



MEMORIAS DE LA PRIMERA REUNIÓN SOBRE EL CULTIVO DE SERRÁNIDOS EN MEXICO

Investigación, producción y retos para la acuacultura



Compiladoras
Maribel Badillo Alemán
Claudia Verónica Durruty Lagunes

Mérida, Yucatán, México
9 de septiembre 2025

Comité Organizador del Primer Encuentro de Serránidos

Claudia Verónica Durruty Lagunes
Manuel Valenzuela Jiménez
Israel Josué Novelo Zel
Daniel Arceo Carranza
Maribel Badillo Alemán
Alfredo Gallardo Torres
Mónica Enríquez Ortiz
Xavier Chiappa Carrara

Organizado y patrocinado por

Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) Sisal, Facultad de Ciencias, UNAM.

Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Mérida, Campus Yucatán, UNAM.

Proyecto Mero UNAM

Diseño editorial

Leticia Esmeralda López Badillo

La **Primera Reunión sobre el Cultivo de Serránidos en México** fue un evento histórico que congregó a la comunidad científica, académica y productiva del país con un propósito central: conocer y difundir los avances más recientes en investigación y desarrollo tecnológico relacionados con el cultivo de serránidos.

El objetivo principal fue establecer una **red de colaboración nacional** entre investigadores, productores y profesionales y generar sinergias que impulsen el cultivo de especies de gran importancia económica y ecológica como meros, chernas y cabrillas, tanto del Atlántico como del Pacífico mexicanos.

El evento contó con la participación de un público de distintas regiones de México, así como de Brasil, Colombia, Estados Unidos, Guatemala y Noruega, incluyendo profesionales, investigadores, productores, empresarios y estudiantes. Los trabajos presentados fueron resultados de la investigación y experiencia en el cultivo. Se trataron temas sobre reproducción, biología, parásitos y nutrición.

Este primer encuentro de cultivo de Serránidos en México ha sentado un precedente invaluable. Los resúmenes presentados revelan una comunidad científica en crecimiento sobre diversas temáticas, pero comprometida con el desarrollo de la acuicultura de estas especies.

Este evento marca el inicio de una colaboración fortalecida a nivel nacional, creando una sólida plataforma de conocimiento para el futuro de la acuicultura de serránidos en el país.

Desde hace décadas, la acuicultura marina se considera como una alternativa estratégica frente a la sobreexplotación de recursos pesqueros y la creciente demanda de proteína de origen animal. En este contexto, el cultivo de serránidos —particularmente meros y chernas (familia Serranidae)— ha despertado un notable interés debido a su alto valor comercial y su amplia aceptación gastronómica. Sin embargo, a pesar de su potencial económico, el establecimiento de sistemas de producción estables enfrenta retos biológicos, tecnológicos y económicos que limitan su expansión a gran escala.

Estudios recientes han demostrado que algunas especies de serránidos presentan un crecimiento en cautiverio competitivo, alcanzando tallas comerciales en tiempos relativamente cortos. Su capacidad de adaptación a sistemas intensivos, ya sea en jaulas marinas o bien en sistemas en tierra, abre la posibilidad de integrarlos a programas de diversificación acuícola. Esta inclusión no solo amplía la oferta más allá de especies dominantes como tilapia o camarón en latitudes tropicales y salmón, en las templadas, sino que también ofrece oportunidades para programas de conservación y repoblamiento.

Entre los desafíos biológicos que enfrenta el cultivo de estas especies está el de su estrategia reproductora. Al tratarse de peces hermafroditas protóginos, la obtención de gametos y el manejo de líneas reproductivas requieren técnicas hormonales o de control ambientales sofisticadas. Las fases larvarias representan otro cuello de botella, pues la supervivencia en estas etapas es baja debido a su alta sensibilidad y a la necesidad de dietas vivas especializadas (rotíferos, copépodos, Artemia enriquecida). La transición hacia dietas formuladas con criterios de sostenibilidad ambiental y económica continúa siendo un obstáculo que afecta el rendimiento productivo. El manejo de serránidos en cautiverio se complica aún más por su susceptibilidad a enfermedades bacterianas, virales, parasitarias y fúngicas.

A esto se suma la dependencia que aún tenemos de reproductores silvestres, práctica que no solo es insostenible, sino que también limita la expansión comercial. Los altos costos de producción —derivados del alimento especializado, de la infraestructura y los controles sanitarios, entre otros— restringen las posibilidades de que esta actividad se extienda.

A pesar de ello, uno de los principales atractivos de los serránidos es el elevado precio que alcanzan en los mercados nacionales e internacionales. La calidad de su carne, caracterizada por su textura firme y sabor delicado, los coloca en un nicho premium de la gastronomía, especialmente en restaurantes de alto nivel. Este prestigio culinario asegura una demanda constante que convierte su cultivo en una actividad potencialmente rentable. Además, el cultivo de estas especies puede contribuir a reducir la presión pesquera sobre poblaciones naturales que se encuentran en estado de sobreexplotación, lo que añade un valor ecológico y social a la práctica.

Consideraciones como éstas hacen que reuniones de este tipo sean relevantes pues permiten la interacción de especialistas de varias instituciones académicas, gubernamentales y del sector social que presentarán los resultados de experiencias concretas para el desarrollo de sistemas de cultivo adaptados a condiciones locales, así como avance en la investigación para aportar información que permita avanzar en la producción de este grupo de especies.

El futuro de esta actividad dependerá de la inversión en investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la implementación de políticas públicas para lograr el éxito de actividades productivas sostenibles. Solo de esta manera los serránidos podrán consolidarse como especies clave en la acuicultura global.

Conferencia Magistral

Cultivo de mero (*Epinephelus marginatus*) en Brasil.
Claudia Kerber, Redemar Alevinos, Ilhabela, SP- Br

6

Modalidad investigación**Temática: Biología del mero rojo**

Microbiota intestinal de Epinephelus morio como una herramienta en la Acuicultura

Grecia Montalvo Fernández, Joanna Ortiz Alcántara, Claudia Verónica Durruty Lagunes, María Leticia Arena Ortiz

10

Temática: Nutrición

Eficiencia bioenergética y distribución del uso de energía en juveniles silvestres de Epinephelus morio alimentados con dietas balanceadas

Adriana Ferreira da Silva, Martha Gabriela Gaxiola Cortés

14

Temática: Reproducción

El mero de Nassau Epinephelus striatus (Bloch, 1792): monitoreo del sitio de agregación reproductiva "El Blanquizal", Sur del Caribe mexicano

Luis Salgado Cruz, Oscar F. Reyes Mendoza, Karla Camacho-Cruz, Jacobo A. Caamal Madrigal, Johny O. Valdez Iuit, Carlos I. Pérez-Quiñonez, Daniel Arceo-Carranza

18

Investigación del mero, cabrilla sardinera Mycteroperca rosacea (Subfamilia Epinephelinae)

Vicente Gracia López, Minerva Maldonado García, Martha Reyes Becerril, Daniel Tovar Ramírez, Jesús Rodríguez Romero, Milton Spanopoulos Zarco, Alexia Omont, Roberto Martínez Lagos

26

Retos en la reproducción controlada del mero rojo Epinephelus morio en el sureste mexicano

Claudia Durruty-Lagunes, Manuel Valenzuela-Jiménez, Xavier Chiappa-Carrara

31

Temática: Enfermedades y parásitos

Parásitos metazoarios del mero rojo, Epinephelus morio, en una muestra para investigación en acuicultura.

Mariana G. Canul-Cámara, Claudia Verónica Durruty-Lagunes, Brenda Solórzano-García, Gerardo Pérez-Ponce de León

35

Modalidad experiencia**Temática: Enfermedades y parásitos**

El enfoque clínico en la atención sanitaria de reproductores de Mero Rojo (Epinephelus morio) en cautiverio

Mario Alberto Armenta Córdova, Miroslava Maricela López Lara, Manuel Valenzuela Jiménez, Claudia Verónica Durruty Lagunes

39

Cultivo de mero (*Epinephelus marginatus*) en Brasil.

Claudia Kerber, Redemar Alevinos, Ilhabela, SP- Br

La conferencia magistral impartida por la M.S. Claudia Kerber ofrece un panorama exhaustivo y detallado sobre el desarrollo, los retos y las extraordinarias oportunidades que presenta la acuicultura marina, centrándose de manera particular en el cultivo de una especie de alto valor comercial y biológico: el mero (*Epinephelus marginatus*). A través de la experiencia práctica y la visión científica forjada en la Redemar Alevinos, su centro de investigación y producción ubicado en Ilhabela, São Paulo, la investigadora logra tejer una narrativa que conecta la complejidad de la biología marina con la rigurosidad de la gestión productiva y la estrategia de mercado. El esfuerzo en Redemar Alevinos comenzó modestamente en 2007 como un proyecto de índole familiar, que rápidamente se robusteció gracias al respaldo fundamental de diversas instituciones de investigación, lo que subraya la naturaleza colaborativa e interdisciplinaria que requiere el avance acuícola. Un elemento diferenciador que se erigió como pilar del éxito inicial fue la calidad prístina del agua marina disponible en su ubicación, un factor ambiental crítico que se ha demostrado esencial para la salud y viabilidad de la producción de larvas y juveniles, estableciendo así un estándar de excelencia en sus procesos. Con el transcurso de los años, la infraestructura evolucionó y se segmentó estratégicamente para optimizar cada fase del ciclo de vida del mero. Actualmente, el centro opera con cinco sectores claramente definidos: un laboratorio central de investigación, un área dedicada a la reproducción de ejemplares maduros, la unidad de larvicultura, una sección de separación para la clasificación y engorde de juveniles, y un área específica para la investigación aplicada, lo que refleja un modelo productivo que equilibra la ciencia fundamental con la escalabilidad industrial.

El camino hacia la consolidación biológica no estuvo exento de enormes desafíos, siendo el principal la superación de la complejidad reproductiva de la especie. Uno de los mayores logros y un hito que marca la madurez del proyecto fue alcanzar la reproducción natural de los ejemplares en cautiverio, un proceso que demandó aproximadamente cuatro años de investigación y paciencia. Esta prolongada curva de aprendizaje se explica por la particularidad biológica del mero, catalogado como hermafrodita protogínico, lo que implica que los individuos nacen hembras y cambian de sexo a machos en una etapa posterior de su vida, exigiendo un conocimiento y manejo extremadamente sofisticado de los parámetros ambientales y nutricionales para inducir y sincronizar el desove. Tras la consolidación de la reproducción natural, el foco se trasladó al desarrollo de protocolos de desove asistido y la optimización de la larvicultura, la fase más crítica y sensible de todo el proceso acuícola. Estos protocolos, vitales para garantizar el suministro regular de alevinos, tardaron más de nueve años de investigación y múltiples ensayos en ser establecidos con la fiabilidad requerida para una operación comercial sostenible.

En la esfera productiva, la M.S. Kerber compartió la evaluación de diversas metodologías de cultivo, cada una con sus propias dinámicas de riesgo y recompensa. Se consideraron alternativas tradicionales como los viveros de camarones adaptados, los tanques de cultivo en mar abierto (jaulas) y los sistemas de flujo continuo, además de los sistemas más modernos de recirculación acuícola (RAS).

Las pruebas revelaron que los sistemas en mar abierto, si bien tienen menores costos iniciales, están sujetos a riesgos incontrolables como la depredación natural, conflictos con otras actividades marítimas y problemas de contaminación localizada. Por otro lado, los sistemas cerrados como el de recirculación, aunque presentan la barrera de los altos costos de inversión en equipamiento especializado y el consumo elevado de energía, se han perfilado como la alternativa más prometedora y escalable. El sistema de recirculación acuícola permite operar a altas densidades de siembra, ofrece un control total sobre el ambiente de cultivo—desde la calidad del agua hasta la temperatura—y, crucialmente, asegura la producción de un producto final homogéneo, de calidad superior y con una trazabilidad incuestionable. Esta regularidad y predictibilidad son esenciales para el cumplimiento de las exigencias del mercado internacional.

De hecho, la visión estratégica de la conferencista se extiende hasta el análisis de la demanda global. El estudio de mercado realizado ha identificado una demanda internacional robusta, con nichos de alto precio en mercados sofisticados como Asia y Europa. El mero de cultivo de Redemar Alevinos se distingue y alcanza precios premium gracias a atributos clave que valoran los consumidores y los chefs: su producción sostenible, que mitiga la presión sobre las poblaciones silvestres; su tamaño ideal para el servicio en restaurantes de alta cocina; y la trazabilidad completa, que garantiza la seguridad y la procedencia del producto. Estos elementos, aunados a la capacidad del sistema RAS para mantener una regularidad constante en el suministro, posicionan a la acuicultura como la única vía lógica y viable para satisfacer la creciente y sostenida demanda global de proteína marina de alta calidad. En síntesis, la experiencia de Claudia Kerber en Redemar Alevinos es una prueba palpable de que el cultivo del mero no es solo un experimento científico, sino una oportunidad estratégica concreta y madura. Si bien el sector aún debe afrontar y mitigar desafíos técnicos, optimizar la eficiencia económica y garantizar la sostenibilidad ambiental a gran escala, los años de dedicación han sentado bases científicas y productivas irrefutables. La acuicultura marina, ejemplificada por este caso de éxito brasileño, se establece como una vía rentable y éticamente responsable para la inversión y la producción, ofreciendo un referente inspirador y un modelo a seguir para países, incluido México, que aspiran a maximizar su potencial acuícola y participar activamente en el comercio global de productos marinos de élite.

Grouper (*Epinephelus marginatus*) farming in Brazil.

Claudia Kerber, Redemar Alevinos, Ilhabela, SP- Br

The keynote lecture given by M.S. Claudia Kerber offers a comprehensive and detailed overview of the development, challenges, and extraordinary opportunities presented by marine aquaculture, focusing in particular on the farming of a species of high commercial and biological value: the grouper (*Epinephelus marginatus*). Through her practical experience and scientific vision forged at Redemar Alevinos, her research and production center located in Ilhabela, São Paulo, the researcher weaves a narrative that connects the complexity of marine biology with the rigor of production management and market strategy. The Redemar Alevinos effort began modestly in 2007 as a family project, which quickly gained strength thanks to the fundamental support of various research institutions, underscoring the collaborative and interdisciplinary nature required for aquaculture advancement. A distinguishing feature that stood as a pillar of initial success was the pristine quality of the seawater available at its location, a critical environmental factor that has proven essential to the health and viability of larval and juvenile production, thus establishing a standard of excellence in its processes. Over the years, the infrastructure evolved and was strategically segmented to optimize each phase of the grouper's life cycle. Currently, the center operates with five clearly defined sectors: a central research laboratory, an area dedicated to the reproduction of mature specimens, the larviculture unit, a separation section for the classification and fattening of juveniles, and a specific area for applied research, reflecting a production model that balances fundamental science with industrial scalability.

The path to biological consolidation was not without enormous challenges, the main one being overcoming the reproductive complexity of the species. One of the greatest achievements and a milestone marking the maturity of the project was achieving natural reproduction of specimens in captivity, a process that required approximately four years of research and patience. This prolonged learning curve is explained by the biological peculiarity of the grouper, classified as a protogynous hermaphrodite, which means that individuals are born female and change sex to male at a later stage in their lives, requiring extremely sophisticated knowledge and management of environmental and nutritional parameters to induce and synchronize spawning. Following the consolidation of natural reproduction, the focus shifted to the development of assisted spawning protocols and the optimization of larviculture, the most critical and sensitive phase of the entire aquaculture process. These protocols, vital to ensuring a regular supply of fry, took more than nine years of research and multiple trials to establish with the reliability required for a sustainable commercial operation.

In the production sphere, M.S. Kerber shared the evaluation of various farming methodologies, each with its own risk and reward dynamics. Traditional alternatives such as adapted shrimp nurseries, open sea farming tanks (cages), and flow-through systems were considered, in addition to more modern recirculating aquaculture systems (RAS). The tests revealed that open sea systems, while having lower initial costs, are subject to uncontrollable risks such as natural predation, conflicts with other maritime activities, and localized pollution problems. On the other hand, closed systems such as recirculation systems, although they present the barrier of high investment costs in specialized equipment and high energy consumption, have emerged as the most promising and scalable alternative. The recirculating aquaculture system allows for high stocking densities, offers total control over the farming environment—from water quality to temperature—and, crucially, ensures the production of a consistent, high-quality end product with unquestionable traceability. This consistency and predictability are essential for meeting international market demands.

In fact, the speaker's strategic vision extends to the analysis of global demand. The market study carried out has identified robust international demand, with high-price niches in sophisticated markets such as Asia and Europe. Redemar Alevinos's farming method stands out and commands premium prices thanks to key attributes valued by consumers and chefs: its sustainable production, which mitigates pressure on wild populations; its ideal size for serving in haute cuisine restaurants; and its complete traceability, which guarantees the safety and origin of the product. These elements, combined with the RAS system's ability to maintain a constant supply, position aquaculture as the only logical and viable way to meet the growing and sustained global demand for high-quality marine protein. In short, Claudia Kerber's experience at Redemar Alevinos is tangible proof that grouper farming is not just a scientific experiment, but a concrete and mature strategic opportunity. While the sector still needs to address and mitigate technical challenges, optimize economic efficiency, and ensure environmental sustainability on a large scale, years of dedication have laid irrefutable scientific and productive foundations. Marine aquaculture, exemplified by this Brazilian success story, is establishing itself as a profitable and ethically responsible avenue for investment and production, offering an inspiring benchmark and model to follow for countries, including Mexico, that aspire to maximize their aquaculture potential and actively participate in the global trade of elite marine products.

Temática: Biología del mero rojo

Modalidad investigación

Microbiota intestinal de *Epinephelus morio* como una herramienta en Acuicultura

Grecia Montalvo Fernández¹, Joanna Ortiz Alcántara¹, Claudia Verónica Durruty Lagunes², María Leticia Arena Ortiz*¹

¹ Laboratorio de Estudios Ecogenómicos, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Yucatán, México. 52- 99934410860 ext. 7629

² UMDI-Sisal, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Yucatán, México.

Autora de correspondencia: leticia.arena@ciencias.unam.mx

Resumen

Debido a su enorme importancia en los últimos años, la investigación centrada en el microbioma de los peces y otros organismos de importancia económica o ecológica ha evolucionado desde la descripción de la diversidad taxonómica y funcional hasta la comprensión de las funciones que estos microorganismos desempeñan en sus huéspedes. Este conocimiento es una herramienta poderosa en la acuicultura, que permite orientar los programas de nutrición para diseñar dietas funcionales, centradas en la salud y el rendimiento de los animales. En este trabajo, nuestro objetivo fue conocer la comunidad de bacterias y levaduras que habitan en el intestino de los meros rojos sin sacrificar a los animales. Para ello, se extrajo una muestra del contenido intestinal con una sonda in vivo de peces adultos del programa de meros de la UMDI Sisal, para estudiar la fracción cultivable de bacterias y levaduras, y la biodiversidad taxonómica mediante la secuenciación de los genes 16S y 18S rRNA, e ITS. Se utilizaron técnicas microbiológicas bioquímicas y predicciones metabólicas para conocer mejor la contribución de los microorganismos en las vías metabólicas. Se evaluó la capacidad proteolítica, amilolítica y quitinolítica de las cepas aisladas. *Enterococcus faecium*, *Photobacterium damsela*, *Micrococcus aloeverae*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus sp.*, *Bacillus cereus*, *Cytobacillus gottheilii*, *Acinetobacter lwoffii*, *Enterococcus faecium*, *Photobacterium damsela*, *Enterobacter cloacae*, *Shewanella sp*, *Micrococcus sp.* *Candida parapsilosis*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus penicillioides* y *Starmerella etchellsii*. La microbiota intestinal de *E. morio* parece estar involucrada en procesos metabólicos relacionados con la digestión y absorción de alimentos, el transporte de vitamina B12 y la resistencia a los antibióticos.

Palabras clave: Secuenciación, nutrición de peces, bacterias y levaduras, cultivo de peces.

Abstrac

Due to its enormous importance in recent years, research focused on the microbiome of fish and other organisms of economic or ecological importance has evolved from describing the taxonomic and functionality diversity to understand the functions that these microorganisms play in their hosts. This knowledge is a powerful tool in aquaculture, which allows directing nutrition programs to design functional diets, focused on the health and performance of the animals. In this work, our objective was to know the community of bacteria and yeast that inhabits the intestine of red groupers without sacrificing the animals. For this purpose, a sample of the intestine content was extracted with a probe in vivo from adult fish from the long-term grouper program at UMDI Sisal, to study the bacterial and yeast culturable fraction, and the taxonomic biodiversity by sequencing the 16S and 18S rRNA genes, and ITS. Microbiological biochemical techniques and metabolic predictions were used to learn more about the contribution of microorganisms in metabolic pathways. The proteolytic, amilolytic and chitinolytic capacity of isolated strains was tested. *Enterococcus faecium*, *Photobacterium damsela*, *Micrococcus aloeverae*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus sp.*, *Bacillus cereus*, *Cytobacillus gottheilii*, *Acinetobacter lwoffii*, *Enterococcus faecium*, *Photobacterium damsela*, *Enterobacter cloacae*, *Shewanella sp*, *Micrococcus sp.*, *Candida parapsilosis*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus penicillioides* and *Starmerella etchellsii* strains were isolated from the intestine. The gut microbiota in *E. morio* appears to be involved in metabolic processes related to food digestion and absorption, vitamin B12 transport, and antibiotic resistance.

Keywords: Sequencing, fish nutrition, bacteria and yeast, fish farming.

Introducción

En el contexto del desarrollo y expansión de la acuicultura, siguen vigentes dos grandes retos, el control de las enfermedades especialmente en las primeras etapas del desarrollo, y el mejoramiento en la nutrición, optimizando el uso del alimento con el desarrollo de los probióticos (Coulibaly, 2023). Está documentado el valor de las bacterias que habitan en los peces, en procesos biológicos como el metabolismo de nutrientes y su absorción, procesos inmunológicos, de crecimiento, de protección contra patógenos etc. Adicionalmente, las levaduras han sido identificadas como parte de la microbiota tanto en peces silvestres como de cultivo, con una contribución en la fisiología de los peces (Gatesoupe, 2007).

Los microorganismos, como las bacterias y las levaduras que juegan un papel fundamental en la salud de los peces, así como en diversos procesos metabólicos y fisiológicos relacionados con el estado de salud

de su hospedero. Los estudios enfocados en conocer la diversidad taxonómica de los habitantes del tracto digestivo así como sus funciones, han aportado en el conocimiento para entender estos mecanismos de interacción.

Lo que se traduce en potenciales aplicaciones en acuicultura tales como mejoras en el crecimiento, metabolismo, resistencia a enfermedades, y estado de salud en general. Con estas directrices se han estudiado peces de importancia comercial como los salmones, tilapias y pez cebra, así como algunas especies de peces silvestres. En este sentido, nuestro grupo de investigación está interesado en el estudio de las bacterias y levaduras que habitan en el intestino del Mero rojo, *Epinephelus morio*, una especie de gran importancia ecológica y comercial de la península de Yucatán. Para aportar al conocimiento de este vínculo bidireccional entre los microorganismos y el pez.

Objetivo

Conocer la fracción cultivable de bacterias y levaduras que habitan el intestino del Mero rojo, así como la biodiversidad taxonómica mediante la secuenciación de los genes ARNr 16S y 18S, e ITS, para conocer el potencial biotecnológico aplicado a la alimentación en acuicultura.

Material y métodos

Se utilizaron peces adultos silvestres de la costa norte de Yucatán, México, de entre 3-7 kg de peso, mantenidos en cautiverio en el área de cría de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI), Sisal, Facultad de Ciencias, UNAM. Los peces se anestesiaron con aceite de clavo y se introdujo una sonda en la cloaca para tomar una muestra del contenido intestinal. El muestreo se realizó una vez al año entre 2019-2025. Se aislaron bacterias en agar marino y agar triptona soya (TSA) y levaduras en medio YPD (extracto de levadura, peptona y dextrosa). La identificación molecular de la microbiota intestinal de *E. morio* se realizó mediante secuenciación del gen ARNr 16S casi completo y posterior análisis usando las bases de datos RNACentral, SILVA y GenBank (BLASTN) para bacterias y por secuenciación de un fragmento del gen ARNr 18S e ITS y análisis con BLASTN para levaduras. Se determinó la actividad amilolítica, quitinolítica y proteolítica de los aislados empleando medios de cultivo específicos. El estudio de la diversidad taxonómica bacteriana se realizó mediante secuenciación de las regiones V3-V4 del gen ARNr 16S en la plataforma MiSeq de Illumina. Las secuencias se analizaron con QIIME 2 para obtener las asignaciones taxonómicas e índices de diversidad y se hicieron predicciones metabólicas con PICRUST.

Resultados

Se obtuvieron aislados de especies de bacterias, levaduras y hongos incluyendo *Enterococcus faecium*, *Photobacterium damsela*, *Micrococcus aloeverae*, *Bacillus*

cereus, *Staphylococcus sp.*, *Bacillus cereus*, *Cytobacillus gottheilii*, *Acinetobacter lwoffii*, *Enterococcus faecium*, *Photobacterium damsela*, *Enterobacter cloacae*, *Shewanella sp.*, *Micrococcus sp.*, *Candida parapsilosis*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus penicillioides* y *Starmarella etchellsii*. La especie más representada fue *Photobacterium damsela*, presente en el 31,8% de las muestras. Dos aislamientos bacterianos presentaron actividad amilolítica y 13 proteolítica. En el caso de las levaduras, 4 aislados mostraron actividad amilolítica y 6 proteolítica. Ninguno mostró actividad quitinolítica.

En el estudio de la diversidad taxonómica bacteriana se identificaron veintinueve filos; los más abundantes fueron Pseudomonadota, Bacillota, Fusobacterium y Actinomycetota. Los géneros dominantes fueron *Photobacterium*, *Vibrio*, *Cetobacterium* y *Escherichia-Shigella*. El análisis de predicción metabólica sugirió que la microbiota intestinal de *Epinephelus morio* está relacionada con la digestión de los alimentos, el sistema inmunitario, las enzimas antioxidantes, la resistencia a los antibióticos y el transporte de vitamina B12.

Discusión

El uso de técnicas de microbiología tradicional y de secuenciación del gen ARNr 16S, nos permitió identificar a la microbiota cultivable y a las comunidades bacterianas asociadas al contenido intestinal de *Epinephelus morio* (mero rojo). La composición de la microbiota del mero rojo concuerda con los resultados de otros estudios publicados en la literatura sobre peces marinos. *Micrococcus luteus* y *Bacillus infantis* mostraron actividad amilolítica y proteolítica, por lo que se puede proponer su uso como posibles componentes de un consorcio para suplementar las dietas de peces marinos en cautiverio. Además, otros de los aislados bacterianos y de levaduras con actividad proteolítica y amilolítica también pueden utilizarse para tales fines. Para validar el potencial probiótico de estos aislados, serán necesarios estudios posteriores. El uso de bacterias aisladas del tracto intes-

tinal del mero rojo como probióticos puede ser beneficioso, ya que estas bacterias ya están adaptadas al entorno fisiológico del sistema digestivo de esta especie y presentan mayores probabilidades de éxito al incorporarlas a la dieta.

Conclusión

Los aislados bacterianos y de levaduras con actividad proteolítica y amilolítica podrían utilizarse en un consorcio probiótico para suplementar las dietas de peces marinos en cautiverio. Sin embargo, se requieren estudios posteriores para validar su potencial con este fin.

La microbiota de *E. morio* establecida en cautiverio es sensible a cambios ambientales como la contaminación del agua, lo que puede provocar una disminución de la diversidad.

Este trabajo contribuye al conocimiento de la microbiota y su uso para mejorar la alimentación de peces marinos en cautiverio.

Referencias bibliográficas

Anderson, I. C., Campbell, C. D., & Prosser, J. I. (2003). Potential bias of fungal 18S rDNA and internal transcribed spacer polymerase chain reaction primers for estimating fungal biodiversity in soil. *Environmental microbiology*, 5(1), 36–47. <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2003.00383.x>

Cabra, T., et al. (2014). Capacidad antagónica y quitinolítica de microorganismos aislados de residuos de higuera (Ricinus communis). *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12.

Coulibaly WH, Kouadio NR, Camara F, Di-guță C, Matei F. Functional properties of lactic acid bacteria isolated from Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Ivory Coast. *BMC Microbiol.* 2023 May 25;23(1):152. doi:10.1186/s12866-023-02899-6.

Gatesoupe FJ. 2007. Live yeasts in the gut: Natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture* 267(1-4) 20-30.

Hahne, J., Kloster, T., Rathmann, S., Weber, M., & Lipski, A. (2018). Isolation and characterization of *Corynebacterium* spp. from bulk tank raw cow's milk of different dairy farms in Germany. *PloS one*, 13(4), e0194365. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194365>

Hrabar, J., Babić, I., Jozić, S., Trumbić, Ž., Pioppi, A., Nielsen, L. J. D., Maravić, A., Tomašević, T., Kovacs, Á. T., & Mladineo, I. (2025). Prospecting microbiota of Adriatic fish: *Bacillus velezensis* as a potential probiotic candidate. *Animal microbiome*, 7(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s42523-025-00429-5>

Reda, R. M., Selim, K. M., El-Sayed, H. M., & El-Hady, M. A. (2018). In Vitro Selection and Identification of Potential Probiotics Isolated from the Gastrointestinal Tract of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 10(4), 692–703. <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9314-6>

Eficiencia bioenergética y distribución del uso de energía en juveniles silvestres de *Epinephelus morio* alimentados con dietas balanceadas

*Adriana Ferreira da Silva¹, Martha Gabriela Gaxiola Cortés²

¹Universidad Autónoma de Yucatán, Campos de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Biología Marina.

²Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI), UNAM, Sisal, Yucatán, Mexico.

Autora de correspondencia: adriana.dasilva@correo.uady.mx

Resumen

Este estudio evaluó los efectos de diferentes niveles de proteína y lípidos en la dieta, así como la digestibilidad de ingredientes, sobre el balance bioenergético, el crecimiento y la supervivencia de juveniles silvestres de *Epinephelus morio*. Se emplearon métodos in vitro (pH-Stat) e in vivo para determinar la digestibilidad de insumos como harina de camarón, concentrado proteico de soya, suero de leche y pasta de canola tratada. Se formularon dietas semipurificadas con niveles de proteína entre 37–57% y lípidos entre 6–12%, evaluándose en ensayos triplicados. Se cuantificaron parámetros bioenergéticos como energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía retenida (ER) y pérdidas energéticas por heces, excreción y respiración. Los mayores índices de retención proteica y energética se observaron con dietas que contenían 42% de proteína y 12% de lípidos, alcanzando un crecimiento óptimo y 100% de supervivencia. El análisis de distribución energética reveló que aproximadamente el 36.6% de la energía ingerida se destinó al metabolismo rutinario, 8.8% a pérdidas fecales, 0.6% a excreción y 4.7% al crecimiento, confirmando que la mayor parte de la energía consumida se dirige al metabolismo basal y a la ganancia de biomasa bajo condiciones óptimas de alimentación.

Estos hallazgos contribuyen de manera significativa a definir los requerimientos energéticos y a optimizar dietas para el cultivo sustentable de esta especie nativa.

Palabras clave: Bioenergética, mero rojo, nutrición.

Abstract

This study evaluated the effects of varying dietary protein and lipid levels, as well as ingredient digestibility, on the bioenergetic balance, growth, and survival of wild juvenile *Epinephelus morio*. Digestibility of key ingredients—such as shrimp meal, soy protein concentrate, whey, and treated canola meal—was assessed using in vitro (pH-Stat) and in vivo methods. Semi-purified diets containing 37–57% protein and 6–12% lipids were formulated and tested in triplicate trials. Bioenergetic parameters including digestible energy (DE), metabolizable energy (ME), energy retained (RE), and energy lost via feces, excretion, and respiration were quantified. The highest protein retention (PR) and energy retention (ER) occurred at 42% protein and 12% lipid inclusion, which also resulted in optimal growth and 100% survival.

Energy distribution analysis revealed that approximately 36.6% of ingested energy was allocated to routine metabolism, 8.8% to fecal loss, 0.6% to excretion, and 4.7% to growth, confirming that most energy intake supports basal metabolism and biomass gain under optimal feeding regimes. These findings contribute significantly to defining energy requirements and optimizing diets for the sustainable aquaculture of this native species.

Keywords: Bioenergetics, red grouper, nutrition.

Introducción

El cultivo del mero rojo (*Epinephelus morio*) representa una alternativa estratégica para diversificar la acuicultura marina en México (Cabrera et al., 2007). Esta especie carnívora presenta buen crecimiento en estadios juveniles, tolerancia al cautiverio y excelente aceptación de alimento balanceado; sin embargo, sus requerimientos nutricionales aún no están completamente establecidos (Álvarez-Lajonchère et al., 2012; Cornejo-Méndez et al., 2019). Para maximizar su potencial productivo, es necesario evaluar la digestibilidad de ingredientes y su efecto sobre el crecimiento y balance energético.

En peces carnívoros, la proteína es el principal nutriente energético y estructural, siendo esencial su adecuada inclusión en relación con los lípidos para evitar su uso como fuente energética principal (Tibaldi & Kaushik, 2005; NRC, 2011). Estudios bioenergéticos permiten determinar cómo se distribuye la energía entre mantenimiento, crecimiento, excreción y pérdidas fecales, siendo una herramienta útil para optimizar la eficiencia de las dietas (Bureau et al., 2002; Kaushik, 1998).

Este estudio combinó métodos *in vitro* (pH-Stat) e *in vivo* para evaluar la digestibilidad aparente de harina de camarón, concentrado proteico de soya, suero de leche y pasta de canola tratada, así como el efecto de dietas con 37–57% de proteína y 6–12% de lípidos. Los resultados contribuirán al diseño de dietas más eficientes y sustentables para *E. morio* en sistemas de cultivo controlado.

Objetivo

Evaluar el balance bioenergético en juveniles silvestres de *Epinephelus morio* alimentados con dietas formuladas con diferentes niveles de proteína y lípidos, mediante la cuantificación de la energía digestible, metabolizable, retenida y las pérdidas energéticas por excreción, heces y respiración, con el fin de establecer los requerimientos energéticos óptimos para su crecimiento en condiciones controladas de cultivo.

Material y métodos

Se formularon dietas semipurificadas isoenergéticas con niveles crecientes de proteína (37, 42, 47, 52 y 57%) y lípidos (6 y 12%), distribuidas en un diseño factorial 5×2. Los peces fueron alimentados dos veces al día durante 56 días en condiciones controladas. Para el balance bioenergético, se calcularon la energía bruta (EB), digestible (ED), metabolizable (EM) y retenida (ER) a partir del consumo de alimento, análisis bromatológicos y medida calorimetría. Las pérdidas por excreción se estimaron mediante análisis de nitrógeno amoniacal total (TAN), mientras que el calor metabólico (HR) se obtuvo por diferencia. Se utilizó el modelo de Cho y Kaushik (1990) para la partición energética.

El análisis estadístico incluyó ANOVA y comparación de medias (Tukey, $p < 0.05$). Las digestibilidades fueron determinadas mediante análisis de óxido de cromo como marcador inerte. Los procedimientos analíticos siguieron el protocolo estándar de AOAC (2012) para proteína, lípidos, humedad y cenizas.

Resultados

Los juveniles de *Epinephelus morio* alimentados con dietas de 42 y 47% de proteína y 12% de lípidos presentaron mayor eficiencia de utilización energética y crecimiento específico. Se observó una partición energética favorable hacia la energía retenida (ER), con valores máximos de 14.3 kJ/g de biomasa en tratamientos con 47% de proteína. La energía digestible (ED) incrementó significativamente con el contenido proteico ($p < 0.05$), mientras que la energía metabolizable (EM) mostró mayor eficiencia en las dietas con lípidos elevados.

Las pérdidas energéticas por heces (EF) fueron menores con ingredientes de alta digestibilidad, mientras que la excreción nitrogenada (EU) disminuyó en dietas con adecuado balance proteína:energía. La energía disipada como calor respiratorio (HR) fue más alta en dietas hiperproteicas, reduciendo la eficiencia neta de retención energética. Las tasas de conversión energética (K1 y K2) confirmaron que los mejores resultados se obtuvieron con 47% proteína y 12% lípidos.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos en los parámetros de eficiencia energética, indicando una interacción proteína-lípido determinante para optimizar el uso energético. La supervivencia fue del 100% en todos los tratamientos, sin afectación por los niveles nutricionales.

Discusión

Los resultados obtenidos indican que *Epinephelus morio* canaliza eficientemente la energía dietaria hacia el crecimiento cuando las dietas contienen niveles equilibrados de proteína (42–47%) y lípidos (12%). Esto coincide con estudios previos en peces carnívoros donde el exceso de proteína puede incrementar las pérdidas por excreción y calor metabólico (Kaushik, 1998; NRC, 2011). La eficiencia energética observada (K1 y K2) confirma que una adecuada relación proteína:energía mejora la retención energética, reduciendo los costos metabólicos.

El patrón de distribución energética respalda que la energía retenida es sensible tanto a la calidad de los ingredientes como al perfil lipídico. Estas observaciones destacan la importancia de considerar el balance bioenergético para optimizar dietas en especies silvestres en etapa de domesticación, como el mero rojo.

Conclusión

El balance bioenergético evidenció que *Epinephelus morio* requiere dietas con al menos 42% de proteína y 12% de lípidos para maximizar la energía retenida y promover un crecimiento eficiente en condiciones controladas.

Referencias bibliográficas

Álvarez-Lajonchère, L., Cordero, L., Rodríguez, M., & Puello-Cruz, A. (2012). Inducción hormonal de la madurez sexual y puesta en cautiverio del mero rojo *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(3), 401–412. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572012000300010>

Bureau, D. P., Kaushik, S. J., & Cho, C. Y. (2002). Bioenergetics. *In Fish Nutrition* (3rd ed., pp. 1–59). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012319652-1/50002-1>

Cabrera, T., Martínez-Cordero, F. J., Espinosa, J., & Álvarez-Lajonchère, L. (2007). Diagnóstico del cultivo de peces marinos en México. *Ciencia UANL*, 10(4), 367–375. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40210408>

Cornejo-Méndez, L., López, L. M., Cordero, L. M., & Álvarez-Lajonchère, L. (2019). Desarrollo de alimentos formulados para juveniles de mero rojo *Epinephelus morio*. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23(2), 3–14. <https://revistas.uaa.mx/index.php/reciaa/article/view/1491>

Kaushik, S. J. (1998). Nutritional bioenergetics and estimation of waste outputs in fish. *Aquatic Living Resources*, 11(4), 211–217. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(99\)80005-9](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(99)80005-9)

NRC (National Research Council). (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>

Tibaldi, E., & Kaushik, S. J. (2005). Amino acid requirements in fish: new insights towards non-essential amino acids. *In Nutrition and Feeding in Fish* (Proceedings of the IX International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish), Phuket, Thailand

Temática: Reproducción

Modalidad investigación

El mero de Nassau *Epinephelus striatus* (Bloch, 1792): monitoreo del sitio de agregación reproductiva “El Blanquizal”, Sur del Caribe mexicano

Luis Salgado Cruz*⁵, Oscar F. Reyes Mendoza², Karla Camacho-Cruz³, Jacobo A. Caamal Madrigal⁴, Johnny O. Valdez Iuit¹, Carlos I. Pérez-Quiñonez⁵, Daniel Arceo-Carranza¹

¹ Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto de Abrigo S/N, C.P. 97355 Sisal, Yucatán.

² Investigador Comisionado del SECIHTI / El Colegio de la Frontera Sur, Avenida Centenario Km 5.5, s/n Pacto Obrero Campesino, C.P. 77014, Chetumal Quintana Roo.

³ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, Prolongación Av. Niños Héroes s/n, C.P. 77580 Puerto Morelos, Quintana Roo.

⁴ Comunidad y Biodiversidad A.C. Isla del peruano 215 Lomas de Miramar C.P. 85448 Guaymas, Sonora.

⁵ Conservación Sostenible de Recursos Marinos y Acuáticos, A.C. 30 de Octubre 630, Benito Juárez, C.P. 80210, Culiacán, Sinaloa.

Autor de correspondencia: luis5@hotmail.com

Resumen

“El Blanquizal” fue uno de los sitios de agregación reproductiva (SAS, por sus siglas en inglés) del mero de Nassau (*Epinephelus striatus*) más importantes del Caribe mexicano. Sin embargo, las características de la población que aún utiliza este sitio para reproducirse permanecen desconocidas. El objetivo del presente estudio fue monitorear y evaluar la agregación reproductiva del mero de Nassau en El Blanquizal mediante acústica pasiva y censos visuales durante 2022 y 2023. Con base en el patrón de sonidos relacionados con el comportamiento reproductivo (SRRB, por sus siglas en inglés) y los monitoreos visuales, se determinó que la temporada de agregación reproductiva en El Blanquizal ocurre de enero a marzo, con hasta tres eventos reproductivos (uno por mes). Cada evento se encuentra sincronizado con el ciclo lunar (la mayor actividad reproductiva ocurre entre el noveno y el duodécimo día después de la luna llena), un intervalo específico de temperatura (26.9 – 27.7 °C) y una hora particular del día (entre 28 y 60 minutos antes del atardecer). Se estimó una abundancia de al menos 1,700 meros durante la temporada reproductiva, con un 80 % de individuos adultos (LT > 50 cm), comportamiento reproductivo (cortejo) y la identificación de fases de coloración asociadas al evento de desove (fase bicolor). Se confirmó que la acústica pasiva es un método eficiente para el monitoreo de las agregaciones reproductivas. La evidencia sugiere que este sitio se encuentra probablemente entre los dos más importantes para la especie en México.

Palabras clave: Evento de luna llena, abundancia, acústica pasiva, temporada de reproducción, censos visuales.

Abstract

“El Blanquizal” was one of the most important Nassau grouper (*Epinephelus striatus*) spawning aggregation sites (SAS) in the Mexican Caribbean. However, the characteristics of the population that still uses this site for reproduction remain unknown. The objective of the

present study was to monitor and evaluate the Nassau grouper spawning aggregation at El Blanquizal using passive acoustics and visual surveys during 2022 and 2023. Based on the pattern of sounds related to reproductive behavior (SRRB) and visual monitoring, it was determined that the spawning aggregation season at El Blanquizal occurs from January to March, with up to three reproductive events (one per month). Each event is synchronized with the lunar cycle (the highest reproductive activity occurs between the ninth and twelfth day after the full moon), a specific temperature range (26.9–27.7 °C), and a particular time of day (between 28 and 60 minutes before sunset). An abundance of at least 1,700 groupers was estimated during the spawning season, with 80% being adult individuals (TL > 50 cm), reproductive behavior (courtship), and the identification of coloration phases associated with the spawning event (bicolor phase). Passive acoustics was confirmed to be an efficient method for monitoring spawning aggregations. The evidence suggests that this site is likely among the two most important for the species in Mexico.

Keywords: Full moon event, abundance, passive acoustic, spawning season, visual counts.

Introducción

El mero de Nassau (*Epinephelus striatus*) es una especie arrecifal emblemática del Atlántico occidental, cuya distribución se extiende desde Florida y Bermudas hasta Guyana, incluyendo el sureste del Golfo de México y el mar Caribe (Erisman et al., 2018). Aunque típicamente solitario, forma agregaciones reproductivas temporales en sitios específicos, reuniendo miles de individuos por evento (Colin, 1992; Sadovy & Eklund, 1999). Estos sitios (SAS, por sus siglas en inglés) son predecibles espacio-temporalmente y representan el único esfuerzo reproductivo anual de la especie (De Mitcheson et al., 2008), lo que los hace altamente vulnerables a la sobrepesca (Sala et al., 2001; Waterhouse et al., 2020). En las últimas décadas, más del 50 % de estas agregaciones han desaparecido y las poblaciones han disminuido hasta en un 90 % (Fulton et al., 2020). A pesar de las medidas de manejo implementadas por varias naciones, la especie sigue en peligro crítico (Sadovy et al., 2018), y existe escasa evidencia de recuperación. En este contexto, el monitoreo de SAS es esencial. La acústica pasiva ha demostrado ser una herramienta eficiente y no invasiva para estudiar vocalizaciones asociadas al desove (Rowell et al., 2015; Ibrahim et al., 2018), y puede complementarse con datos

ambientales como la temperatura, que es un factor clave en la sincronización reproductiva (Pankhurst & Porter, 2003). En el Caribe mexicano se han identificado al menos 28 SAS, pero solo siete han sido validados científicamente (Heyman et al., 2014). El Blanquizal destaca por su relevancia histórica, albergando hasta 5,000 meros por evento (Medina-Quej et al., 2004).

Objetivo

Caracterizar la agregación reproductiva del mero de Nassau en El Blanquizal mediante censos visuales, monitoreo acústico pasivo y evaluación de condiciones ambientales, para contribuir a su conservación a largo plazo.

Material y métodos

El sitio de agregación estudiado, conocido localmente como “El Blanquizal”, se localiza en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México. Se ubica a 1.5 km de la costa y 400 m de la barrera arrecifal, en una plataforma continental estrecha con profundidad media de 30 m y parches coralinos de alto relieve (≈8 m). Se delimitaron 1.2 km² para caracterización batimétrica mediante transectos perpendiculares a la costa, usando un sonar Lowrance HD5S y el

software Surfer 12.0. Además, se realizaron observaciones directas mediante buceo autónomo.

El monitoreo acústico pasivo se realizó con un hidrófono SNAP, colocado a 100 m del núcleo de la agregación, grabando intervalos de 20 s cada 5 minutos (400 Hz) entre diciembre y abril (2022 y 2023). Las señales SRRB se identificaron con base en su frecuencia, duración y estructura, y se analizaron con el algoritmo FADARV3. También se registró temperatura con sensores HOBO® cada 30 min. Se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney y Spearman).

En enero y marzo de 2023 se realizaron censos visuales en días con máxima actividad acústica. Tres buzos experimentados documentaron patrones de coloración (barrado, bicolor, oscuro y vientre blanco) al mediodía, y estimaron abundancia al atardecer mediante transectos estandarizados en un polígono de 2400 m². Las diferencias entre estimaciones se analizaron con pruebas no paramétricas en STATISTICA 10.0.

Resultados

El sitio “El Blanquizal” se encuentra a una profundidad promedio de 31 m, con zonas que van desde los 18 m (la parte más somera) hasta los 45 m (la más profunda); a partir de este punto, la profundidad se incrementa abruptamente hasta superar los 100 m. Para su caracterización, el área fue dividida en tres zonas (Tabla I).

Durante la temporada 2023 se registró mayor actividad acústica que en 2022 (4042 vs. 2204 SRRB; $U = 2491$, $p < 0.05$). Enero presentó los mayores valores en ambos años. Los picos de SRRB ocurrieron entre el noveno y decimotercer día después de la luna llena (DAFM), con periodicidad de 27–28 días (Figura 1).

Tabla I. Descripción y características de las zonas que conforman el sitio de agregación reproductiva (SAS) El Blanquizal.

Zona	Características	Uso durante la agregación
1 (Crestas)	Parches de roca y coral con elevaciones de hasta 9 m. Presenta canales y cuevas entre las formaciones coralinas. Profundidad máxima: 30 m.	Refugio, descanso y zona de alimentación.
2 (Transición)	Delimitada por el final de la zona de crestas, con profundidades que oscilan entre 30 y 38 m. Fondo compuesto por rocas de tamaño mediano aisladas sobre un sustrato arenoso.	Zona de descanso de algunos organismos durante periodos de baja actividad reproductiva. Área muy concurrida al acercarse el atardecer, especialmente a partir del quinto día después del evento de luna llena.
3 (Agregación)	El fondo está compuesto principalmente por arena y pequeños parches aislados de coral de hasta 2 m de altura. La profundidad varía entre 38 y 45 m.	Agregación, cortejo, y probablemente desove.

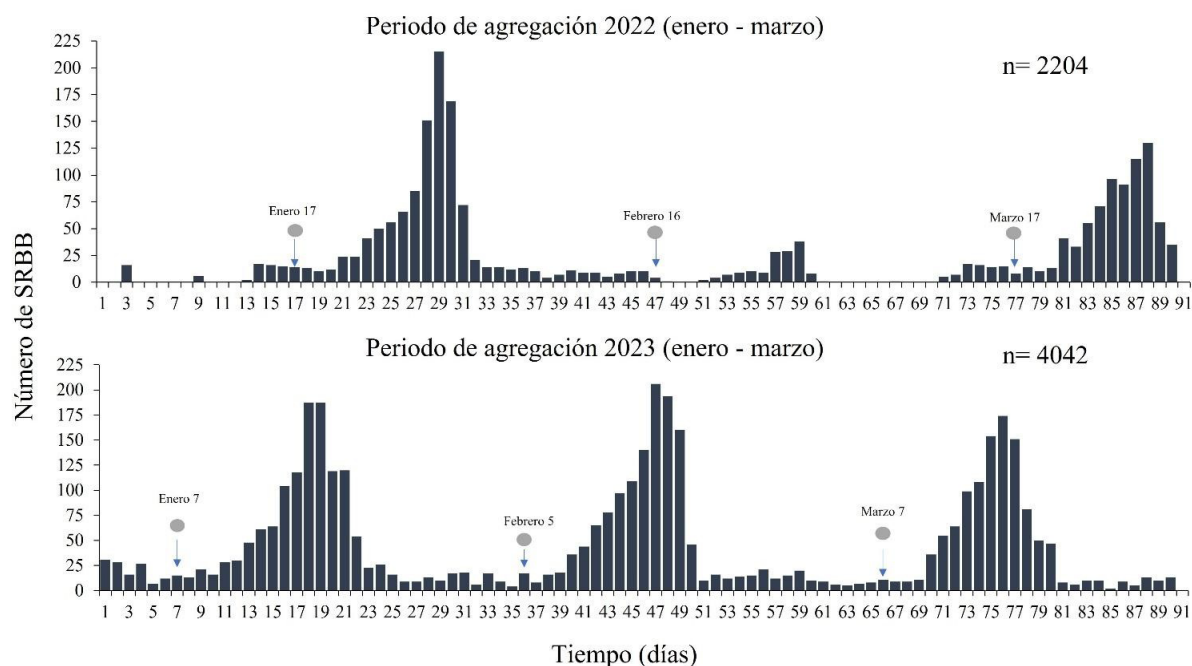


Figura I. Periodicidad y abundancia de sonidos relacionados con el comportamiento reproductivo (SRRB) del mero de Nassau (*Epinephelus striatus*), detectados durante las temporadas de agregación de 2022 y 2023 en el sitio de agregación reproductiva (SAS) “El Blanquizal”.

El eje y representa el total de SRRB acumulados por día. Los círculos grises indican el evento de luna llena de cada mes.

No se detectaron patrones claros en diciembre ni abril. La producción diaria de SRRB mostró un aumento progresivo hacia el atardecer, alcanzando su máximo entre las 19:00 y 20:00 h ($r_{S2022} = 0.4$; $r_{S2023} = 0.72$; $p < 0.05$) (Figura 2). Las temperaturas osci-

laron entre 25.9 y 31.06 °C, con promedios de 28.42 °C (2022) y 28.79 °C (2023), y diferencias significativas entre meses y años ($p < 0.05$). Enero-marzo fueron los meses más fríos y agosto-octubre los más cálidos (Figura 3a).

Se detectó correlación negativa entre la temperatura y número de SRRB en enero 2022 y febrero 2023, con mayor actividad acústica entre 26.9 y 27.7 °C (Figura 3b).

No hubo diferencias significativas entre los conteos de los buzos, pero sí entre días ($H = 40.47$, $p < 0.05$). La mayor abundancia se registró el 19 de enero (1304 ± 78 meros), significativamente mayor que el 16 de marzo (396 ± 25.6) ($H = 32.8$, $p < 0.05$).

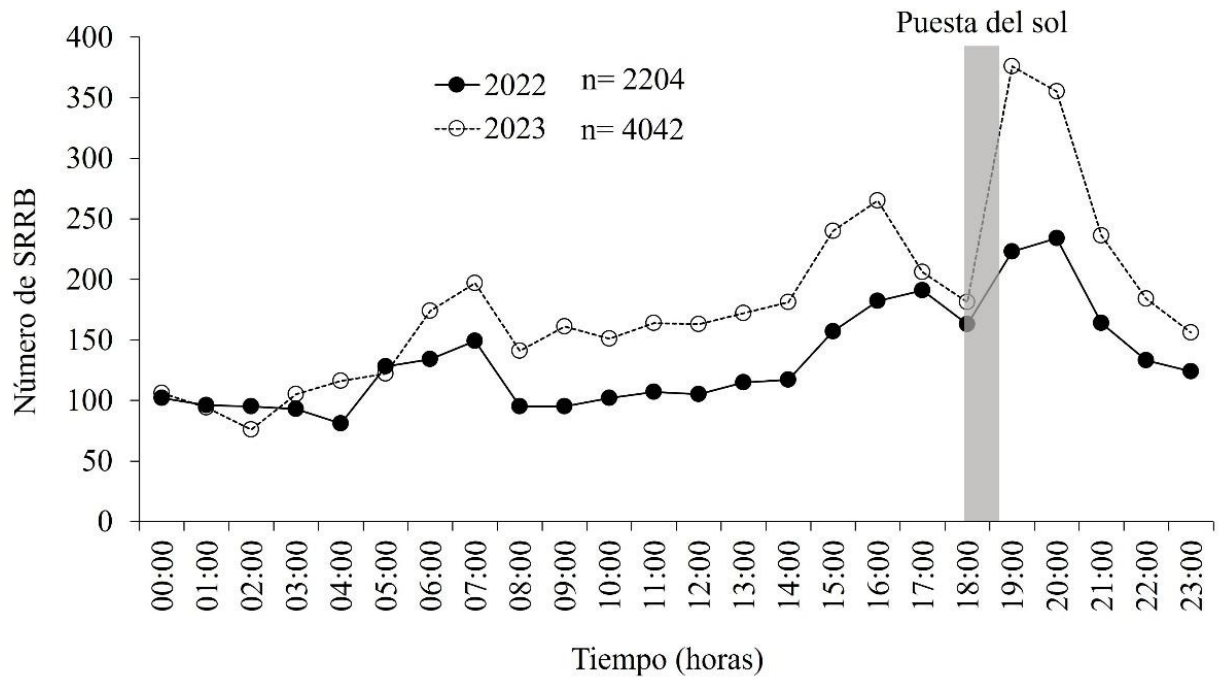


Figura 2. Patrón de SRRB (Sonidos Relacionados con el Comportamiento Reproductivo) del mero de Nassau (*Epinephelus striatus*) durante un día típico de la temporada de agregación reproductiva (del 1 de enero al 31 de marzo de 2022 y 2023) en el sitio de agregación reproductiva (SAS) "El Blanquizal". Los datos representan el total de SRRB acumulados por hora. La barra gris indica la hora del atardecer durante el periodo de estudio.

La mayor densidad se observó el día 12 DAFM en enero y el día 9 DAFM en marzo. La talla total (LT) osciló entre 30 y 100 cm, siendo mayor en enero (73.04 ± 11.85 cm) que en marzo (60.3 ± 8.95 cm) ($U = 107461$, $p < 0.05$) (Figura 4).

Se identificaron cuatro fases de coloración: barrado (BA), bicolor (BI), oscuro (DA) y vientre blanco (WB) (Figura 5). BI fue la más frecuente en los días pico (51 % en enero y 45 % en marzo), seguida de DA (22 % y 21 %), BA (16 % y 20 %) y WB (11 % y 10 %).

Discusión

La conservación del mero de Nassau en México requiere validar y monitorear continua-

mente los sitios de agregación reproductiva (Fulton et al., 2020; Sadovy de Mitcheson, 2020). Sin embargo, su estudio presenta retos logísticos por su ubicación remota, profundidad (>30 m) y corta duración (Fulton et al., 2020). Este estudio caracterizó la agregación en El Blanquizal durante 2022 y 2023, integrando censos visuales y acústica pasiva para estimar abundancia, estructura poblacional y comportamiento.

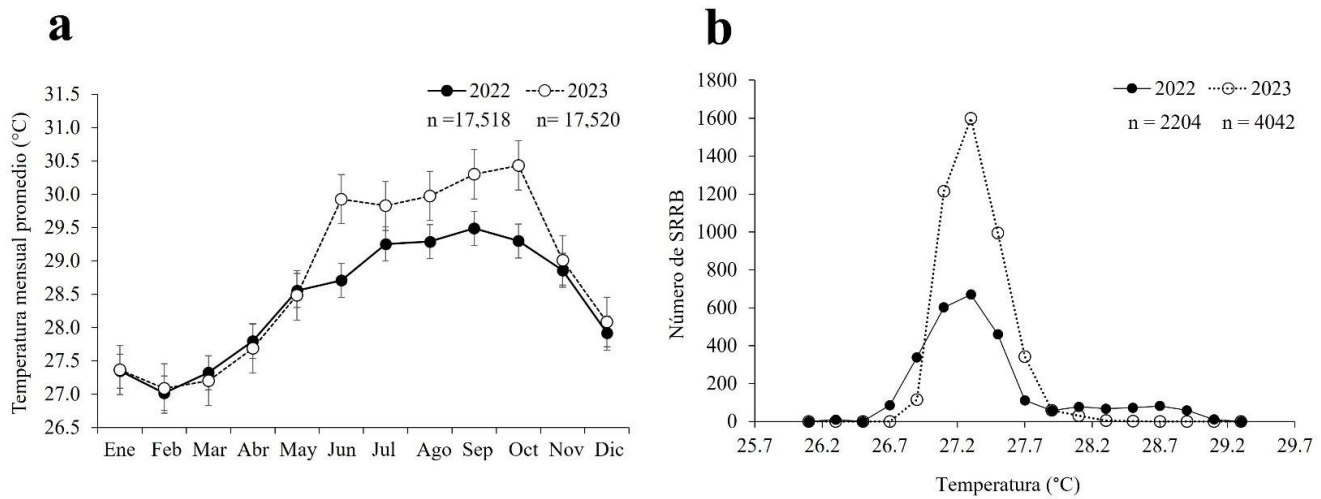


Figura 3. (a) Patrón anual de temperatura en el sitio de agregación reproductiva (SAS) "El Blanquizal", basado en los promedios mensuales registrados durante 2022 y 2023. La gráfica resalta las variaciones interanuales y las tendencias estacionales. (b) Intervalo de temperatura (26.9 °C a 27.7 °C) asociado con la mayor actividad acústica del mero de Nassau (*Epinephelus striatus*) durante la temporada de agregación reproductiva (enero a marzo) en 2022 y 2023.

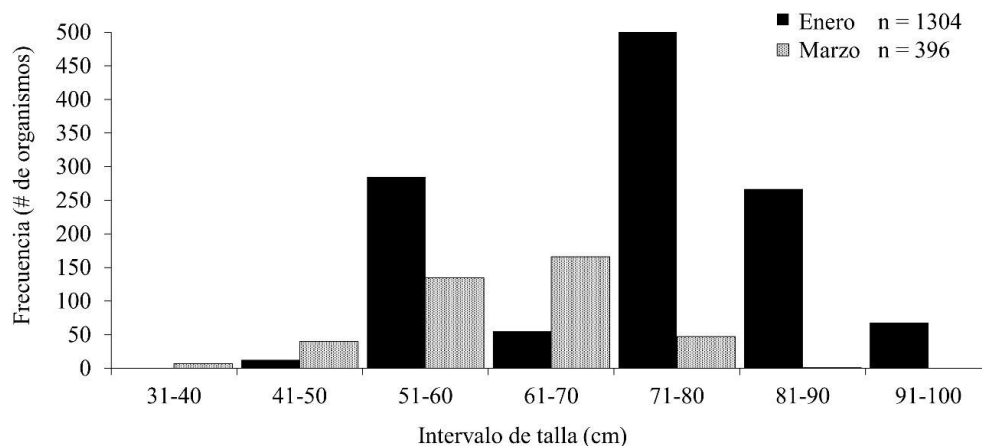


Figura 4. Estructura de tallas estimada a partir del monitoreo de la agregación reproductiva del mero de Nassau (*Epinephelus striatus*) en el sitio de agregación reproductiva (SAS) "El Blanquizal" durante 2023.

Discusión

La geomorfología del sitio (alta complejidad del fondo y proximidad a aguas profundas) coincide con otros SAS documentados en el Caribe (Kobara & Heyman, 2008; Colin, 1992). La mayoría de los sonidos reproductivos (SRRB) se registraron entre 26.9–27.7 °C, indicando que ese umbral térmico favorece el desove (Schärer et al., 2012; Colin, 1992). Cambios abruptos, como el de febrero de 2022, podrían afectar la sincronía reproductiva (Brulé et al., 2022).

La mayor actividad acústica ocurrió entre el noveno y duodécimo día después de la luna llena, cerca del atardecer, lo que coincide con patrones en otras regiones (Heyman et al., 2005). En 2023 se estimaron hasta 1,700 individuos, con más del 80 % superando los 50 cm LT, y una alta proporción en fase bicolor, indicativa de actividad reproductiva (Archer et al., 2012; Colin, 1992). La combinación de métodos fortalece el monitoreo y mejora las estrategias de conservación (Rowell et al., 2012; Sadovy & Domeier, 2005).



Figura 5. Patrones de coloración registrados en los días de máxima abundancia del mero de Nassau (*Epinephelus striatus*) durante la temporada de agregación reproductiva de 2023 en el sitio de agregación reproductiva (SAS) “El Blanquizal”. Barrado (BA), bicolor (BI), oscuro (DA) y vientre blanco (WB).

Conclusión

La agregación reproductiva del mero de Nassau en El Blanquizal ocurre de enero a marzo. Las mayores abundancias se presentan entre el quinto y decimocuarto día después de la luna llena. En 2023 se estimaron 1,700 individuos, con un 80 % adultos y comportamientos reproductivos activos. Estos resultados confirman que El Blanquizal es uno de los principales sitios para la reproducción de esta especie en México. Se recomienda ampliar la veda actual para cubrir toda la temporada de reproducción y continuar con el monitoreo para fortalecer las estrategias de conservación.

Referencias bibliográficas

Archer, S. K., Heppel, S. A., Semmens, B. X., Pattengill-Semmens, C. V., Bush, P. G., McCoy, C. M., Johnson, B. C. (2012). Patterns of color phase indicate spawn timing at a Nassau grouper *Epinephelus striatus* spawning aggregation. *Current Zoology*, 58, 73–83

Brulé, T., Renán, X., & Colás-Marrufo, T. (2022). Potential impact of climate change on fish reproductive phenology: A case study in gonochoric and hermaphrodite commer-

cially important species from the southern Gulf of Mexico. *Fishes*, 7(4), 156. <https://doi.org/10.3390/fishes7040156>

Colin, P. L. (1992). Reproduction of the Nassau grouper, *Epinephelus striatus*, (Pisces: Serranidae) and its relationship to environmental conditions. *Environmental Biology of Fishes*, 34, 357–377.

De Mitcheson, Y. S., Cornish, A., Domeier, M., Colin, P. L., Russell, M., Lindeman, K. C. (2008). A Global Baseline for Spawning Aggregations of Reef Fishes. *Conservation Biology*, 22 (5), 1233–1244. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.01020.x

Erismán, B., Heyman, W.D., Fulton, S., Rowell, T. (2018). Las agregaciones reproductivas de peces : un punto focal del manejo de pesquerías y la conservación marina en México. *Gulf of California Marine Program*, La Jolla, CA. 26 p.

Fulton, S., Acevedo, A., Estrada, J., Caamal-Madrugal, J. (2020). Informe de estado sobre las agregaciones reproductivas de peces en el Arrecife Mesoamericano. *Comunidad y Biodiversidad A.C.*, Cancún, México.

Fulton, S. (2023). Institutional amnesia pus-

hes fish spawning aggregations towards extirpation. *People and Nature*, 5, 489–495. <https://doi.org/10.1002/pan3.10462>

Heyman, W. D., Kjerfve, B., Graham, R. T., Rhodes, K. L., Garbutt, L. (2005). Spawning Aggregations of *Lutjanus cyanopterus* (Cuvier) on a Shelf Edge in Belize. *Journal of Fish Biology*, 67(1), 83-101.

Heyman, W. D., Olivares, M., Fulton, S., Bourillón, L., Caamal, J., Ribot, C., y Kobara, S. (2014). Prediction and verification of reef fish spawning aggregation sites in Quintana Roo Mexico. *Enhancing Stewardship in Small-Scale Fisheries: Practices and Perspectives: CERMES Technical Report*, 73-81.

Ibrahim, A. K., Zhuang, H., Chérubin, L. M., Schärer-Umpierre, M. T., Erdol, and N. (2018). Automatic classification of grouper species by their sounds using deep neural networks. *Journal of Acoustical Society of America*, 144, EL196–EL202.

Kobara, S., Heyman, W. D. (2008). Geomorphometric Patterns of Nassau Grouper (*Epinephelus striatus*) Spawning Aggregation Sites in the Cayman Islands, *Marine Geodesy*, 31: 4, 231-245, DOI: 10.1080/01490410802466397

Medina-Quej, A, Herrera-Pavón, A.R., Poot-López, G., Sosa-Cordero, E., Bolio-Moguel, K., Haddad, W. (2004). Estudio preliminar de la agregación del mero *Epinephelus striatus* en 'El Blanquizal' en la costa sur de Quintana Roo, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 55, 557–569.

Pankhurst, N. W., Porter, M. J. R. (2003). Cold and dark or warm and light: Variations on the theme of environmental control of reproduction. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28, 385–389.

Rowell, T. J., Schärer, M. T., Appeldoorn, R. S., Nemeth, M. I., Mann, D. A., Rivera, J. A. (2012). Sound production as an indicator of red hind density at a spawning aggregation. *Marine Ecology Progress Series*, 462, 241–

250. doi:10.3354/meps09839

Sadovy de Mitcheson, Y. (2020). Island of hope for the threatened Nassau grouper. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201922301. doi:10.1073/pnas.1922301117

Sadovy, Y., Aguilar-Perera, A., Sosa-Cordero, E. (2018). *Epinephelus striatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T7862A46909843. Downloaded on 25 November 2018.

Sadovy, Y., Domeier, M. (2005). Are aggregation-fisheries sustainable? Reef fish fisheries as a case study. *Coral Reefs*, 24, 254–262.

Sadovy, Y., Eklund, A. M. (1999). Synopsis of biological data on the Nassau grouper, *Epinephelus striatus* (Bloch, 1792), and the Jewfish, *E. itajara* (Lichtenstein, 1822). NOAA Technical Report NMFS 146, Seattle, Washington.

Schärer, M. T., Rowell, T. J., Nemeth, M. I., Appeldoorn, R. S. (2012). Sound Production Associated with Reproductive Behavior of Nassau Grouper (*Epinephelus striatus*) at Spawning Aggregations. *Endangered Species Research*, 19(1) : 29-38. Doi :10.3354/esr00457

Sala, E., Ballesteros, E., Starr, R. M. (2001). Rapid Decline of Nassau Grouper Spawning Aggregations in Belize: Fishery Management and Conservation Needs. *Fisheries*, 26(10), 23–30. doi:10.1577/1548-8446(2001)026<0023:r-dongs>2.0.co;2

Waterhouse, L., Heppell, S. A., Pattengill-Semmens, C. V., McCoy, C., Bush, P., Johnson, B. C., Semmens, B. X. (2020). Recovery of critically endangered Nassau grouper (*Epinephelus striatus*) in the Cayman Islands following targeted conservation actions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201917132. doi:10.1073/pnas.1917132117

Temática: Reproducción

Modalidad investigación

Investigación del mero, cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Subfamilia Epinephelinae)

Vicente Gracia López *, Minerva Maldonado García, Martha Reyes Becerril, Dariel Tovar Ramírez, Jesús Rodríguez Romero, Milton Spanopoulos Zarco, Alexia Omont, Roberto Martínez Lagos.

Autor de correspondencia: vinny@cibnor.mx

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Resumen

La cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea* ha sido objeto de múltiples investigaciones y estudios desde hace 25 años, que ha permitido tener un notable avance en el conocimiento de la biología y el desarrollo tecnológico de cultivo, a la par de una producción científica y de recursos humanos muy elevada. Los avances más importantes están relacionados con la captura y transporte, aclimatación y mantenimiento de reproductores, prevención y control de enfermedades, control del desarrollo embrionario y de las variables físico-químicas que intervienen en la supervivencia y crecimiento larval y de los juveniles. Se conoce la fisiología de la reproducción que permite su control obteniendo puestas naturales y artificiales. La producción de juveniles que comenzó en el año 2003 ha permitido la obtención de decenas de millones de huevos fecundados con elevada fertilidad y eclosión y la producción de miles de juveniles. Se han realizado transferencias tecnológicas a empresas con asistencia técnica y capacitación.

Palabras clave: Mero, serranidos, cabrilla sardinera, cultivo, *Mycteroperca rosacea*

Abstract

Leopard grouper, *Mycteroperca rosacea*, has been the subject of extensive research and studies for the past 25 years, leading to significant advances in knowledge of biology and culture, along with significant scientific and human resource development. The most important advances relate to the capture and transportation, acclimatization and maintenance of broodstock, disease prevention and control, and monitoring of embryonic development and the physical and chemical variables involved in larval and juvenile survival and growth. The physiology of reproduction is well understood, resulting in both natural and artificial spawning. Juvenile production, which began in 2003, has yielded tens of millions of fertilized eggs with high fertilization and hatching rates, and the production of thousands of juveniles. Technology transfers have been made to companies, providing technical assistance and training.

Keywords: Grouper, serranids, sardinella, farming, *Mycteroperca rosacea*.

Introducción

Grandes esfuerzos se han hecho en estas últimas dos décadas para comprender la biología y ecología de esta especie, con largos estudios sobre reproducción (Estrada-Godínez et al., 2011), agregaciones de desove en el Golfo de California, México (Erisman, et al., 2007) y su vulnerabilidad debido a la presión pesquera en estas agregaciones. La cabrilla sardinera figura actualmente como “Preocupación menor” por la UICN, y ha estado así desde 2018 (Erisman & Craig, 2018). Como es sabido, esta especie autóctona, está presente en todos los mercados locales de la costa este de la península de Baja California y goza de muy buena reputación gastronómica y de interés por los consumidores, con un índice de calidad/precio muy alto. Su rico sabor y las muchas posibilidades de preparación en la cocina, la hacen como una muy buena candidata para lo que se expuso anteriormente.

Existen diversos estudios sobre la reproducción de la cabrilla sardinera. En cuanto a las agregaciones de desove, los patrones de comportamiento eran inusuales y persistieron durante períodos prolongados, el desove no estaba sincronizado con el ciclo lunar y los adultos también se agregaban durante los períodos de no desove (Erisman et al., 2007). Los datos histológicos y poblacionales de la cabrilla sardinera indicaron un patrón sexual gonocórico (Erisman et al., 2008) con desarrollo ovárico grupal sincrónico, y una etapa de puesta de mayo a junio (Estrada-Godínez et al., 2011) o de marzo a junio (Erisman et al., 2007). Se observaron diferencias en bioindicadores y parámetros bioquímicos en su ciclo reproductivo (Estrada-Godínez et al. 2014).

Objetivo

Desarrollar la tecnología para la producción de la cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea* a través del control de la reproducción y producción de huevos, larvas y juveniles. A través del control de la reproducción natural o inducida hormonalmente o/y con fotoperiodo y temperatura, producir juveni-

les a escala piloto o precomercial, utilizando la tecnología existente, con adaptación a las condiciones de la especie. Formar estudiantes de carreras técnicas, maestros y doctores, con visión en la ciencia aplicada en el cultivo de peces marinos y producción científica y tecnológica.

Material y métodos

La investigación y producción de juveniles de cabrilla sardinera se ubica en el campus La Paz del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR). El sitio reúne las condiciones necesarias para el escalamiento y validación a nivel de planta piloto, de la tecnología experimental desarrollada por el CIBNOR. Los organismos reproductores se mantienen en un edificio cerrado y climatizado, con 6 tanques de 7 m³ y en otra área exterior con dos sistemas de recirculación (Gracia-López et al., 2023). El larvicultivo se realiza en un área cerrada que permite condiciones de seguridad, higiene y control de parámetros con 12 tanques de 2,5 m³. La producción de microalgas se realiza en bolsa en un edificio que contiene las cepas y contenedores para el escalamiento. La producción masiva se realiza en el exterior en 28 tanques de 4 m³. Los rotíferos se cultivarán tanto en el interior como en el exterior en tanques cilindrocónicos de 500 litros empleando microalgas y dietas y enriquecedores comerciales. La producción de nauplios de artemia se utilizarán técnicas tradicionales. Las dietas para juveniles se fabrican con una fórmula creada en el CIBNOR. Para la inducción hormonal a la puesta y fertilización artificial, se inyectarán hormonas, Gracia-López et al. (2004a). La fertilización se realiza a través de la metodología (Gracia-López et al., 2004b). La alimentación larval seguirá el patrón determinado para esta especie (Gracia-López et al., 2005).

Resultados

Esta especie ha sido objeto de múltiples investigaciones y estudios sobre cultivo larvario y juvenil que han permitido la pro-

ducción de miles de juveniles (Gracia-López et al., 2004a; Gracia-López et al., 2005). Se realizaron diversos estudios sobre reproducción (Maldonado-García et al., 2018), (Kiewek-Martínez et al. 2010) y (Gracia-López et al., 2023).

Respecto al cultivo de larvas, encontramos trabajos de (Martínez-Lagos & Gracia-López, 2009) y estudios de enzimología, probióticos y enfermedades (Reyes-Becerril et al., 2008; Reyes-Becerril et al., 2011; Martínez-Lagos et al., 2014).

El desove inducido en hembras silvestres se realizó usando Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) (Gracia-López et al. 2004a) y también se realizó un estudio usando HCG y la hormona liberadora de la hormona luteinizante (LHRHa) donde las hembras inducidas con HCG produjeron mejores resultados (Kiewek-Martínez et al. 2010). Además, las mejoras en el cultivo de larvas y juveniles han permitido obtener miles de juveniles (Gracia-López et al. 2005).

Al mismo tiempo, se han realizado grandes esfuerzos para obtener un aumento del conocimiento en diferentes fases del cultivo de esta especie (Gracia-López et al. 2004a). El desarrollo desde huevo hasta la etapa de juvenil se logró con una tasa de fecundación del 76.8 %, tasa de eclosión del 71.2 % y supervivencia desde la eclosión hasta el día 40 del 1.38 % (Gracia-López et al. 2005; Martínez-Lagos y Gracia-López 2009). A pesar de estos avances, existe una baja supervivencia de las larvas en etapas tempranas, lo que ha dado lugar a investigaciones sobre enzimología, probióticos y enfermedades (Reyes-Becerril et al. 2008; Reyes-Becerril et al. 2011; Martínez-Lagos et al. 2014).

Discusión

Nuestros resultados comprueban que el sistema de recirculación utilizado en los tanques (7 m³) en estos estudios fue eficiente y produjo condiciones deseables para la maduración y la reproducción artificial y natural de la cabrilla sardinera. Además, los regímenes de alimentación y fotoperiodo y las condiciones de oxígeno, salinidad y temperatura fueron adecuados para el buen man-

tenimiento de los reproductores silvestres y el desarrollo de la reproducción con desove espontáneo de esta especie. Con esta metodología podemos asegurar una producción de huevos constante en cautiverio con peces capturados en libertad y mantenidos durante aproximadamente 2 años sin manipular los parámetros que comúnmente afectan la reproducción de los peces. La cabrilla sardinera desova durante aproximadamente 4 meses al año y puede producir 184 × 10³ huevos viables por kilo. La época de desove (marzo a junio) estuvo relacionada con el incremento de la temperatura y el fotoperiodo, aunque se requieren más estudios para confirmar el efecto de estas variables sobre la reproducción de la cabrilla sardinera. La metodología desarrollada permite la producción de juveniles a través de los cuidados, alimentación y nutrición de huevos, larvas y juveniles. Los próximos estudios deben ir dirigidos hacia la alimentación larval en las primeras etapas de vida, la selección de tallas, aspectos nutricionales en larvas y reproductores, identificación y control de enfermedades y pruebas de engorde en mar abierto.

Conclusión

Desde el año 2000, el Cibnor ha desarrollado tecnología para el cultivo de *Mycteroperca rosacea*, con diversas instituciones nacionales e internacionales. Con ésto, se ha podido tener una sólida base para desarrollar acciones en diversos programas de cultivo y repoblamiento, a través de la reproducción en cautiverio y cultivo de larvas y juveniles; La investigación básica debe continuar para consolidar temáticas como nutrición y control de enfermedades. A nivel tecnológico, el cultivo de larvas debe optimizarse para llegar a los porcentajes de supervivencia requeridos para cualquier cultivo.

Referencias bibliográficas

Erisman BE, Buckhorn ML, Hastings PA. 2007. Spawning patterns in the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea*, in comparison with other aggregating groupers. Mar

Biol. 151: 1849-1861. DOI 10.1007/s00227-007-0623-2

Erismán B, Craig MT. 2018. *Mycteroperca rosacea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T14053A100466656. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T14053A100466656.en>.

Erismán BE, Rosales-Casián JA, Hasting PAs. 2008. Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycteroperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environ Biol Fish.* 82: 23-33. DOI:10.1007/s10641-007-9246-1

Estrada-Godínez JA, Maldonado-García M, Gracia-López V, Carrillo M. 2011. Reproductive cycle of the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea* (Streets) and evidence of hermaphroditism. *Cienc Mar.* 37 (4): 425-441.

Estrada-Godínez JA, Maldonado-García M, Gracia-López V, Carrillo M, Rebollar-Prudente R, Spanopoulos-Zarco M. 2014. Efecto del fotoperiodo y la temperatura sobre la composición bioquímica en Reproductores silvestres de cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877). *Lat Am J Aquat Res.* 42 (1): 85-96. <http://dx.doi.org/103856/vol42-issue1-fulltext-6>

Gracia-López V, Kiewek-Martínez M, Maldonado-García M. 2004a. Effects of temperature and salinity on artificially reproduced eggs and larvae of leopard grouper *Mycteroperca rosacea*. *Aquaculture.* 237 (1-4): 485-498. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.04.018>

Gracia-López V, Rodríguez-Romero J, Pérez-Ramírez JM. 2004b. Hormone Induced spawning (HCG) and embryonic and larval development of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* (Streets 1877). *Cienc Mar.* 30 (2): 279-284. <https://doi.org/10.7773/cm.v30i2.246>

Gracia-López V, Kiewek-Martínez M, Maldonado-García M, Monsalvo-Spencer P, Portillo-Clark G, Civera-Cerecedo R, Lina-

res-Aranda M, Robles-Mungaray M, Mazón-Suástegui JM. 2005. Larvae and juvenile production of the leopard grouper, *Mycteroperca rosacea* (Streets 1877). *Aquacult Res.* 36(1): 110-12. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01186.x>

Gracia-López, V., Maldonado-García, M. C., Quiñones-Arreola, M. F., Sandoval-Soto, J. L., Encarnación-Ramírez, F. J., Trasviña-Moreno, A. G., & García-González, G. A. 2023. Natural spawning of the leopard grouper (*Mycteroperca rosacea*) in captivity in La Paz, Mexico. *Ciencias Marinas*, 49. <https://doi.org/10.7773/cm.y2023.3332>

Kiewek-Martínez M, Gracia-López V, Carrillo-Estévez M. 2010. Comparison of the Effects of HCG and LHRHa on the Induction of Ovulation of Wild and Captive Leopard Grouper, *Mycteroperca rosacea*. *J World Aquacult Soc.* 41 (5): 733-745. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00415.x>

Maldonado-García M, Gracia-López V, Kiewek-Martínez M, Carrillo M, Zanuy S. 2018. Reproductive cycle of leopard grouper *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877) held in captivity: relationship between gonad development and sex steroid concentration. *Lat Am J Aquat Res.* 46(1): 83-90. DOI: 10.3856/vol46-issue1-fulltext-10

Martínez-Lagos R, Gracia-López V. 2009. Morphological development and growth patterns of the leopard grouper *Mycteroperca rosacea* during larval development. *Aquacult Res* 41:120-128. doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02313.x

Martínez-Lagos R, Tovar-Ramírez D, Gracia-López V, Lazo JP. 2014. Changes of digestive enzyme activities during larval development of leopard grouper *Mycteroperca rosacea*. *Fish Physiol Biochem.* 40 (3):773-785. <https://doi.org/10.1007/s10695-013-9884-5>

Reyes-Becerril M, Tovar-Ramírez D, Ascencio-Valle F, Civera-Cerecedo R, Gracia-López V, Barbosa-Solomieu V. 2008. Effects of

dietary live yeast *Debaryomyces hansenii* on the immune and antioxidant system in juvenile leopard grouper *Mycteroperca rosacea* exposed to stress. *Aquaculture*. 280 (1-4):39-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.056>

Reyes-Becerril M, Tovar-Ramírez D, Ascencio-Valle F, Civera-Cerecedo R, Gracia-López V, Barbosa-Solomieu V, Esteban MA. 2011. Effects of dietary supplementation with probiotic live yeast *Debaryomyces hansenii* on the immune and antioxidant systems of leopard grouper *Mycteroperca rosacea* infected with *Aeromonas hydrophila*. *Aquacult Res*. 42 (11): 1676-1686. doi: 10.1111/j.1365-2109.2010.02762.x1676r2010

Retos en la reproducción controlada del mero rojo *Epinephelus morio* en el sureste mexicano.

Claudia Durruty-Lagunes¹ *, Manuel Valenzuela-Jiménez¹, Xavier Chiappa-Carrara²

¹ Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Sisal., Facultad de Ciencias, UNAM

² ENES Mérida, UNAM

Autor de correspondencia: cvdl@ciencias.unam.mx

Resumen

El mero rojo es una especie emblemática del sureste mexicano. Debido al esfuerzo pesquero, ha sido catalogada como especie amenazada dentro de la lista roja de la IUCN. Ante esta situación, se consideró su cultivo como estrategia no pesquera para combatir el problema de la sobrepesca, que permita conservar la especie así como evaluar las posibilidades de su cultivo. Bajo estas condiciones, los estudios de reproducción comenzaron con la conformación del banco de meros adultos en las instalaciones de la UMDI Sisal, de la Facultad de Ciencias UNAM Yucatán para su posterior reproducción en cautiverio. Se identificaron problemáticas en cada etapa de este proceso y las estrategias utilizadas para solventarlas.

Palabras clave: Mero rojo, *Epinephelus morio*, banco de reproductores.

Abstract

The red grouper is an emblematic species of southeastern Mexico. Due to fishing efforts, it has been listed as a threatened species on the IUCN Red List. Given this situation, its cultivation was considered a non-fishing strategy to combat the problem of overfishing, allowing for the conservation of the species and evaluating the possibilities of its cultivation. Under these conditions, reproduction studies began with the establishment of a bank of adult groupers at the UMDI Sisal facilities of the Faculty of Sciences of UNAM Yucatán for subsequent reproduction in captivity. Problems were identified at each stage of this process, and the strategies used to solve them.

Keywords: Red grouper, *Epinephelus morio*, spawning ground.

Introducción

De las especies de mero en el Golfo de México y Mar Caribe, el mero rojo es el más capturado en la Península de Yucatán y se encuentra en franca disminución por el esfuerzo pesquero (DOF, 2025), lo que ha generado problemas económicos, sociales, ecológicos y culturales asociados a esta pesquería. Las tácticas de manejo de la pesquería del mero se han basado en el control

del esfuerzo pesquero, regulaciones, tallas mínimas, veda, zonas de pesca y de refugio. Estrategias adicionales han incluido la protección y restauración del hábitat, educación ambiental (Febles & Olivares, 2024) y, sin duda, su cultivo.

El cultivo sustentable de una especie no domesticada implica contar con un banco de reproductores en cautiverio para no depender de juveniles silvestres. Y si se considera que el desarrollo de un banco de re-

productores incluye la colecta, cuarentena, domesticación, maduración y desove (Liao et al., 2001), las estrategias para cada una de estas etapas dependen en gran medida de la distribución de la especie, la biología reproductiva y la ecología de la misma. Por ello, en las instalaciones de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Sisal, de la Facultad de Ciencias de la UNAM (UMDI Sisal) se creó el “Proyecto mero UNAM” para generar el primer banco de reproductores de mero rojo para la conservación del genoma in vivo y para investigar y lograr su reproducción en cautiverio.

Objetivo

Establecer estrategias generales para la conformación y mantenimiento de un banco de reproductores de *E. morio* para la producción de crías en condiciones controladas, como una herramienta para la conservación de la especie.

Material y métodos

Para este estudio se realizaron colectas de ejemplares adultos de mero rojo con ayuda de pescadores experimentados y el apoyo de empresas e instituciones estatales. Los peces fueron llevados y mantenidos en las instalaciones del área de reproducción de peces marinos de la UMDI Sisal (Durruty et al., 2021). Se alimentaron con dietas semihúmedas (dieta mero) y fresca (camarón, calamar, pescado) a saciedad cada tercer día. Diariamente se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua. Se realizaron biopsias gonádicas durante los meses de enero a mayo para evaluar su estado de madurez e identificar hembras, machos o individuos intersexo. Durante este tiempo se registraron las biometrías y, en caso de ser necesario, se aplicaron tratamientos profilácticos o correctivos a los peces. En caso de encontrarse hembras en vitelogénesis avanzada, se aplicaron dosis de LHRHa (Quijano, 2022) para estimular al desove. Los datos y observaciones fueron registrados.

Resultados

Los retos de la reproducción controlada del mero en cautiverio fueron registrados en distintas etapas (tabla 1). El primer gran reto fue encontrar colaboradores (públicos y privados) para el desarrollo del proyecto y financiamiento del mismo. Se realizaron 3 colectas de ejemplares vivos de *E. morio* con el apoyo de pescadores experimentados y con el arte de pesca comercial utilizado para la especie.

Aunque el mero rojo es una especie muy resistente al manejo, esta resistencia se vio afectada cuando los organismos fueron sometidos a gran estrés, de ahí que la aclimatación y recuperación de los organismos silvestres llegados al laboratorio estuvo relacionada con el estado físico a su llegada al laboratorio, la cual estuvo relacionada en gran medida por la época de captura (C. Durruty-Lagunes et al., 2022) y por ende las condiciones climáticas presentes al momento del traslado de mar abierto a la costa.

La naturaleza curiosa de los meros les facilita su rápida adaptación al cautiverio y la ingesta de alimento a los pocos días de su llegada; sin embargo, a medida que pasa el tiempo en cautiverio, llegan a presentarse comportamientos de agresión donde la densidad, talla, tiempo de permanencia y apropiamiento de espacios físicos dentro del tanque parecen estimularlo.

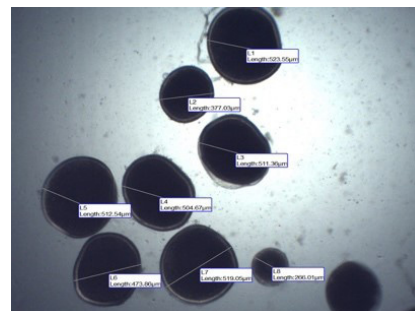


Figura 1. Ovocitos vitelogénicos de mero rojo previos a la aplicación de LHRHa.

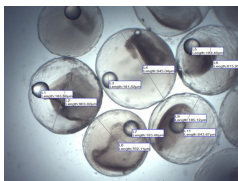


Figura 2. Ovocitos de mero rojo desarrollados en hembras con control térmico.

Etapas crítica	Condición	característica
Colecta y transporte	Duración del viaje de colecta	3 a 4 días
	Profundidad de colecta	15 a 26 m
	Condiciones climáticas	Temporada de lluvias
	Cambios térmicos	Mantenimiento en barco
Aclimatación y recuperación cuarentena	Heridas	Tratamientos profilácticos
	Ectoparásitos	
Adaptación al cautiverio	Tanque	Profundidad
	Diferencia de talla	
	comportamiento	
Maduración sexual	Vitelogénesis	temperatura
	Desove	Hormonas exógenas
	Sin Cambio natural de sexo a machos	

Tabla 1. Etapas críticas identificadas para la reproducción del mero en condiciones controladas.

Finalmente, las hembras han desarrollado en cautiverio vitelogénesis (figura 1) que con ayuda de hormonas sexuales externas se han obtenido desoves a través de masaje abdominal en sistema abierto. La modificación a sistema de recirculación y control térmico estimuló a la ovulación y atresia de los ovocitos (figura 2). No se han obtenido desoves naturales.

Discusión

Los principales retos a los que nos hemos enfrentado para la constitución de un banco de reproductores de mero rojo nos han permitido adquirir experiencia y realizar cambios para mejorar los resultados. El reto más relevante ha sido llevar con vida a los ejemplares de mero rojo a las instalaciones de la UMDI Sisal, que incluía dentro de la logística, el convencimiento de pescadores de que era posible. Trabajos con reproduc-

tores de meros suelen utilizar organismos de cultivo; hay muy pocos trabajos que detallan la metodología de la captura de meros para la conformación de bancos de reproductores. Los adultos de *E. morio* se distribuyen a profundidades entre 20 y 100 m (Brulé, 1999), así que la descompresión de los peces fue quizás uno de los grandes problemas a resolver en la captura. La recuperación de heridas y el periodo de cuarentena han sido “rápidos” en especial cuando los organismos comienzan a comer y han recibido algún tratamiento profiláctico (García-Pantoja, 2020). Las condiciones de cautiverio en sistema abierto con la aplicación de LHRHa ha sido eficiente para la inducción a la maduración final y desove como en otras especies de peces marinos (Watanabe et al., 1995).

Conclusión

Con los resultados obtenidos hasta ahora, consideramos que esta especie tiene posibilidad de ser cultivada. La reversión sexual inducida en hembras funcionales a macho para la producción de semen viable será el siguiente reto para la producción de huevos fertilizados.

Referencias bibliográficas

DOF. (2025). *Carta Nacional Pesquera*. <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/carta-nacional-pesquera-51204>

Durruty Lagunes, C., Arceo Carranza, D., López Salazar, R., Valenzuela Jiménez, M., Badillo Alemán, M., Gallardo Torres, A., Alcántara Torres, L., Chiappa Carrara, X. (2021). Técnica de colecta para peces marinos y su uso en la acuicultura: el caso del mero rojo [*Epinephelus morio*] [video]. Ucu, Sisal, YUC: Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: https://drive.google.com/drive/folders/1zJneG19Gx9f_I0v_HasNWQAbV9uWiTAY

Durruty-Lagunes, C., Vela-Magaña. M., Valenzuela-Jiménez, M., Badillo-Alemán, M., Gallardo-Torres, A., Gaxiola-Cortés, M., & Chiappa-Carrara, X. (2022). Resultados de la recolecta de adultos de mero rojo *Epinephelus morio* para su estabulación en laboratorio. In C. , V.-M. M. , V.-J. M. , B.-A. M. , G.-T. A. , G.-C. G. , C.-C. X. Durruty-Lagunes (Ed.), VII Conferencia Latinoamericana sobre cultivo de peces nativos.

Febles, C., & Olivares, N. (2024). Actualización al Plan de Manejo del Mero y especies asociadas. <https://mexico.edf.org/blog/2024/05/29/actualizacion-al-plan-de-manejo-del-mero-y-especies-asociadas>

García-Pantoja, L. M. (2020). Determinar la carga parasitaria de un nuevo stock de reproductores de *Epinephelus morio* silvestres durante los primeros meses en cautiverio. Especialidad en Producción Animal: organismos acuáticos. FMVZ-UNAM

Liao, I. C., Su, H. M., & Chang, E. Y. (2001). Techniques in finfish larviculture in Taiwan. *Aquaculture*, 200(1-2), 1-31. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00692-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00692-5)

Quijano, A. (2022). *Maduración y desove de hembras de mero rojo (Epinephelus morio) en cautiverio* Tesis de Maestría en Ciencias. PCMyL UNAM.

Watanabe, W. O., Ellis, S. C., Ellis, E. P., Head, W. D., Kelley, C. D., Moriwake, A., Lee, C. S., & Bienfang, P. K. (1995). Progress in controlled breeding of Nassau grouper (*Epinephelus striatus*) broodstock by hormone induction. *Aquaculture*, 138(1-4), 205-219. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01057-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01057-2)

Temática: Enfermedades y parásitos

Modalidad investigación

Parásitos metazoarios del mero rojo, *Epinephelus morio*, en una muestra para investigación en acuicultura.

Mariana G. Canul-Cámara¹, Claudia Verónica Durruty-Lagunes², Brenda Solórzano-García¹, Gerardo Pérez-Ponce de León^{1}

¹ Departamento de Sistemas y Procesos Naturales, Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Mérida, UNAM

² Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM

*canulcm9@gmail.com

Resumen

La tecnología para la producción de larvas de mero rojo se encuentra en desarrollo en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI-UNAM), en Sisal, Yucatán, México. En dos eventos separados en 2021 y 2023, 14 individuos de *E. morio* murieron durante la cuarentena en las instalaciones. Los ejemplares fueron examinados y se colectaron los parásitos metazoarios. En el presente estudio, reportamos los hallazgos. La identificación de parásitos se realizó mediante morfología y, en algunos casos, datos moleculares. Se hallaron nueve taxones. Las prevalencias de infección más alta fueron las del acantocéfalo *Gorgorhynchus medius* y el monogéneo *Pseudorhabdosynochus yucatanensis*, alcanzando 70 y 75 % en el primer y segundo evento de mortalidad, respectivamente. En general, la fauna parasitaria de los meros en la UMDI fue similar a la de las poblaciones silvestres de *E. morio* en la península de Yucatán.

Palabras clave: *Epinephelus morio*, Acuicultura, Taxonomía, DNA.

Abstract

The technology for achieving the production of red grouper (*Epinephelus morio*) seed is being assessed at the facility of the Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI-UNAM), in Sisal, Yucatán, Mexico.

In two isolated events occurred in the facility in 2021 and 2023, 14 individuals of *E. morio* died in the quarantine period. Specimens were necropsied and their metazoan parasites were recovered. Here, we report on the parasite fauna of these individuals. Parasite identification was based on morphological traits and, in some cases, on molecular data. Nine taxa were found. The highest prevalence of infection was reached by the acanthocephalan *Gorgorhynchus medius* and the monogenean *Pseudorhabdosynochus yucatanensis* with 70 and 75% for the first and second mortality events respectively. Overall, the parasite fauna of fishes from the UMDI is akin to that of wild populations of *E. morio* in the Yucatán Peninsula.

Keywords: *Epinephelus morio*, Aquaculture, Taxonomy, DNA.

Introducción

El mero rojo, *Epinephelus morio*, es una de las pesquerías comerciales más importantes del Golfo de México. Debido a la sobrepesca, el cultivo de este recurso se ha propuesto como alternativa a la pesca. Por ejemplo, la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación at Universidad Nacional Autónoma de México (UMDI-UNAM) implementó un proyecto con el objetivo de lograr la reproducción en cautiverio del mero rojo.

Los parásitos representan una limitación en el desarrollo y sostenibilidad de la acuicultura (Madsen & Stauffer 2024). Algunos estudios han descrito la fauna parasitaria de *Epinephelus* en libertad (ver Crib et al., 2002), pero relativamente pocos han documentado los parásitos de *Epinephelus* en cautividad (Leong & Wong, 1988; Rückert et al., 2009; Leong & Wong, 1990; Truong et al., 2017). Hasta el momento, se han descrito 37 especies de parásitos metazoarios, de los cuales 32 se encuentran en la Península de Yucatán.

Objetivo

Identificar los parásitos metazoarios en dos muestras de meros rojos provenientes de la UMDI-UNAM y calcular sus parámetros ecológicos.

Métodos

Se presentaron dos eventos de mortalidad durante la cuarentena de ejemplares destinados a un proyecto de investigación. Durante el primero, en noviembre de 2021, se capturaron 21 individuos a 36-55 m de profundidad. Los peces fueron transportados a la UMDI-Sisal en tanques de 2000 litros. Los peces se mantuvieron en tanques de 18m³ a una salinidad de 35 ‰ con aeración continua, y alimentados con calamar y dieta semihúmeda. Un mes después, a pesar de las medidas profilácticas, diez de los meros murieron de una infección bacteriana secundaria. Un segundo evento de mortalidad se presentó en septiembre del 2023.

Nueve meros rojos fueron capturados con anzuelo, aclimatizados y transportados con aeración a la UMDI. Cuatro de ellos murieron alrededor de 48 horas después de la captura.

En total, se examinaron 14 hembras (LT: 56.26 ± 7.28 cm; Rango 37.5 – 77.97 cm). Los parásitos se depositaron en la Colección Nacional de Helmintos.

Para la extracción de ADN, los especímenes seleccionados fueron colocados en solución de digestión a 56°C. Posteriormente, el DNA se extrajo del sobrenadante usando DNAzol. Un fragmento de la unidad ribosomal de DNA (28S) se amplificó por PCR usando una serie de primers. Los datos se procesaron en Geneious Prime v. 11.0.14 y se realizó una búsqueda en nBLAST para la identificación de especies. Se asignó la especie a secuencias con similitud ≥ 99%.

Los parámetros ecológicos se estimaron de acuerdo con Bush et al. (1997).

Resultados

En total 177 especímenes de parásitos fueron colectados de los 14 meros examinados, pertenecientes a nueve taxones (un monogéneo, tres trematodos, un cestodo, un acantocéfalo, dos nematodos y un copépodo). En el Evento 1 se registraron seis taxones, mientras que en el evento dos se recuperaron nueve taxones. El hábitat con la mayor riqueza de especies fue el intestino, puesto que se encontraron cinco de los nueve taxones.

Las especies identificadas fueron *Pseudorhabdosynochus yucatanensis* (similitud 85 % con *Pseudorhabdosynochus* sp.), *Gorgorhynchus medius* (similitud 100 % con *Gorgorhynchus medius*), *Lepidapedoides levenseni* (similitud 96% con *Lepidapedoides angustus*), *Philometra margolisi* (similitud 98% con *Philometra* sp.), *Postporus epinepheli* y *Hatschekia insolita*. Los primeros se identificaron con secuencias de ADN y morfología, mientras que los dos últimos fueron identificados morfológicamente y de acuerdo con registros previos. También se identificaron *Phoreiobothrium* sp. (similitud 97.8%), *Pseudoterranova* sp. (similitud

100%) y *Stephanostomum* sp., aunque para el último no se obtuvo la secuencia. Sólo *Phoreiobothrium* sp. y *Pseudoterranova* sp. correspondieron a un estadio larval.

En general, los parámetros ecológicos de infección fueron más altos en el segundo evento, en el que los ejemplares murieron alrededor de 48 horas después de su transporte a la unidad. En el segundo evento, el monogéneo *P. yucatanensis* alcanzó una prevalencia de 75 %, con una intensidad promedio de siete parásitos por hospedero. En contraste, en el Evento 1, el acantocéfalo *G. medius* alcanzó los valores más altos, con una prevalencia de 70 % y una intensidad promedio de 32.1 parásitos por hospedero. En ambos eventos, el trematodo *L. levense* se encontró con una prevalencia e intensidad media relativamente altas. La prevalencia fue de 30 % y 50 %, mientras que la intensidad media fue de 9.3 y 10.5 en el primer y segundo evento, respectivamente.

Discusión

En general el mero rojo es un hospedero definitivo, excepto por *Phoreiobothrium* sp. y *Pseudoterranova* sp., que tienen como hospederos definitivos a tiburones y pinnípedos (Van Der Spuy et al., 2022; McClelland, 2002).

Stephanostomum sp. fue descrito previamente como *S. dentatum* en meros rojos de la misma área geográfica (Aguirre-Macedo & Bray, 1996). *G. medius*, previamente reportado como *G. clavatus* (Moravec et al., 1995, 1997; Vidal et al., 1998) en la misma región coincidió con las secuencias obtenidas en García-Varela et al. (2024).

En este estudio, los peces en cautiverio tuvieron menor diversidad parasitaria que su contraparte silvestre. Pese a que el número de muestra es limitado, el estadio de desarrollo de la muestra y la profundidad a la que los peces fueron capturados, también influyen en los hallazgos.

Los parásitos pueden afectar la sobrevivencia y reproducción de meros en cautiverio. En nuestro estudio, el monogéneo *P. yucatanensis* sólo se encontró en el segundo evento, debido a que en el evento 1 se apli-

có un lavado en agua dulce. *Philometra* también ha sido reportado como causa de enfermedades crónicas y daño a órganos reproductivos, mientras que *Pseudoterranova* sp. afecta el valor del producto al encontrarse en músculo (Nagazawa & Cruz-Lacierda, 2004), aunque en *E. morio* sólo se ha reportado en ojos y gónadas (Moravec et al., 1997). Pese a no haber casos reportados en Yucatán (Laffon-Leal et al., 2000) *Pseudoterranova* sp. es de riesgo zoonótico.

Conclusión

El mantenimiento en cautiverio de *E. morio* conlleva medidas profilácticas como las cuarentenas, los baños de agua dulce, y el control alimentario con el fin de mantener el bienestar animal. Aún con estas medidas profilácticas, la fauna parasitaria, particularmente los endoparásitos pueden sobrevivir. Sin embargo, identificar las especies presentes y sus parámetros de infección ayuda a identificar riesgos a la salud de los peces, así como a identificar parásitos de potencial zoonótico.

Referencias

- Aguirre-Macedo, L.M., & Bray, R.A. (1996). Some trematodes from *E. morio* (Pisces: Serranidae) from the coast of the Yucatan Peninsula. *Studies on the Natural History of the Caribbean Region*, 72(1), 55–68.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *The Journal of parasitology*, 575–583.
- Cribb, T. H., Bray, R. A., Wright, T., & Pichelin, S. (2002). The trematodes of groupers (Serranidae: Epinephelinae): knowledge, nature and evolution. *Parasitology*, 124(7), 23–42. <https://doi.org/10.1017/s0031182002001671>
- García-Varela, M., Nadler, S.A. (2005). Phylogenetic relationships of Palaeacanthocephala (Acanthocephala) inferred from SSU and LSU rDNA gene sequences. *Parasitology*, 91, 1401–1409 DOI: 10.1645/GE-523R.1

Laffon-Leal, S., Vidal-Martínez, V., & Arjona-Torres, G. (2000). 'Cebiche'— a potential source of human anisakiasis in Mexico? *Journal Of Helminthology*, 74(2), 151-154. <https://doi.org/10.1017/s0022149x00000202>

Leong, T., & Wong, S. (1988). A comparative study of the parasite fauna of wild and cultured grouper (*Epinephelus malabaricus* Bloch et Schneider) in Malaysia. *Aquaculture*, 68(3), 203-207. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90353-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90353-5)

Leong, S. T., & Yong, W. S. (1990, 1 septiembre). Parasites of Healthy and Diseased Juvenile Grouper (*Epinephelus malabaricus* (Bloch and Schneider)) and Seabass (*Lates calcarifer* (Bloch)) in Floating Cages in Penang, Malaysia. *Asian Fisheries Society*, 3(3), 319-327.

Mcclelland, G. (2002). The trouble with sealworms (*Pseudoterranova decipiens* species complex, Nematoda): a review. *Parasitology*, 124(7), 183-203. <https://doi.org/10.1017/s0031182002001658>

Moravec, F., Mendoza-Franco, E., & Vargas-Vázquez, J. (1996). *Paracapillaria epinepheli* n. sp. (Nematoda: Capillariidae) from the red grouper *Epinephelus morio* (Pisces) from México. *Systematic Parasitology*, 33, 149-153.

Moravec, F., Vidal-Martínez, V.M., Vargas-Vázquez, J., Vivas-Rodríguez, C., González-Solís, D., Mendoza-Franco, E. & Güemez-Ricalde, J. 1997. Helminth parasites of *Epinephelus morio*. *Folia Parasitologica*, 44(4), 255–266.

Nagasawa, K. & Cruz-Lacierda, E. (2004). Diseases of cultured groupers. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Japan.

Rückert, S., Klimpel, S., & Palm, H. W. (2009). Parasites of cultured and wild brown marbled grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskål, 1775) in Lampung Bay, Indonesia. *Aquaculture Research*, 41(8), 1158-1169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02403.x>

Truong, T. V., Neubert, K., Unger, P., Bui, T. Q., Ngo, H. T. T., Palm, H. W., & Kleinertz, S. (2017). Assessment of *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822) aquaculture systems in the Gulf of Tonkin, Vietnam, by using fish parasites. *Journal Of Applied Ichthyology*, 33(6), 1125-1136. <https://doi.org/10.1111/jai.13475>

Van Der Spuy, L., Smit, N. J., Naidoo, K., & Schaeffner, B. C. (2022). A new species of Phoreiobothrium Linton, 1889 (Cestoda: Onchoproteocephalidea) from the spinner shark, *Carcharhinus brevipinna* (Valenciennes) off the coast of KwaZulu-Natal, South Africa. *Systematic Parasitology*, 100(2), 149-158. <https://doi.org/10.1007/s11230-022-10077-x>

Vidal-Martínez, V.M., Aguirre-Macedo, M.L., Vivas-Rodríguez, C.M., & Moravec, F. (1998). Las comunidades de macroparásitos del mero *Epinephelus morio* (Pisces: Serranidae) en la Península de Yucatán, México. *Procc. 50th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 764–769.

Temática: Enfermedades y parásitos

Modalidad experiencia

El enfoque clínico en la atención sanitaria de reproductores de Mero Rojo (*Epinephelus morio*) en cautiverio

Mario Alberto Armenta Córdova^{1*}, Miroslava Maricela López Lara¹, Manuel Valenzuela Jiménez², Claudia Verónica Durruty Lagunes²

¹Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Yucatán

²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación de SISAL. Facultad de Ciencias. UNAM

Correo de autor correspondiente: m_acordova@outlook.com

Contexto y justificación

La atención sanitaria en acuicultura por lo general se enfoca a grandes poblaciones, esto implica una serie de protocolos que se basan en análisis post mortem para realizar los diagnósticos clínicos necesarios. Al trabajar con organismos de alta estima como pueden ser reproductores, se debe utilizar un enfoque clínico diferente basado en herramientas de diagnóstico no invasivas y evitar el realizar necropsias para obtener información.

La adaptación al cautiverio de especies con potencial acuícola conlleva a la aparición de enfermedades, sin embargo, para muchas especies de peces marinos, no se cuenta con experiencias ni protocolos de diagnóstico disponibles que excluyan el realizar necropsias.

Desde el año 2022, se ha dado seguimiento sanitario a la población de reproductores de mero rojo (*Epinephelus morio*) en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) de la Facultad de Ciencias de la UNAM, en Sisal, Yucatán. Los resultados obtenidos y protocolos empleados representan una guía para el trabajo de diagnóstico clínico en esta especie, lo que a su vez puede ayudar a conocer cuáles son los parámetros de salud en individuos que se vayan incorporando al banco de reproductores.

Palabras clave: Mero rojo, veterinaria acuícola, enfermedades, diagnóstico, tratamiento.

Descripción de la experiencia

Desde el año 2022 se ha realizado el seguimiento sanitario a distintos animales del núcleo de reproductores de la UMDI (Sisal, Hunucmá, Yucatán), utilizando un enfoque no invasivo. Los animales fueron obtenidos del medio silvestre y adaptados a las condiciones de mantenimiento en estanques.

Se identificaron los signos clínicos más comunes y con base en la anamnesis se tomaron muestras de hisopados urogenitales para su cultivo en diferentes agares: TCBS, TSA y ChromoAgar Strep B® para abarcar la mayoría de los patógenos bacterianos reportados para otras especies marinas.

Asimismo, se realizaron muestreos de sangre del arco branquial, aproximadamente 2 ml en tubos Microtainer® con EDTA para su análisis hematológico, de los mismos animales con muestras de hisopado urogenital. Y se realizó el diagnóstico por imagenología (ultrasonido, rayos X) para obtener información de una masa interna en una hembra en particular.

Finalmente, se realizaron muestreos de calidad de agua bacteriológica para comparar los hallazgos de patógenos bacterianos en animales con signos de enfermedad y los aislamientos de patógenos potenciales presentes en el sistema de recirculación donde se mantienen a los peces.

Hallazgos o resultados

Los animales suelen exhibir cuadros clínicos similares evidenciados por exoftalmia uni o bilateral, opacidad corneal, ascitis, hemorragias petequiales, equimosis abdominales. En casos extremos se han observado úlceras epiteliales, opacidad corneal severa y enfisema orbitario. Y en casos aislados se han observado abscesos en piel.

Resultados de bacteriología

El complejo bacteriano más aislado se compone de *Vibrio alginolyticus*, *V. parahaemolyticus* y *Aeromonas sp*, las cuales provocan un cuadro de enteritis que es concordante con los signos encontrados. En los análisis de abscesos se ha aislado *Staphylococcus aureus* y *S. epidermidis*. En el caso de *V. alginolyticus* suele presentarse en animales sanos y enfermos. El agua del sistema de cultivo coincide con la presencia del complejo Vibrio/Aeromonas, no obstante, se aíslan más especies como: *Streptococcus sp.*, *Enterococcus sp* y *Pseudomonas sp*.

Resultados de imagenología

A través del ultrasonido y radiografía se detectó una masa que presenta un patón semejante a una estructura sólida encapsulada. Aunque este análisis no es concluyente, brinda información importante para desarrollar un diagnóstico presuntivo. Dada la ubicación de esta masa, se podría pensar en una neoplasia gonadal o un granuloma derivado de una infección bacteriana, por ejemplo por *Mycobacterium sp* o parasitaria.

Resultados de hematología

Los conteos de eritrocitos son normales, pero considerando parámetros de otras especies, sin embargo, en casos de enfermedad, el conteo de leucocitos suele ser bajo, lo que sugiere inmunosupresión leve o quizás diferente fisiología base del mero rojo.

Resultados de tratamientos

La mayor parte de los tratamientos se basan en antibioterapia, pero se han incorporado protocolos desinflamatorios y paliativos para la opacidad corneal y exoftalmia, utilizando atropina tópica ocular y meloxicam. En la debridación de los abscesos se aplican soluciones de superoxidación y antibiótico subcutáneo o cicatrizante.

Impacto potencial

En la mayoría de los casos, los hallazgos clínicos son concordantes con infecciones bacterianas oportunistas, derivadas quizás de inmunodepresión por factores ambientales y de manejo estresantes. Sin embargo, es importante perfeccionar el modelo de diagnóstico clínico, dado que en este tipo de poblaciones de animales de alto valor no es deseable realizar técnicas invasivas o postmortem. Por otro lado, conocer los parámetros de salud a través de la hematología de esta población de mero rojo en cautiverio, permitiría monitorear cualquier anomalía y anticiparse al tratamiento aún en fases sub clínicas, así como poder evaluar el efecto de la aplicación de probióticos e inmunoestimulantes.

Finalmente, en el tema de los tratamientos, se necesita ampliar la base farmacológica, pues las experiencias son limitadas en cuanto a los efectos de ciertas drogas en los peces y en particular en esta especie, aunque se realizan inferencias basadas en otras especies de estudio, no se debe descartar las particularidades para que el tratamiento sea exitoso e inclusive se puedan implementar procedimientos quirúrgicos.

