2019 May 25.
26. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Acuerdo 00005 de 1993. Por el cual se reglamentan vedas y medidas de ordenamiento pesquero. Diario Oficial de la República de Colombia. Colombia: Diario Oficial de la República de Colombia; 1993.
27. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Acuerdo 0024 de 1989. Por el cual se establecen vedas y regulaciones para el aprovechamiento de recursos pesqueros. 1989.
28. Congreso de la República de Colombia. Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Diario Oficial de la República de Colombia. Colombia.
29. Presidencia de la República de Colombia. Decreto 4181 de 2011. Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Diario Oficial de la República de Colombia. Colombia; 2011.
30. Congreso de la República de Colombia. Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). . Diario Oficial de la República de Colombia. 1993 Dec 22.
31. Bustos-Montes D, Santafé-Muñoz A, Grijalba-Bendeck M, Jáuregui A, Franco-Herrera A, Sanjuan-Muñoz A. Bioecología de la lisa (*Mugil incilis* Hancock) en la bahía de cispatá, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 2012;41(2):447–61.
32. Huertas Robelto DA. Inventario colaborativo sobre las especies de la pesca en Palmira, Pueblviejo, Magdalena. Universidad del Rosario. [Bogotá D.C]: Universidad del Rosario; 2020.
33. Blanco JA. The condition factor of *Mugil incilis* Hancock (Pisces: Mugilidae) and its seasonal changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 1983;133–42.
34. Ruiz-Ramírez S, Molina-Arenas EG, Lucano-Ramírez G, Aguilar-Betancourt C, Flores-Ortega JR, Kosonoy-Aceves D, et al. Aspectos reproductivos de la lisa *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) en la laguna costera de Barra de Navidad, Jalisco, México. Lat Am J Aquat Res. 2017;45(2):443–56. doi:10.3856
35. Mendoza-Ureche R, Quintero-Galvis JF, Narváez-Barandica JC. Baja variabilidad y diferenciación genética poblacional en la “lisa”, *Mugil incilis* (Teleostei: Mugilidae) del Caribe colombiano. Rev Biol Trop. 2019;67(3):501–17.
36. Sánchez-Ramírez C, Rueda M, Santos-Martínez A. Dinámica poblacional y pesquería de la lisa, *Mugil incilis*, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Revista De La Academia Colombiana De Ciencias. 1998;22(85):507–17. doi:[https://doi.org/10.18257/raccefyn.22\(85\).1998.2942](https://doi.org/10.18257/raccefyn.22(85).1998.2942)
37. King M. Fisheries biology, assessment and management. Oxford: Wiley-Blackwell; 2007. 382 p.
38. Leyton F SA, Muñoz E, Gordillo S M, Sánchez G GC, Muñoz LA, Soto D A. Estimación del factor de condición de Fulton (k) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. 2015;27:24–31.
39. Santoyo Telles F, Mariscal Romero J, Gómez Galindo C, Gutiérrez Pulido H. Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia *Oreochromis niloticus* en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, México. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 2019 Aug 2;8(16):82–105. doi:10.23913/ciba.v8i16.92

40. Kell LT, Minto C, Gerritsen HD. Evaluation of the skill of length-based indicators to identify stock status and trends. *ICES Journal of Marine Science*. 2022 May 1;79(4):1202–16. doi:10.1093/icesjms/fsac043
41. Pons M, Cope JM, Kell LT. Comparing performance of catch-based and length-based stock assessment methods in data-limited fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2020;77(6):1026–37. doi:10.1139/cjfas-2019-0276
42. Shephard S, Davidson IC, Walker AM, Gargan PG. Length-based indicators and reference points for assessing data-poor stocks of diadromous trout *Salmo trutta*. *Fish Res*. 2018;199:36–43.
43. Alam MS, Liu Q, Schneider P, Mozumder MMH, Chowdhury MZR, Uddin MM, et al. Length-Based stock assessment for the data-poor bombay duck fishery from the northern bay of Bengal Coast, Bangladesh. *J Mar Sci Eng*. 2022 Feb 1;10(2). doi:10.3390/jmse10020213
44. Hordyk A, Ono K, Valencia S, Loneragan N, Prince J. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. In: *ICES Journal of Marine Science*. Oxford University Press; 2014. p. 217–31. doi:10.1093/icesjms/fsu004
45. Froese R. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*. 2004;5:86–91.
46. Froese R, Winker H, Coro G, Demirel N, Tsikliras AC, Dimarchopoulou D, et al. Status and rebuilding of European fisheries. *Mar Policy*. 2018 Jul 1;93:159–70. doi:10.1016/j.marpol.2018.04.018
47. Froese R, Winker H, Coro G, Demirel N, Tsikliras AC, Dimarchopoulou D, et al. A new approach for estimating stock status from length frequency data. *ICES Journal of Marine Science*. 2018 Dec 1;75(6):2004–15. doi:10.1093/icesjms/fsy078
48. Janssen MA, Anderies JM, Ostrom E. Robustness of social-ecological systems to spatial and temporal variability. *Soc Nat Resour*. 2007;20(4):307–22. doi:10.1080/08941920601161320
49. Schlager E, Ostrom E. Property-rights regimes and natural resources: A conceptual analysis. *Land Econ*. 1992;68(3):249–62.
50. Guevara LET, Schlüter A, Lopez MC. Collective action in a tropical estuarine lagoon: Adapting Ostrom’s SES framework to Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Int J Commons*. 2016;10(1):334–62. doi:10.18352/ijc.623
51. Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* (1979). 2009;325(419):419–22. doi:10.1126/science.1172133 PubMed PMID: 19628857.
52. Basurto X, Gelcich S, Ostrom E. The social-ecological system framework as a knowledge classificatory system for benthic small-scale fisheries. *Global Environmental Change*. 2013 Dec;23(6):1366–80. doi:10.1016/j.gloenvcha.2013.08.001
53. Lasso CA, Gutiérrez F de P, Morales-Betancour MA, Agudelo Córdoba E, Ramírez-Gil H, Ajiaco-Martínez RE. *Pesquerías continentales de Colombia : cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico*. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2011. 304 p.
54. Saavedra-Díaz LM. *Towards Colombian small-scale marine fisheries management: Hacia un manejo de la pesca marina artesanal en Colombia [Doctoral Dissertations.] [Internet]*. University of New Hampshire; 2012. Available from: <https://scholars.unh.edu/dissertation/659>
55. Saavedra-Díaz LM, Pomeroy R, Rosenberg AA. Managing small-scale fisheries in Colombia. *Maritime Studies*. 2016;15(6). doi:10.1186/s40152-016-0047-z
56. Vilarly SP, González JA, Martín-López B, Montes C. Relationships between hydrological regime and ecosystem services supply in a Caribbean coastal wetland: a social-ecological approach. *Hydrological Sciences Journal*. 2011;56(8):1423–35. doi:10.1080/02626667.2011.631497

57. Castillo-Navarro H, J, Álvarez F, Escobar-Toledo A, Girón A, Carabalí R, E. Maldonado. Perspectiva multidimensional hacia la sostenibilidad del jurel y la sierra en Colombia. Vol. 120. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR)); 2022. 22–36 p. doi:<https://n2t.net/ark:/81239/m9x88h>
58. Carrasquilla-Henao M, Ban N, Rueda M, Juanes F. The mangrove-fishery relationship: A local ecological knowledge perspective. *Mar Policy*. 2019;108. doi:10.1016/j.marpol.2019.103656
59. INVEMAR. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Santa Marta; 2020. Report.
60. Janssen MA, Anderies JM. A multi-method approach to study robustness of social-ecological systems: The case of small-scale irrigation systems. *Journal of Institutional Economics*. 2013 Dec;9(4):427–47. doi:10.1017/S1744137413000180
61. Anderies JM, Janssen MA. Robustness of social-ecological systems: Implications for public policy. *Policy Studies Journal*. 2013 Aug;41(3):513–36. doi:10.1111/psj.12027
62. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Censo General 2005. Perfil Pueblo Viejo-Magdalena. Magdalena; 2005. Report.
63. Ostrom E. Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. *Nat Resour J*. 1992;280.
64. Ostrom E. Sustainable social-ecological systems: an impossibility? In: Annual Meetings of the American Association for the Advancement of Science, “Science and Technology for Sustainable Well-Being,” [Internet]. San Francisco; 2007. Available from: <http://ssrn.com/abstract=997834> Electronic copy available at: <https://ssrn.com/abstract=997834>
65. Robinson J. Likert Scale. In: Michalos AC, editor. *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 2014. p. 3620–1. Available from: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_1654 doi:10.1007/978-94-007-0753-5_1654
66. Geilfus F. 80 herramientas para el desarrollo participativo: Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. 8th ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); 2009. 208 p.
67. Schroeder AB, Dobson ETA, Rueden CT, Tomancak P, Jug F, Eliceiri KW. The ImageJ ecosystem: Open-source software for image visualization, processing, and analysis. *Protein Science*. 2021 Jan 1;30(1):234–49. doi:10.1002/pro.3993 PubMed PMID: 33166005.
68. Sistema de Información Pesquera (SIPEIN). Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - INVEMAR. [Internet]. 2025 [cited 2026 Feb 27]. Registros históricos de longitud y peso de captura de Mugil incilis (1999–2025). Available from: <https://www.invemar.org.co/sipein>
69. Wickham H. Reshaping Data with the reshape Package. *J Stat Softw*. 2007;21(12):1–20.
70. González-Mon B, Bodin Ö, Schlüter M. Small-scale fisheries and agricultural trade networks are socially embedded: emerging hypotheses about responses to environmental changes. *Ecology and Society*. 2023;28(3). doi:10.5751/ES-14265-280309
71. Palacio CM. Algunos aspectos reproductivos de las principales especies ícticas capturadas artesanalmente entre Tasajera y la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. [Bogotá]: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano; 2009.
72. Bodin Ö, Crona BI. The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *Global Environmental Change*. 2009. p. 366–74. doi:10.1016/j.gloenvcha.2009.05.002
73. INDERENA. Resolución 025 de 1971. Por la cual se fijan normas sobre pesca fluvial en las hoyas hidrográficas de los Ríos Magdalena y Sinú, se dictan otras medidas sobre la materia y se derogan varias disposiciones. 1971 Jan 27. p. 4,6,9.

74. INDERENA. Acuerdo 00005 de 1993. Por el cual se reglamenta la pesca en las ciénagas y sistemas asociados de la cuenca del río Magdalena. 1993. p. 1–3.

ANEXOS

Anexo 1. Formato Entrevista Semiestructurada

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Acceso, uso y control de *Mugil incilis* en Puebloviejo.

1. Información general del participante

Código de entrevista: E _____

Edad: _____

Género: Masculino / Femenino / Otro

Nivel educativo: Ninguno / Primaria / Secundaria / Técnico / Profesional

Actividad principal: _____

Años dedicados a la pesca: _____

Asociación (si aplica): _____

Lugar de residencia: _____

2. Territorio y contexto socioecológico

¿Qué significa para usted la Ciénaga y qué representa en su vida cotidiana?

Desde su experiencia, ¿cuáles son los principales problemas ambientales y pesqueros que enfrenta actualmente la comunidad?

¿Ha observado cambios en la abundancia o tamaño de la lisa en los últimos años? ¿Cómo los describe?

3. Relación con la actividad pesquera

¿Cómo es un día típico de trabajo para usted? Describa detalladamente su actividad.

¿Cuáles son las principales zonas donde captura lisa?

¿Cómo ha cambiado su forma de pescar a lo largo del tiempo?

4. Cadena de valor y comercialización

Describa paso a paso cómo se comercializa la lisa desde que se captura hasta que llega al consumidor.

¿Existe acuerdo entre pescadores sobre precios? ¿Considera que hay comercio justo?

¿Qué factores influyen en el precio de la lisa?

5. Uso del recurso

¿Qué tallas de lisa se capturan con mayor frecuencia?

¿Se capturan juveniles? ¿Por qué ocurre esto?

¿Existen prácticas para evitar la captura de individuos pequeños?

6. Acceso al recurso

¿Quién puede pescar lisa en esta zona?

¿Existen acuerdos o reglas sobre dónde se puede pescar?

¿Hay restricciones sobre el tipo de arte o el ojo de malla?

7. Control

¿Conoce normas locales o nacionales que regulen la pesca de la lisa?

¿Quién vigila o controla que se cumplan estas normas?

¿Existen sanciones cuando alguien incumple las reglas?

8. Conservación y futuro

¿Cree que la lisa puede disminuir o desaparecer? ¿Por qué?

¿Qué acciones considera necesarias para asegurar su sostenibilidad?

¿Qué necesitaría usted para cambiar o mejorar sus prácticas de pesca?

Anexo 3. Formato Taller participativo – Cartografía Social

Taller de cartografía social: dinámica espacial de *Mugil incilis*

Objetivo

Reconstruir participativamente la dinámica espacial de *Mugil incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), identificando las áreas asociadas a las diferentes etapas de su ciclo de vida y las principales zonas de pesca artesanal.

Materiales

Mapa base impreso de la CGSM en formato ampliado.

Marcadores de diferentes colores.

Formato de registro para observaciones cualitativas.

Desarrollo del taller

El ejercicio se desarrollará mediante cartografía social como herramienta de levantamiento participativo de información espacial. En cada sesión participarán grupos de tres pescadores, promoviendo la discusión colectiva y el consenso dentro de cada grupo.

Sobre un mapa base de la CGSM, los participantes delimitarán y señalarán las áreas que, según su conocimiento ecológico local, corresponden a distintas etapas del ciclo de vida de la especie. Se solicitará identificar específicamente:

- Áreas de reproducción.
- Zonas de crianza o presencia de juveniles.
- Áreas de alimentación.
- Rutas migratorias o desplazamientos estacionales.
- Principales zonas de pesca artesanal.

Cada categoría será representada con un color diferenciado para facilitar la posterior sistematización.

Durante el ejercicio, el facilitador orientará la discusión mediante preguntas guía como:

- ¿En qué zonas han observado mayor presencia de individuos reproductivos?
- ¿Dónde suelen encontrarse juveniles o individuos pequeños?
- ¿Qué áreas consideran más importantes para la alimentación de la especie?
- ¿La lisa se desplaza en determinadas épocas del año? ¿Entre qué zonas?
- ¿Cuáles son las áreas donde se concentra actualmente la actividad pesquera?
- ¿Han cambiado estas zonas en el tiempo?

Las observaciones relacionadas con estacionalidad, variaciones ambientales o cambios históricos serán registradas de manera complementaria.

Sistematización

Los resultados de los talleres serán integrados mediante la técnica de superposición de capas.

Anexo 3. Formato Taller participativo – Mapeo de Actores

Taller participativo: Mapeo de actores en el sistema de acceso, uso y control de la pesca de *Mugil incilis*

Objetivo

Identificar y analizar los actores involucrados en la gobernanza de la pesca de *Mugil incilis*, así como caracterizar sus niveles de influencia y las relaciones que establecen en torno al acceso, uso y control del recurso.

Duración estimada

1 a 2 horas.

Materiales

Pizarra o papelógrafo de gran formato.

Marcadores.

Tarjetas o papeles pequeños para registro de actores.

Matriz impresa para registro de relaciones.

Formato de valoración con escala de Likert.

Desarrollo del taller

En una primera fase, se convocará a actores representativos del sistema pesquero local, incluyendo pescadores artesanales, líderes comunitarios y otros actores vinculados directa o indirectamente con la actividad.

Posteriormente, se explicará que el ejercicio tiene como finalidad identificar las organizaciones, instituciones y actores (formales e informales) que influyen en la regulación, gestión o dinámica de la pesca de la especie.

En una segunda fase, los participantes mencionarán los actores que consideren relevantes. Cada actor será registrado en tarjetas individuales y dispuesto en un espacio común para su visualización colectiva.

A continuación, se procederá a valorar el nivel de conflicto de cada actor mediante una escala de Likert de cinco niveles (1 = muy baja; 5 = muy alta). Esta valoración permitirá jerarquizar a los actores de manera sistemática, superando una clasificación únicamente visual y facilitando el análisis posterior.

En una tercera fase, se identificarán las relaciones existentes entre los actores reconocidos. Estas interacciones se registrarán en una matriz actor-actor, en la cual los participantes evaluarán el tipo de relación de conflicto y su intensidad, también mediante escala de Likert.

Anexo 4

Tabla 5. Parámetros biológicos y pesqueros en las zonas de pesca identificadas.

Zona de Pesca	N (Baja)	N (Alta)	LT promedio (Baja)	LT promedio (Alta)	Biomasa Total (Baja)	Biomasa Total (Alta)	Factor K (Baja)	Factor K (Alta)
La Barra	80	425	24.18	24.52	9,09 g	54,87 g	0,7863	0,8800
Palenque	76	394	25.02	25.05	10,82 g	54,59 g	0,9112	0,8666
CGSM	78	343	24.28	24.85	8,68 g	45,47 g	0,7688	0,8601
C. Pajalal	33	425	25.00	24.30	4,55 g	32,84 g	0,8645	0,7986
C. Aguja	12	167	22.77	23.84	1,13 g	20,57 g	0,7536	0,8103
Km 23	26	103	24.42	24.71	3,11 g	13,76 g	0,8699	0,8787

Tasajera	18	76	24.94	24.63	2,59 g	10,39 g	0,8989	0,9151
B. Río Frío	22	—	24.23	—	2,45 g	—	0,7765	—
Boqueron	83	—	24,08	—	9131	—	0,7692	—
Rincón del Chino	24	—	24,71	—	3389	—	0,9318	—
Bocas de Aracataca	10	33	24,84	25,23	1398	4150	0,9030	0,7652
Rincon de las Garzas	20	—	24,92	—	2645	—	0,8267	—
Rincón de la Ahuyama	30	52	25,76	24,71	4343	6222	0,8479	0,8100
