

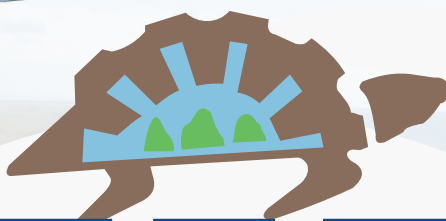
NUEVA ESPECIE

Cymothoa facimar



DRA. MAYRA GRANO-MALDONADO Y DR. JOSÉ SALGADO-BARRAGÁN
DEDICAN UN ISÓPODO PARÁSITO A LA FACIMAR





CIMAR

Revista

DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

El comité editorial de la Revista Ciencia del Mar UAS desea extender un profundo agradecimiento a la Dra. Mayra Grano-Maldonado y al Dr. José Salgado Barragán quienes descubrieron una nueva especie de isópodo al que le pusieron por nombre el de nuestra Facultad: *facimar*

Esta nueva especie de isópodo, cuyo nombre científico es ahora *Cymothoa facimar*, fue recientemente publicado en la revista científica Systematic Parasitology cuya cita es:

Salgado-Barragán J. y Grano-Maldonado M.I. (2025). More than one: A second eastern Pacific species of *Cymothoa* (Crustacea: Isopoda) in the SE Gulf of California, Mexico. Syst. Parasitol., 102:51.
<https://doi.org/10.1007/s11230-025-10241z>

Por lo anterior, y a manera de reconocimiento, la portada de este número especial conmemorativo al 55 aniversario de la Facultad de Ciencias del Mar, UAS; es dedicado a la Dra. Mayra Grano y al Dr. José Salgado. Así mismo, agradecemos a las autoras y los autores que contribuyeron con sus artículos en este número, donde algunos artículos son egresados (as); mientras que otros son de alumnos (as) de las carreras y del posgrado de nuestra Facultad.

De corazón:

¡¡¡GRACIAS!!!



Número 1, Volumen 3, ISSN 3062-8959

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA



DIRECTORIO INSTITUCIONAL

- Dr. Jesús Madueña Molina
Rector
- M.C. Sergio Mario Arredondo Salas
Secretario Académico Universitario
- Dr. Manuel Iván Tostado Ramírez
Vicerrector de la Unidad Regional Sur
- Dra. Marcela de Jesús Vergara Jiménez
Directora General de Investigación y Posgrado
- Dr. Joel Cuadras Urias
Director General del Sistema Bibliotecario
- Dr. José Adán Félix Ortiz
Director Facultad de Ciencias del Mar
- Lic. Nidia Odette Santana Rodelo
Coordinadora de Revistas Académicas Universitarias-UAS

Comité Editorial

Dr. Martín Gabriel Frías Espericueta
Editor en jefe

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Editor asociado

L.I. Nerika Azucena Benitez Pardo
Gestora de la Plataforma Editorial

Dr. David Arturo Delgado Esquivel
Corrector de Estilo

T.D.G. Ernesto Alfonso Chávez Aranguré
Diseño gráfico y maquetación

Editores por línea de investigación

Dr. Wenceslao Valenzuela Quiñones, Instituto Politécnico Nacional, México.
Desarrollo de sistemas para la producción sustentable de organismos acuáticos

Dr. Enrique Morales Bojórquez, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. México.
Aprovechamiento sustentable de recursos pesqueros

Dra. Ofelia Escobar Sánchez, SECIHTI-Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
Dra. Nidia Yuniba Brun Corona, Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
Manejo sustentable de ambientes costeros

Comité Científico

Dr. Just Tomas Bayle Sempere
Universidad de Alicante, España

Dr. Diego Lercari Bernier
Universidad de la República, Uruguay

Dr. Álvaro Javier Burgos Arcos
Universidad de Nariño, Colombia

Dr. Rodolfo Vögler
Universidad de la República, Uruguay

Dr. Hugo Arancibia Farías
Universidad de Concepción, Chile

Dr. Andrés Cisneros Montemayor
Simon Fraser University, EUA

Dr. Francisco Arreguín Sánchez
Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR), México

El Consejo Editorial de CIMAR UAS Revista Científica agradece las generosas colaboraciones realizadas por investigadores nacionales e internacionales pertenecientes a reconocidas universidades y centros de investigación que participaron como pares evaluadores.

ISSN 3062-8959

CINTILLO LEGAL

Revista Ciencias del Mar UAS, es una publicación trimestral editada por la universidad Autónoma de Sinaloa, a través de la Facultad de Ciencias del Mar, con el domicilio en Paseo Claussen S/N, Centro, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México. Teléfono (669) 9828656. Editor responsable, Martín Gabriel Frías Espericueta. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo Núm. 04-2024-110712440500-102, ISSN: 3062-8959.

Cada artículo es obra original del autor, donde son reflejadas sus ideas y apreciaciones; el Comité Editorial y la Revista "Ciencias del Mar UAS" no se hacen participantes de dicha postura, por lo consiguiente el autor de cada artículo/texto será considerado legalmente responsable. La revista Ciencias del Mar UAS rechaza cualquier reclamación legal proveniente por la reproducción parcial o total de la información, y de plagio en los trabajos publicados.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.



Cada manuscrito está bajo la licencia Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.



CONTENIDO

EDITORIAL

ARTÍCULO CIENTÍFICO

¿La heterogeneidad en el tamaño de la muestra afecta la selección del modelo de crecimiento?

Does sample size heterogeneity affect growth model selection?

8-25

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Estructura de tallas, relación talla-masa total y factor de condición de nueve especies de peces en los ríos de Zamora Chinchipe, Amazonía sur ecuatoriana

Size structure, length-body mass relationship and condition factor of nine fish species in the rivers off Zamora Chinchipe, Ecuadorian Southern Amazon

26-48

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Parásitos de peces invasores en ambientes acuáticos del Caribe mexicano y sureste de México

Parasites of invasive fish in aquatic environments of the Mexican Caribbean and southeastern Mexico

49-70

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Copépodos parásitos asociados al tiburón martillo (*Sphyrna* sp.) en zonas de pesca artesanal de Mazatlán, Sinaloa, México

Parasite copepods associated with the hammerhead shark (*Sphyrna* sp.) in artisanal fishing zones of Mazatlán, Sinaloa, Mexico

71-86

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Fases larvares de gnatídeos (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) ectoparásitos temporales en peces comerciales de Mazatlán, Sinaloa.

Larval stages of gnathiids (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) are temporary ectoparasites on commercial fish in Mazatlán, Sinaloa.

87-98

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Total Mercury content in edible tissues of *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854) fed with three different diets.

Contenido total de mercurio en tejidos comestibles de *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854) alimentados con tres dietas diferentes.

99-109

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Depredadora u oportunista: Comportamiento alimenticio de *Kynaria cynara* (Marcus & Marcus, 1976) en cautiverio

Predator or opportunist: Feeding behavior of *Kynaria cynara* (Marcus & Marcus, 1976) in captivity

110-123

REVISIÓN CIENTÍFICA

Revisión del uso de hilos colectores en sistemas de acuicultura como técnica de diagnóstico parasitológico eficaz y no invasivo para el estudio de parásitos monogéneos

Thread collection technique in aquaculture systems as an effective and non-invasive parasitological diagnosis for the study of monogenean parasites

124-146

REVISIÓN CIENTÍFICA

The role of Phytoplankton and climate change in marine ecosystems: from a biologist's point of view.

El papel del Fitoplancton y el cambio climático en los ecosistemas marinos: desde el punto de vista de un biólogo.

147-163

REVISIÓN CIENTÍFICA

Camarón: el llamado oro del mar

Shrimp: The Gold of the Sea

164-176



Mensaje del Director

Celebrar el **55 aniversario de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa** es, sin duda, un momento de profunda reflexión, orgullo y compromiso con nuestra historia. Más de medio siglo de vida académica representa el esfuerzo sostenido de generaciones de estudiantes, docentes, investigadores, personal administrativo y directivo que han contribuido a consolidar a nuestra Facultad como un referente en la formación de profesionales y en la generación del conocimiento.

Desde su fundación, la Facultad de Ciencias del Mar ha tenido una misión clara: **formar recursos humanos altamente capacitados**, comprometidos con el estudio, aprovechamiento sustentable y conservación de los ecosistemas marinos y acuáticos. A lo largo de estos 55 años, esta misión se ha fortalecido mediante la docencia de calidad, la investigación científica pertinente y la vinculación constante con los sectores social, productivo y gubernamental.

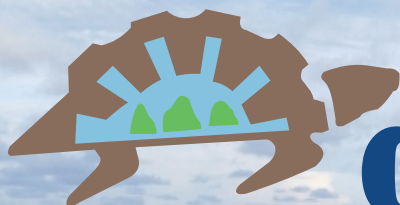
Nuestra Facultad ha sabido evolucionar y adaptarse a los retos científicos, tecnológicos y sociales de cada época. Hoy contamos con programas educativos de licenciatura y posgrado reconocidos por su calidad, cuerpos académicos consolidados, infraestructura en constante fortalecimiento y una comunidad universitaria activa que participa en proyectos de impacto regional, nacional e internacional. Todo ello ha sido posible gracias al trabajo colectivo.

En este marco conmemorativo, resulta especialmente significativo destacar el papel de la **Revista Ciencias del Mar UAS**, órgano de difusión científica que representa un espacio fundamental para la divulgación del conocimiento generado en nuestra Facultad y en instituciones afines. La obtención reciente de su ISSN digital fortalece su proyección y reafirma nuestro compromiso con la ciencia abierta, rigurosa y socialmente pertinente. Además, nuestra revista está cumpliendo su segundo año en esta nueva etapa, por ello esta publicación de conmemoración ha sido dedicada a estudiantes, egresados y académicos de la facultad.

Asumir la Dirección de la Facultad de Ciencias del Mar en este momento histórico implica una gran responsabilidad. Reitero mi compromiso de trabajar con visión incluyente, diálogo permanente y liderazgo académico para consolidar los logros alcanzados y construir nuevas oportunidades para nuestra comunidad. Nuestro futuro demanda innovación, interdisciplinariedad y una formación ética y humanista que responda a los desafíos ambientales y sociales actuales.

Quiero agradecer a todas y todos quienes han sido parte de esta historia, mi más sincero reconocimiento, también un agradecimiento a nuestro Rector Dr. Jesús Madueña Molina por su decidido apoyo a nuestra facultad. Que este **55 aniversario** nos motive a seguir fortaleciendo nuestra identidad, honrando nuestro pasado y proyectando con determinación el futuro de la Facultad de Ciencias del Mar.

Dr. José Adán Félix Ortiz



latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Artículo Científico

¿La heterogeneidad en el tamaño de la muestra afecta la selección del modelo de crecimiento?

Does sample size heterogeneity affect growth model selection?



1. Guillermo Rodríguez-Domínguez



0000-0002-5612-5131

Universidad Tecnológica de Escuinapa.
Camino al Guasimal S/N, Col. Centro,
C.P. 82400, Escuinapa, Sinaloa, México
Autor de correspondencia: guirodom@uas.edu.mx



2. Jorge Payán-Alejo



0000-0003-4636-0274

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad
Autónoma de Sinaloa. Paseo Clausen s/n
Los Pinos, C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa,
México. jorge.payan.facimar@uas.edu.mx



¿La heterogeneidad en el tamaño de la muestra afecta la selección del modelo de crecimiento?

Does sample size heterogeneity affect growth model selection?

► RESUMEN

Para resolver el problema de datos limitados de edad-talla en organismos acuáticos se ha propuesto fortalecer la muestra con datos simulados con distribuciones normales. Se considera que el reforzamiento corrige el efecto de la heterogeneidad de tamaños al seleccionar un modelo sesgado. Para analizar estas afirmaciones se generaron datos simulados de edad-talla bajo nueve escenarios diferentes, con tamaño de muestra heterogénea y después estos mismos datos fueron reforzados con más datos simulados para homogeneizar los tamaños de muestra por edad. Entonces varios modelos candidatos fueron evaluados para cada conjunto de datos (datos originales y reforzados) bajo un enfoque de selección multimodelo (MMS) con errores aditivos y multiplicativos. Entonces se estimó el índice de Akaike y la diferencia de Akaike. Las muestras homogeneizadas se repitieron 100 veces.

El Enfoque MMS seleccionó siempre el modelo generador de los datos como el mejor modelo con tamaños de muestra heterogénea. Mientras que, con las muestras homogeneizadas, no siempre el modelo generador fue seleccionado como mejor y en algunos casos fue clasificado como el peor. Se observó que la heterogeneidad de varianzas y la estructura del error asumido sí afecta la selección del mejor modelo entre muestras originales y homogeneizadas. Se propone que tanto el modelo candidato como la estructura del error se sometan al enfoque MMS cuando se modele el crecimiento de especies acuáticas y hacer un esfuerzo por complementar los datos limitados y no fortalecer con datos simulados que pueden tener un sesgo de origen.

Palabras clave: Muestras homogeneizadas, Crecimiento, Selección multimodelo, estructura del error, varianza heterogénea.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► ABSTRACT

To solve the problem of limited age-size data in aquatic organisms, bolstered sample, using simulated data with normal distributions has been proposed. Bolstered is believed to correct the effect of selecting a biased model, by size sample heterogeneity. To analyze these claims, simulated age-length data were generated under nine different scenarios with heterogeneous sample sizes, and then these same data were bolstered with more simulated data to homogenize sample sizes by age. Several candidate models were then evaluated for each data set (original and reinforced data) using a multi model selection (MMS) approach, with additive and multiplicative errors. The Akaike index and Akaike difference were then estimated. The bolstered samples were repeated 100 times. The MMS approach always selected the model that generated the data as the best model with heterogeneous sample sizes. While with the bolstered samples, the generating model was not always selected as the best, and in some cases, it was classified as the worst. It was observed that variance heterogeneity and the assumed error structure do affect the selection of the best model between the original and boosted samples. It is proposed that both the candidate model and the error structure be subjected to the MMS approach when modeling the growth of aquatic species, and that an effort be made to complement the limited data and not reinforce them with simulated data that may have a source bias.

Keywords: Bolstered samples, Growth, Multimodel selection, error structure, heterogeneous variance.

► INTRODUCCIÓN

En la modelación del crecimiento de especies acuáticas se utiliza frecuentemente el enfoque de selección multimodelo (MMS) (Luquin-Covarrubias et al. 2016; Góngora-Gómez et al. 2018), donde varios modelos candidatos se ajustan a los datos de crecimiento observado, a través de un procedimiento iterativo, para estimar los parámetros de cada modelo, maximizando una función de verosimilitud normal o verosimilitud log normal según sea los supuestos acerca de los errores. Una vez ajustados los modelos candidatos se selecciona el mejor utilizando el criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés) (Akaike 1983); el mejor modelo será aquel con el menor valor.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

AIC es una medida de la distancia relativa de la distribución de probabilidad de los errores respecto a la distribución normal o log-normal. La diferencia de Akaike (ΔAIC) mide la distancia relativa entre modelos y se usa también como indicador del soporte del modelo en los datos. Burnham y Anderson (2002) establecieron niveles de soporte empírico de cada modelo candidato dado los datos, con base en la ΔAIC ; un valor entre 0 y 2 indica un soporte sustancial (cualquiera de los modelos en este nivel puede describir adecuadamente el crecimiento), mientras que valores entre 4 a 7 tendrían considerablemente menos soporte y valores > 10 , esencialmente ningún soporte. En esta categorización de Burnham y Anderson (2002) es evidente que quedan fuera los intervalos ΔAIC entre 2 a 4 y de 7 a 10. Los errores pueden ser aditivos con distribución de probabilidad normal o multiplicativos con distribución log normal. Generalmente cuando se observa una varianza de la talla incrementando con la edad se asume que el error es multiplicativo, mientras que si la varianza se mantiene constante entre edades se asume error aditivo. Sin embargo, la alternativa es no asumir a priori una estructura de error dada, si no evaluarla también junto con los modelos candidatos utilizando el AIC. La combinación del mejor modelo y estructura de error puede ser elegida con base al menor AIC (Rodríguez-Domínguez et al. 2024).

MMS se ha referido como un mejor enfoque para la modelación del crecimiento en especies acuáticas, sin embargo, Bolser et al. (2018) afirman que la distribución del tamaño de muestra entre edades puede afectar la selección de un modelo sesgado con consecuencias en la evaluación del stock y por deriva en el manejo de la pesquería. Estos autores proponen un procedimiento para homogeneizar el tamaño de las muestras por edad, a través de un procedimiento de simulación de datos aleatorios. Aplicando este procedimiento a datos de talla a la edad de curvina Golfina y un enfoque MMS, encontraron que el modelo de Von Bertalanffy (1938) fue el mejor para describir el patrón de crecimiento de la curvina golfina a diferencia del modelo Schnute-Richards (1990), que fue el mejor seleccionado en el análisis de los datos originales. Usaron ambos patrones de crecimiento en un modelo de rendimiento por recluta y encontraron que el modelo de Schnute-Richards predijo un stock más saludable que cuando se usa el de Von Bertalanffy, concluyendo que una selección errónea del modelo de crecimiento tiene serias implicaciones en la evaluación y manejo del stock.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Enciso-Enciso et al. (2022) también aplicaron el procedimiento de Bolser en datos de *Sardinops sagax* y encontraron que los únicos modelos con un suficiente soporte en los datos fueron el de Von Bertalanffy y el de Schnute, a diferencia del modelo logístico que fue seleccionado como el mejor cuando se analizaron los datos originales.

El procedimiento de Bolser et al., (2018) para homogenizar las muestras por edad, genera datos al azar a partir de una distribución normal para complementar las edades con muestras pequeñas o elige al azar una submuestra de datos donde la muestra es considerablemente grande. Como el procedimiento implica un efecto aleatorio cabe la pregunta ¿Qué pasa si se repite el procedimiento de homogenización de muestras varias veces? ¿Se obtiene siempre el mismo resultado?

Usando MMS el mejor modelo es aquel con el menor AIC así que un cambio en la selección del mejor modelo, como sucede cuando se homogeniza el tamaño de la muestra, debe implicar un cambio en el AIC de cada modelo candidato. Para analizar esta posibilidad examinemos la diferencia de Akaike entre un modelo i y el mejor modelo (b) que se puede expresar de la siguiente manera:

$$\Delta AIC = 2 * (\phi_i - \phi_b) - 2 * (LLi - LLb)$$

Donde ϕ_i y ϕ_b son el número de parámetros de los modelos i y b , mientras que LLi y LLb son la máxima log verosimilitud de ambos modelos.

El primer término no se ve afectado por el tamaño de la muestra, por lo que la ΔAIC al modificar el tamaño de la muestra depende del segundo término y específicamente de la diferencia entre log verosimilitudes. El segundo término podría expresarse así:

$$-2 * (LLi - LLb) = (n) * [\ln(2\pi) + 2 * \ln(\sigma_i) + 1] - (n) * [\ln(2\pi) + 2 * \ln(\sigma_b) + 1]$$

Donde σ_i y σ_b son las desviaciones estándar de los errores y n es el tamaño de la muestra global de todas las edades. El término no considera homogeneidad o heterogeneidad del tamaño de la muestra entre edades.

La simulación de datos aleatorios, para homogenizar el tamaño de las muestras, se obtiene de distribuciones normales con las medias y σ de los datos originales, por lo tanto, se puede considerar que σ_i y σ_b son igual a aquellas de los datos originales, pero n puede cambiar, entonces el término $-2 * (LLi - LLb)$ cambiará proporcionalmente con el tamaño de

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

la muestra, de modo que la ΔAIC cambiará, pero nunca el modelo i será mejor que el modelo b. La única manera de que el modelo i sea mejor que el modelo b es que el valor de σ_i disminuya y σ_b aumente. Por lo tanto, la homogenización del tamaño de las muestras no debería cambiar la selección del mejor modelo con el MMS. Sin embargo, la generación de datos aleatorios implica que puede cambiar aleatoriamente σ y por tanto ΔAIC , así que la selección del mejor modelo puede también cambiar, especialmente cuando la distancia entre dos modelos es pequeña.

Los datos analizados en Bolser et al. (2018) y Enciso-Enciso. (2022) además de la heterogeneidad en el tamaño de la muestra, también contienen heterogeneidad de varianzas entre edades. Enciso-Enciso et al. (2022) asumieron error multiplicativo para estabilizar la varianza, pero en Bolser et al. (2018) no lo consideraron.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de homogenización del tamaño de la muestra con datos simulados sobre la selección multimodelo de crecimiento, comparando la capacidad del MMS para identificar el modelo verdadero bajo escenarios de heterogeneidad de muestras y varianza.

► MATERIALES Y MÉTODOS

En la tabla 1 se muestra la información de *Sardinops sagax*, de Enciso-Enciso et al. (2022), que fue la base para la generación de datos simulados analizados en esta publicación.

Tabla 1. Talla promedio, desviación estándar y tamaño de muestra por edad de *Sardinops sagax* (datos copiados de tabla 3 de Enciso-Enciso et al. (2022)).

EDAD	TALLA	DE	N
0.5	125.7	6.9	48
1.0	143.8	11.8	357
1.5	152.3	11.4	495
2.0	165.2	14.2	1090
2.5	175.5	14.7	295



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

3.0	182.0	15.1	640
3.5	186.8	13.3	152
4.0	192.0	13.1	274
4.5	193.9	10.3	55
5.0	199.2	9.8	57
5.5	199.4	6.5	21
6.0	206.4	6.8	25

Se simularon nueve conjuntos de datos de talla a la edad, todos con el mismo tamaño de muestra por edad como en la tabla 1.

El primer conjunto de datos simulados a los que se denominará “datos originales” (DO) se generaron aleatoriamente para cada edad a partir de una distribución normal con la media y la desviación estándar de la tabla 1. Para considerar el efecto de la heterogeneidad de varianzas otro conjunto de datos fue simulados como en DO, pero con desviación estándar de 11.3 constante para cada edad y a estos datos se le denominarán DOVHO.

Otros cuatro conjuntos de datos se generaron de la misma manera que DO, pero las medias fueron sustituidas por la talla estimada de modelos logísticos con cuatro vectores de parámetros distintos que se muestran en la tabla 2 y se denominaron LOGM1, LOGM2, LOGM3 y LOGM4. Las diferencias esenciales fueron en el parámetro k ; la tasa de crecimiento, con un gradiente de 0.3 a 0.9, para que el punto de inflexión del modelo logístico fuera más evidente con el incremento de k , con la idea de que con valores bajos de k los datos generados con el modelo logístico tendrían probabilidad de soportar también el modelo de Von Bertalanffy (VBM) y que a valores mayores de k la diferencia entre estos dos modelos fuera más evidente.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla2.- Vectores de parámetros de un modelo logístico usados en la simulación de datos de crecimiento.

Modelo	L_{∞}	k	t_0
Logístico 1 (LOGM1)	250	0.3	1
Logístico 2 (LOGM2)	255	0.4	1.5
Logístico 3 (LOGM3)	255	0.5	1.5
Logístico 4 (LOGM4)	255	0.9	1.5

Otros tres conjuntos de datos fueron generados de la misma manera que DO, pero ahora las medias fueron sustituidas por la talla estimada de un modelo VBM con tres vectores distintos de parámetros como se muestra en la tabla 3 y fueron denominados VBM1, VBM2 y VBM3.

Tabla3.- Vectores de parámetros de un modelo de Von Bertalanffy usados en la simulación de datos de crecimiento.

Modelo	L_{∞}	k	t_0
VonBertalanffy1 (VBM1)	372	0.11	-2.4
VonBertalanffy1 (VBM2)	443	0.08	-2.75
VonBertalanffy1 (VBM3)	300	0.08	-1.0

Los parámetros del VBM fueron elegidos de tal forma que la ΔAIC entre el modelo VBM y los otros modelos candidatos se fuera incrementando, así en VBM1, la ΔAIC con los otros dos modelos candidatos fue menor de 2, en VBM2, varió entre 2 y 4 y en VBM3, fue mayor de 4.

Se calcularon las medias y desviación estándar por edad de los conjuntos de datos mencionados arriba (Tabla 4) y fueron usados para homogenizar a 500 datos por edad siguiendo el procedimiento de Bolser et al. (2018). Con excepción de las edades 2 y 3 se generaron datos para complementar el tamaño de la muestra, mientras que en las edades 2 y 3 donde los datos rebasaron el tamaño de 500 datos, se eligieron aleatoriamente sin remplazo 500 de los datos disponibles. El procedimiento se repitió 100 veces para cada conjunto de datos.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla 4. Talla promedio y desviación estándar (DE) de los conjuntos de datos generados aleatoriamente.

n	Edad	DO		DOVHO		LOGM1		LOGM2		LOGM3		LOGM4		VBM1		VBM2		VBM3	
		Talla	DS	Talla	DS	Talla	DS	Talla	DS	Talla	DS	Talla	DS	Talla	DS	Talla	DS	Talla	DS
48.0	0.5	126.5	7.3	126.5	11.2	116.2	5.9	102.9	5.6	95.6	7.0	74.1	5.8	102.0	7.4	102.5	6.8	34.1	5.4
357.0	1.0	143.0	12.1	143.1	10.4	125.1	11.8	115.2	12.4	112.2	12.8	99.6	12.1	116.0	11.7	114.6	11.7	45.0	12.0
495.0	1.5	153.3	11.4	152.1	11.4	133.7	10.7	128.4	11.1	128.4	11.7	127.3	10.8	130.0	11.7	128.0	10.6	54.5	11.0
1090.0	2.0	164.2	14.5	165.2	11.0	143.5	13.6	140.0	14.3	142.9	14.0	156.1	13.7	142.0	14.3	140.1	13.8	64.4	14.0
295.0	2.5	175.4	14.0	175.1	11.0	152.1	14.6	151.0	13.7	159.1	15.0	181.5	15	155.0	14.6	151.9	14.4	73.2	14.0
640.0	3.0	182.7	15.2	181.7	11.3	161.4	15.3	163.7	15.4	172.7	14.6	201.9	15.4	167.0	14.7	163.4	15.5	81.8	15.0
152.0	3.5	188.0	13.0	187.8	12.3	167.4	12.4	175.9	13.8	187.5	13.8	217.9	13.9	179.0	13.6	176.5	14.1	91.5	14.0
274.0	4.0	191.9	14.1	192.6	11.2	177.1	13.4	186.0	12.9	197.1	13.3	230.8	13	189.0	12	184.5	12.8	99.5	14.0
55.0	4.5	194.5	10.0	194.9	10.0	184.1	10.2	195.2	10.8	211.4	10.3	239.8	9.2	197.0	10.6	197.1	8.4	107.1	11.0
57.0	5.0	198.9	10.3	198.1	10.7	191.5	11.2	206.9	8.5	214.7	8.4	244.6	8.2	207.0	11.4	206.1	10.3	115.5	11.0
21.0	5.5	200.7	6.3	202.4	14.1	197.7	7.9	212.4	6.2	223.2	7.7	246.8	7.0	214.0	4.6	215.4	6.5	120.2	5.1
25.0	6.0	205.3	7.4	203.4	8.1	204.2	6.2	217.3	6.8	231	7.2	250.2	7.2	224.0	6.7	221.8	5.8	127.7	8.1

El enfoque MMS fue utilizado para ajustar los modelos candidatos a los datos con tamaño de muestras heterogéneos (NHET) y sus respectivas muestras ya homogenizadas (NHOMO). Para los DO y DOVHO los modelos candidatos fueron el de VBM, el de Ruiz-Velasco (RVM) (Ruiz-Velazco et al. 2010) y el de Richards (RICHM) (Richards 1959). Los modelos de Gompertz (Gompertz 1825) y logístico (Ricker 1975), que se usaron en Enciso-Enciso et al. (2022) no se consideraron como candidatos porque el parámetro *to* dio valores negativos, indicando que no existe el punto de inflexión en los datos, que es característico en ambos modelos.

Para los datos generados con las cuatro versiones de un modelo logístico los modelos candidatos fueron: VBM, logístico (LOGM) y RICHM y para las tres versiones de un modelo de VBM fueron: VBM, logístico (LOGM) y Schnute (SCHM), los cuales se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Modelos de crecimiento candidatos utilizados para ajustar a los datos simulados.

Modelo	Ecuación
VBM	$Lt = L\infty * [1 - \exp(-k1 * (t - to1))]$
RVM	$Lt = L1 + (L2 - L1) * \left[\frac{(1 - k2^t)}{(1 - k2^{tmax})} \right]^b$
RICHM	$Lt = \frac{L\infty}{\left[1 + \left(\frac{1}{b} \right) \exp(-k3 * (t - to2)) \right]^b}$
LOGM	$Lt = L\infty * [1 + \exp(-k4 * (t - to3))]^{-1}$
SCHM	$Lt = \left[L1^b + (L2^b - L1^b) \left[\frac{1 - e^{-a(t-\tau_1)}}{1 - e^{-a(\tau_2-\tau_1)}} \right] \right]^{1/b}$



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

En VBM: L_{∞} es la longitud asintótica, k_1 es un coeficiente de crecimiento, t_0 la edad teórica en la que la longitud sería cero. RVM: L_1 y L_2 son la talla inicial y final, t se refiere a la edad y t_{max} a la edad máxima registrada.

RICHM: L_{∞} es la longitud asintótica, k es tasa de crecimiento, t_0 la edad teórica en la que inicia el crecimiento, b es parámetro de forma o curvatura.

LOGM: L_{∞} es la longitud asintótica, k es tasa de crecimiento, t_0 es edad en la cual se encuentra el punto de inflexión ($L_{\infty}/2$).

SCHM: L_1 y L_2 son longitudes promedio para el primer y último grupo de edad, a es la tasa de crecimiento, b está relacionado con el punto de inflexión de una curva de crecimiento con forma de S.

Los modelos fueron ajustados considerando errores aditivos con distribución normal, pero también errores multiplicativos con distribución log normal.

Para el procedimiento de ajuste de los modelos cuando se asumió errores aditivos la función objetivo a maximizar fue la log verosimilitud normal.

$$LL = \left(\frac{-n}{2} \right) * \left[\ln(2 * \pi) + 2 * \ln \left(\sqrt{\frac{\sum (o - e)^2}{n}} \right) + 1 \right]$$

Y cuando se asumió error multiplicativo con distribución log normal se usó la función de log verosimilitud log normal.

$$LL = \left(\frac{-n}{2} \right) * \left[\ln(2 * \pi) + 2 * \ln \left(\sqrt{\frac{\sum \ln \left(\frac{o}{e} \right)^2}{n}} \right) + 1 \right] - \sum \ln(o)$$

Donde o es la talla observada, e , es la talla estimada por el modelo candidato y n es el tamaño de la muestra.

Una vez ajustados los modelos candidatos a los datos se eligió el mejor modelo como aquel que obtuvo el menor AIC.

$$AIC = 2 * (\phi - LL)$$



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Donde \emptyset es el número de parámetros del modelo más 1 (sigma estimada) y LL es la máxima log-verosimilitud.

También se estimó para cada modelo i la diferencia de Akaike

$$\Delta AIC_i = AIC_i - AIC_{min}$$

Donde AIC_i es el AIC de modelo a quien se estima la diferencia de Akaike y AIC_{min} es el menor AIC de los modelos candidatos evaluados en cada caso.

Además, se estimó el peso de Akaike que es una medida de la ponderación del modelo respecto a los otros modelos candidatos analizados.

$$W_i = \frac{e^{(-0.5 \cdot \Delta AIC_i)}}{\sum e^{(-0.5 \cdot \Delta AIC_i)}}$$

De las 100 veces que se repitió el procedimiento de homogenización del tamaño de las muestras, se registró la frecuencia de ΔAIC que obtuvo cada modelo, estableciendo un semáforo para clasificar el resultado: $0 < \Delta AIC < 3$ verde con soporte sustancial del modelo en los datos, $3 < \Delta AIC < 10$ amarillo, para modelos con considerablemente menos soporte y $\Delta AIC > 10$ rojo, para modelos con casi ningún soporte en los datos.

Todos los análisis estadísticos se realizaron en la plataforma R (R Core Team, 2025)

► RESULTADOS

En los nueve conjuntos de datos con NHET, analizados con el procedimiento MMS, fue evidente que los AIC de los modelos candidatos fueron consistentemente más bajos con una estructura del error aditivo que con errores multiplicativos (tabla 6).

En todos los conjuntos de datos donde se conoció el modelo de crecimiento *a priori* el mejor modelo seleccionado fue el mismo bajo el supuesto de error aditivo o error multiplicativo, sin embargo, en los DO, donde el modelo era desconocido, la selección del mejor modelo fue diferente entre ambos errores, pero por el valor más bajo de AIC , se consideró solo la estructura del error aditivo para estimar los ΔAIC y W_i .

En los DO con NHET el mejor modelo seleccionado fue RICHM,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

seguido por el RVM y al final el VBM. RICHM obtuvo un $Wi=77.7\%$ lo que indica un buen soporte en los datos, mientras que RVM obtuvo un $Wi=21\%$ y VBM apenas un $Wi=1.3\%$. Sin embargo, al analizar las muestras homogenizadas, el 47% de las veces se eligió el VBM como el mejor modelo, aunque los tres modelos tuvieron ΔAIC menores a 3 y clasificaron en la categoría de verde.

En los cuatro casos donde se usó el modelo logístico para la generación de datos con NHET, el procedimiento MMS seleccionó acertadamente el modelo LOGM como el mejor con un Wi entre 50 y 75%. Con excepción de los datos LOGM1, el modelo clasificado en segundo lugar fue el RICHM y en tercero el VBM. Con los datos LOGM1 los tres modelos tuvieron un soporte sustancial en los datos y clasificaron en la categoría de verde. El análisis de las muestras homogenizadas también identificó frecuentemente al LOGM como el mejor modelo (83 a 99%), con excepción de los datos LOGM2 donde el modelo RICHM fue el mejor en el 99%, mientras que el verdadero modelo LOGM fue clasificado en la categoría de amarillo y rojo en el 89% de las muestras.

En los tres casos donde se usó el modelo de Von Bertalanffy y NHET, para simular los datos, el MMS detectó adecuadamente que el VBM era el mejor o con un peso sustancial en los datos; clasificado en la categoría de verde. Solo en los datos VBM1 el modelo clasificado en primer lugar fue el LOGM, pero la diferencia con el VBM fue apenas de una décima. En cambio, con el análisis de las muestras homogenizadas, solo en los datos VBM1 se identificó acertadamente que el VBM era el mejor modelo (76% como el mejor y 86% en categoría verde), pero con los datos VBM2 y VBM3 se identificó erróneamente que el SCHM fue el mejor (57%) o en la categoría verde (100%), mientras que el VBM fue erróneamente clasificado en categoría amarilla y roja en el 100% de las muestras a pesar de ser el modelo generador de la muestra analizada.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla 6. Valores de AIC, Δ AIC y Wi obtenidos del ajuste de los modelos candidatos a cada conjunto de datos con NHET y frecuencia de veces en que un modelo candidato obtuvo un Δ AIC en un intervalo dado, en las 100 repeticiones de muestras homogenizadas (NHOMO). En negritas y subrayados se señalan los mejores modelos.

Data	Model	TAMAÑO DE MUESTRA HETEROGENEO				TAMAÑO DE MUESTRA HOMOGENIZADA			
		ERROR ASUMIDO				NUMERO DE VECES QUE Δ AIC =			
		ADITIVO	MULTIPLICATIVO	Δ AIC	Wi(%)	0	0<3	3<10	>10
DO	VBM	28290.6	28312.3	8.6	1.1	47	34	6	0
	RVM	28284.7	28306.3	2.6	21.2	22	65	0	0
	RCHM	28282.0	28309.4	0	77.7	18	69	0	0
DO/HO	VBM	26890.7	26981.4	9.2	0.6	2	22	47	29
	LOGM	26882.7	26973.4	1.2	35.3	16	84	0	0
	RCHM	26881.5	26972.6	0	64.1	82	18	0	0
LOGM1	VBM	28061.5	28103.9	1.5	25.4	17	24	55	4
	LOGM	28060.0	28101.8	0	54.1	83	16	1	0
	RCHM	28061.9	28103.8	1.9	20.5	0	100	0	0
LOGM2	VBM	28206.7	28312.7	6.5	2.7	0	0	0	100
	LOGM	28200.2	28309.6	0.0	69.1	1	10	37	37
	RCHM	28202.0	28311.5	1.8	28.2	99	1	0	0
LOGM3	VBM	28230.6	28399.1	18.6	0	0	0	0	100
	LOGM	28212.0	28386.7	0.0	72.6	87	12	1	0
	RCHM	28213.9	28388.6	2.0	27.4	14	86	0	0
LOGM4	VBM	28292.3	28542.8	179.0	0	0	0	0	100
	LOGM	28113.3	28335.3	0.0	70.3	84	16	0	0
	RCHM	28115.03	28337.2	1.7	29.7	16	84	0	0
VBM1	VBM	28140.1	28235.9	0.1	34.3	74	12	14	0
	LOGM	28140.0	28235.7	0.0	35.2	0	0	100	0
	SCHM	28140.3	28236.3	0.3	30.5	26	15	59	0
VBM2	VBM	28087.0	28164.7	0.0	64.6	0	0	15	85
	LOGM	28090.0	28167.8	3.1	14.1	43	41	16	0
	SCHM	28088.7	28167.1	1.7	21.3	57	43	0	0
VBM3	VBM	28061.9	28704.9	0.0	90.9	37	48	15	0
	LOGM	28072.7	28716.8	10.8	0.4	0	0	0	100
	SCHNM	28066.6	28710.0	4.7	8.7	63	37	0	0

DISCUSIÓN

Los menores valores de AIC de los modelos candidatos, asumiendo errores aditivos en comparación a cuando se asumieron errores multiplicativos, era de esperarse, ya que los datos fueron generados con distribuciones de probabilidad normal. Cuando se asume que los errores son aditivos se asume también que tienen una distribución normal, pero cuando se asume errores multiplicativos se asume también que su distribución es log normal. Así que, si la verdadera distribución de los errores es normal, pero se asumen errores multiplicativos, la transformación logarítmica sesga la distribución de los errores hacia los valores negativos (al inverso de una distribución log normal) por lo que se aleja de la distribución normal generando valores de AIC más grandes que cuando se asumió errores aditivos.

El análisis de los datos DO con tamaños de muestra heterogéneos demostró que la estructura de error asumida afecta la selección del mejor



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

modelo, por lo que la estructura de error debiera evaluarse también junto a los modelos candidatos en un enfoque MMS. También se observó que con tamaño de muestras homogenizadas la selección del mejor modelo varió aleatoriamente en cada repetición. Por lo que tomar como mejor modelo aquel que resulta de una sola homogenización del tamaño de muestra puede resultar en una selección sesgada del verdadero modelo como sucedió con el análisis de las muestras homogenizadas VBM2 y VBM3.

La comparación de AIC de los modelos candidatos ajustados a los datos DO y DOVHO entre muestras heterogéneas y sus respectivas muestras homogenizadas no son coincidentes, especialmente con el modelo VBM, pero el desconocimiento del verdadero modelo a priori no permite concluir si las muestras homogenizadas dan un resultado más confiable. Pero la variación de *AIC* del VBM obtenida en muestra homogenizados fue mayor que la que obtuvieron los otros dos modelos candidatos, lo cual indica una mayor incertidumbre.

En los otros conjuntos de datos donde se conoció a priori el modelo de crecimiento, la heterogeneidad del tamaño de la muestra no afectó el enfoque MMS en seleccionar como mejor modelo el mismo con el que fueron generados. La única excepción fue con los datos VBM1 donde el enfoque MMS detectó erróneamente que el mejor modelo fue LOGM cuando en realidad era el VBM, sin embargo, la elección fue marginal porque las AIC de los tres modelos candidatos estuvieron con buen soporte en los datos y clasificados en la categoría de verde.

La heterogeneidad de varianzas, más que la heterogeneidad en el tamaño de las muestras, parece ser más importante de considerar cuando se ajusta un modelo. El análisis de los datos DOVHO, que son una repetición de los datos DO, pero con varianza homogénea, no mostro diferencias en la elección del mejor modelo tanto en datos con tamaños de muestras heterogéneas como en las respectivas muestras homogenizadas, ni entre la estructura del error asumida.

Bolser et al. (2018) y Enciso-Enciso et al. (2022) concluyeron que el VBM fue el mejor modelo para describir el patrón de crecimiento en sus datos, a partir de una sola muestra homogenizada, pero en ambos trabajos los datos tuvieron además una alta heterogeneidad de varianzas

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



y esto puede afectar la selección del mejor modelo cuando se homogenizaron los tamaños de muestra.

Muchos investigadores del crecimiento en organismos acuáticos tienen la preferencia por el VBM porque tiene una base teórica biológica, aunque los datos observados no soporten el modelo, sin embargo, otros modelos bifásicos han sido explicados teóricamente en términos energéticos (Quince et al, 2008). Los modelos SCHM, RICHM, LOGM y RVM son del tipo bifásicos y en muchas especies parecen seguir trayectorias de crecimiento diferentes a las de VBM (Katsanevakis y Maravelias, 2008)

El hecho de que el modelo de Schnute-Richards en modelos de rendimiento por recluta pueda pronosticar un estado más saludable del recurso que con otros modelos (Bolser et al. 2018), no es prueba de que sea un modelo sesgado. La evidente heterogeneidad de varianzas entre las clases de edad de sus datos puede influir en la selección del mejor modelo como se vio en el análisis de datos DO y DOVHO.

El tratamiento frecuente que se le da a las muestras cuando tienen varianzas heterogéneas es considerar a priori errores de tipo multiplicativo Log normales, (Enciso-Enciso et al., 2022, Echavarría-Heras et al 2024,) pero la transformación logarítmica no siempre logra estabilizar la varianza (Feng et al., 2014) y es otro tema que se debe analizar más detenidamente por el efecto que puede tener en el enfoque MMS en la modelación del crecimiento.

El problema del muestreo de datos de crecimiento son los tamaños de muestra en edades extremas (en las primeras y últimas edades), por el efecto de la selectividad o por mortalidad natural (Bolster et al. 2018)

Es común en los datos disponibles para modelar el crecimiento de especies acuáticas que el tamaño de la muestra de las primeras o últimas edades sea menor de 30 (Secor et al., 2009; Luquin-Covarrubias et al., 2016 ; Bolster et al., 2018; Lang et al., 2019; Enciso-Enciso et al. 2022). En estadística generalmente se asume que muestras mayores de 30 son necesarias para obtener una buena estimación de la media y la varianza de los datos. En estos casos, la homogenización del tamaño de muestras entre edades, asumiendo que la media y la varianza son insesgadas, puede ponderar un sesgo real. Nada puede sustituir la certidumbre de



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

estos datos extremos más que un esfuerzo extraordinario por obtener la mayor cantidad de datos, o acumulando datos de otros estudios.

El efecto de seleccionar un modelo sesgado sin duda tiene consecuencias cuando esta información se usa en evaluaciones del recurso, por lo que hay que ser muy cuidadosos cuando se eligen los modelos candidatos, la estructura de errores y alternativas de ajuste cuando los datos no cumplen con el requisito de homogeneidad de varianzas.

En conclusión, la estructura del error al ajustar un modelo de crecimiento a datos observados no debiera ser asumido *a priori*, es mejor evaluarlo con un enfoque MMS eligiendo aquel que genere el menor AIC ya que la elección errónea de una estructura de error *a priori* puede influir en el enfoque MMS para elegir el mejor modelo. El procedimiento MMS sobre datos simulados con un modelo de crecimiento conocido y heterogeneidad en el tamaño de muestra seleccionó siempre como mejor modelo aquel con el que fueron simulados los datos, en cambio con las muestras homogenizadas siempre hubo una probabilidad de elegir el modelo erróneo. Se comprobó que la heterogeneidad de varianzas más que la heterogeneidad en el tamaño de las muestras afecta la selección del modelo de crecimiento con el enfoque MMS y es un caso que debe ser analizado con detalle en un trabajo aparte.

► LITERATURA CITADA

Akaike, H. (1983). Information measures and model selection. *Int Stat Inst.* 44:277-291.

Bolser, D. G., Grüss, A., López, M. A., Reed, E. M., Mascareñas-Osorio, I., & Erisman B. E. (2018). The influence of sample distribution on growth model output for a highly exploited marine fish, the Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*). *PeerJ.* 6: e5582. <https://doi.org/10.7717/peerj.5582>

Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach* (2nd ed.). Springer



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

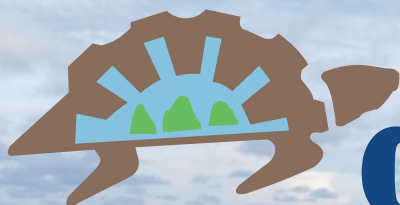
- Echavarría-Heras H., E. Villa-Diharce, A. Montesinos-López, C. Leal-Ramírez (2024).** An extended multiplicative error model of allometry: Incorporating systematic components, non-normal distributions, and piecewise heteroscedasticity. *Biology Methods and Protocols*, b p a e 0 2 4 . <https://doi.org/10.1093/biomethods/bpae024>
- Enciso-Enciso, C., Nevárez-Martínez, M. O., Sánchez-Cárdenas, R., Marín-Enríquez, E., Salcido-Guevara L. A., & Minte-Vera, C. (2022).** Allometry and Individual Growth of the Temperate Pacific Sardine (*Sardinops sagax*) Stock in the Southern California Current System. *Fishes*.7(5): 226; <https://doi.org/10.3390/fishes7050226>
- Feng Ch., H. Wang, N. Lu, T. Chen, H. He, Y. Lu, X. M Tu. 2014.** Log-transformation and its implications for data analysis. *Shanghai Arch Psychiatry*. 26(2):105–109. doi: [10.3969/j.issn.1002-0829.2014.02.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-0829.2014.02.009)
- Gompertz, B. (1825).** [On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies](#). *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* 115:513-583.
- Góngora-Gómez, A. M., Leal-Sepúlveda, A. L., García-Ulloa, M., Aragón-Noriega, E. A., & Valenzuela-Quinónez, W. (2018).** Morphometric relationships and growth models for the oyster *Crassostrea corteziensis* cultivated at the southeastern coast of the Gulf of California, Mexico. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 46(4): 735-743. DOI: 10.3856/vol46-issue4-fulltext-11
- Katsanevakis S., Ch. D. Maravelias (2008).** Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. [Fish and Fisheries](#) 9(2)178-187. [10.1111/J.1467-2979.2008.00279.X](https://doi.org/10.1111/J.1467-2979.2008.00279.X)
- Lang E.T., B. J. Falterman, L. L. kitchens, and C.D. Marshall (2019)** Age and growth of yellowfin tuna (*thunnus albacares*) in the northern Gulf of Mexico. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 73(1): 423-433.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Luquin-Covarrubias, M. A., Morales-Bojórquez, E., González-Peláez, S. S., Hidalgo-De-La-Toba, J. Á., & Lluch-Cota, D. B. (2016).** Modeling of growth depensation of geoduck clam *Panopea globosa* based on a multimodel inference approach. *Journal of Shellfish Research* 35 (2): 379-387. <https://doi.org/10.2983/035.035.0212>
- Quince CH., P. A. Abrams, B. J. Shuter, N. P. Lester (2008).** Biphasic growth in fish I: Theoretical foundations. *Journal of Theoretical Biology*, 254 (2) : 197 - 206 . <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2008.05.029>
- R Core Team (2025).** R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- Richards, J. (1959).** A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany* 10: 290-300
- Rodríguez-Domínguez, G., Aragón-Noriega, E. A., Payán-Alejo, J., Mendivil-Mendoza, J. E., Curiel-Bernal, M. V., Valenzuela-Quinonez, W., & Urías-Sotomayor, R. (2024).** The Fractal Approach to Describe Growth of Farmed Marine Species: Using Double and Triple Logistic Models. *Fishes*, 9:106. <https://doi.org/10.3390/fishes9030106>.
- Ruíz-Velazco, J. M. J., Hernández-Llamas, A., Gómez-Muñoz, V. M., & Magallón, F. J. 2010.** Dynamics of intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* affected by white spot disease. *Aquaculture* 300: 113–119.
- Schnute, J. (1981).** A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38(9): 1128-1140. <https://doi.org/10.1139/f81-153>
- Schnute, J.T. & L. J. Richards. (1990).** A unified approach to the analysis of fish growth, maturity, and survivorship data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 24-40.
- Secor D.H., R.L. Wingate, J.D. Neilson, J.R. Rooker, and S.E. Campana (2009):** Growth of Atlantic bluefin tuna: direct age estimates. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 64(2): 405-416.
- Von Bertalanffy, L. (1938).** A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10(2): 181-213.



latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Artículo Científico

Estructura de tallas, relación talla-masa total y factor de condición de nueve especies de peces en los ríos de Zamora Chinchipe, Amazonía sur ecuatoriana

Size structure, length-body mass relationship and condition factor of nine fish species in the rivers off Zamora Chinchipe, Ecuadorian Southern Amazon



1. Marcos D. Calle-Morán



0000-0001-5470-0596

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Unidad Guaymas. Km 2.35 Camino al Tular, Estero BacoChibampo, Guaymas, Sonora 85454, México

Autor de correspondencia: marcalle02@gmail.com



2. Henry A. Gaona-Garrido



0000-0001-5091-0377



3. Jhenner A. Guanuche-Zhicay



0000-0001-6805-0678



4. E. Noemí Luzuriaga-Rodríguez



0009-0009-7313-9007



5. Michael A. Infante-Camacho



0000-0001-7119-2992



6. Karen V. Flores-Oviedo



0000-0002-4073-8988



7. E. Solórzano-Jiménez



0009-0002-0406-512X



8. Érika J. Jiménez-Calle



0000-0001-7088-2107



9. Rosmary M. Jiménez-Morocho



0009-0000-5692-2862



10. Karen A. Torres-Sánchez



0009-0003-7187-8531

Universidad Estatal Amazónica, Sede Académica Zamora Chinchipe, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Biología, El Pangui, Zamora Chinchipe, C.P. 190650, Ecuador.

Recibido 30 de octubre 2025

Aceptado 1 de diciembre 2025



Estructura de tallas, relación talla-masa total y factor de condición de nueve especies de peces en los ríos de Zamora Chinchipe, Amazonía sur ecuatoriana

Size structure, length-body mass relationship and condition factor of nine fish species in the rivers off Zamora Chinchipe, Ecuadorian Southern Amazon

► RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron cuatro: (1) realizar un listado de las especies de peces que comúnmente habitan en los ríos Quimi y Chuchumbleta, cantón El Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. Asimismo, (2) analizar la estructura de tallas de los peces, (3) determinar la relación talla-masa total y, (4) establecer el factor de condición de dichas especies. Durante el periodo febrero–julio de 2024 se realizaron muestreos quincenales en los ríos Quimi y Chuchumbleta con atarrayas y trampas tipo sombrillas. Las nueve especies analizadas en este estudio fueron: los blancos, *Brycon amazonicus* y *B. behrae*; el plateado, *B. coxeyi*; blancos, *Bryconamericus* sp. y *Ceratobranchia elatior*; amarillo, *Knodus gamma*; la anguilla, *Trichomycterus knerii*; corroncho, *Chaetostoma breve* y vieja, *Andinoacara rivulatus*. Con base en estructuras de tallas las especies de mayor tamaño eran: *T. knerii*; *C. breve* y *B. coxeyi*. Basados en la relación longitud-masa total, siete de las nueve especies presentaron un tipo de crecimiento hiperalométrico ($b = 3.16–3.53$) y dos de forma hipoalométrica ($b = 2.58–2.78$). El factor de condición relativo demostró que todas las especies tuvieron una condición nutricional saludable ya que los valores promedios estaban cercanos y por encima de la unidad, así como dentro de ésta ($K_r = 0.93–1.48$). Toda esta información ayudará en el manejo y conservación de los recursos ícticos y pesqueros de los ríos de la Amazonía sur ecuatoriana.

Palabras claves: Isometría, alometría, crecimiento hiperalométrico, río Quimi, río Chuchumbleta.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

The objectives of this research were four: (1) make a list of the fish species that commonly inhabit the Quimi and Chuchumbleta rivers, El Pangui town, Zamora Chinchipe province, Ecuador. Likewise, (2) analyze the size structure of the fishes, (3) determine the size-total mass relationship, and (4) establish the condition factor of these species. During the period February–July 2024, biweekly sampling was carried out in the Quimi and Chuchumbleta rivers, with cast nets and umbrella-type traps. The nine species analyzed in this study were: bocón, *Brycon amazonicus*; sábalos, *B. behreae* and *B. coxeyi*; sardina, *Bryconamericus* sp. and *Ceratobranchia elatior*; sardinita, *Knodus gamma*; eel, *Trichomycterus knerii*; corroncho, *Chaetostoma breve*, and green terror, *Andinoacara rivulatus*. Based on size structures, the largest species were *T. knerii*, *C. breve* and *B. coxeyi*. Based on the total length-mass relationship, seven of the nine species exhibited hyperallometric growth ($b = 3.16–3.53$) and two had hypoallometric growth ($b = 2.58–2.78$). The relative condition factor showed that all species had a healthy nutritional condition since the average values were close to, above, and within unity ($K_r = 0.93–1.48$). All this information will aid in the management and conservation of fish and fishery resources in the rivers of the southern Ecuadorian Amazon.

Key words: Isometry, allometry, hyperallometric growth, Quimi River, Chuchumbleta River.

► INTRODUCCIÓN

El análisis de frecuencias de tallas de peces ayuda a hacer inferencias sobre la estructura de las longitudes de los peces y los tamaños de la población, así como el crecimiento de los individuos que la conforman (Morales-Nin, 1991; Espino-Barr et al., 2008). La talla de los organismos comúnmente se relaciona con factores como el peso, la edad y madurez sexual, entre otros (Holden & Raitt, 1975). La relación longitud-masa total en los peces a nivel general puede ser descrita por una función potencial que engloba una medida lineal como la longitud y una de volumen, como es el caso de la masa total; así también permite



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

evaluar el tipo de crecimiento de los peces (Ricker, 1975). El factor de condición es empleado para comparar la condición nutricional o bienestar de un pez o población (Tesch, 1968), considerando que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición (Froese, 2006), puede dar información acerca del estado fisiológico, características fenotípicas y fase reproductiva (Rodríguez-Gutiérrez, 1992; Safran, 1992), así como reflejar condiciones de alimentación recientes (Le Cren, 1951). La alimentación es un proceso mediante el cual un organismo ingiere a otro con el fin de satisfacer sus necesidades fisiológicas para crecer, desarrollarse y reproducirse.

Los peces de agua dulce son aquellas especies que pasan toda su vida o por lo menos una parte esencial de su vida en aguas dulces continentales como los ríos, quebradas (arroyos, o riachuelos), lagos y estuarios. La biodiversidad de peces de aguas dulces en la actualidad abarca un total de 18,075 especies, lo que representa más de la mitad de todas las especies de peces del mundo (35,768) y una cuarta parte de todas las especies de vertebrados de la Tierra. Esta riqueza es esencial para la salud de los ríos, lagos y otros humedales del mundo y aporta a las sociedades y economías de todo el mundo (WWF, 2021).

Los peces de aguas dulces son un grupo muy diverso debido a que engloban cerca de 3000 especies en la región amazónica, que abarca desde Venezuela, Guyana, Guayana Francesa, Surinam, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil hasta Bolivia (Val, 2019). De acuerdo con Barriga (2012), en Ecuador, existen 948 especies de agua dulce e intermareales, siendo 824 de agua dulce específicamente. De ahí que la riqueza de peces en los ríos amazónicos del Ecuador es importante porque hay reportes de número de especies mayor para algunos sistemas hidrográficos como en la cuenca del río Napo, donde habitan unas 500 especies y en el caso de la zona ictiohidrográfica Napo-Pastaza, que abarca otras cuencas afines, es la más diversa, con 680 especies (Barriga, 2012; Puertas, 2021).

La importancia de estas especies dulceacuícolas radica en que son fuente primaria de alimentos para las poblaciones locales. A nivel global, según la FAO (2024), de la producción total de animales acuáticos en 2022, el 62% (115 millones de ton) se capturó o recolectó en

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



zonas marinas (el 69% procedente de la pesca de captura y el 31 % de la acuicultura) y el 38 % (70 millones de ton), en aguas continentales (el 84 % proveniente de la acuicultura y el 16% de la pesca de captura). Y durante el periodo comprendido entre 2020 y 2021, se reportó una captura de 23 millones de ton. Asimismo, con base en la WWF (2021), las pesquerías de agua dulce proporcionan la principal fuente de proteínas para 200 millones de personas en Asia, África y América del Sur, así como trabajos y medios de vida para 60 millones de personas. Las poblaciones de peces de agua dulce saludables también sustentan dos grandes industrias globales: la pesca recreativa, que genera más de US \$ 100 mil millones al año, y los peces de ornamentales o de acuario que, impulsan un comercio mundial de hasta US \$ 30 mil millones.

A pesar de su importancia económica y ecológica, los peces de agua dulce afrontan diversos tipos de amenazas como la pérdida del hábitat por alteración física de los ríos, deforestación, degradación de humedales y llanuras aluviales, contaminación del agua agrícola y urbana, minería, extracción de petróleo y, construcción de presas (Aguirre et al., 2021). Además, los estudios sobre la biología y ecología de los peces en esta región de la Amazonía sur del Ecuador son escasos.

Con base en lo anterior, este estudio ayudará a entender cómo están estructuradas las poblaciones en cuanto a lo que son sus tallas, cuáles son los patrones de crecimiento de sus individuos y la condición corporal en que comúnmente se encuentran las especies que habitan en los ríos de la región sur de la Amazonía del país. Los objetivos de esta investigación fueron cuatro: (1) realizar un listado de las especies de peces que comúnmente habitan en los ríos Quimi y Chuchumbletza, cantón El Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. Asimismo, (2) analizar la estructura de tallas de las poblaciones, (3) determinar la relación talla-masa total o corporal, y (4) establecer el factor de condición de dichas especies. Todo esto con el fin de recabar información que sirva de línea base en el manejo y conservación de tales comunidades ícticas en estos ecosistemas lóticos de aguas continentales.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El área de estudio abarcó dos ríos: Quimi ($3^{\circ}33'03''\text{S}$, $78^{\circ}27'55''\text{W}$) y Chuchumbleta ($3^{\circ}26'38''\text{S}$, $78^{\circ}44'56''\text{W}$), en cantón El Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, región de la Amazonía sur, Ecuador (fig. 1).

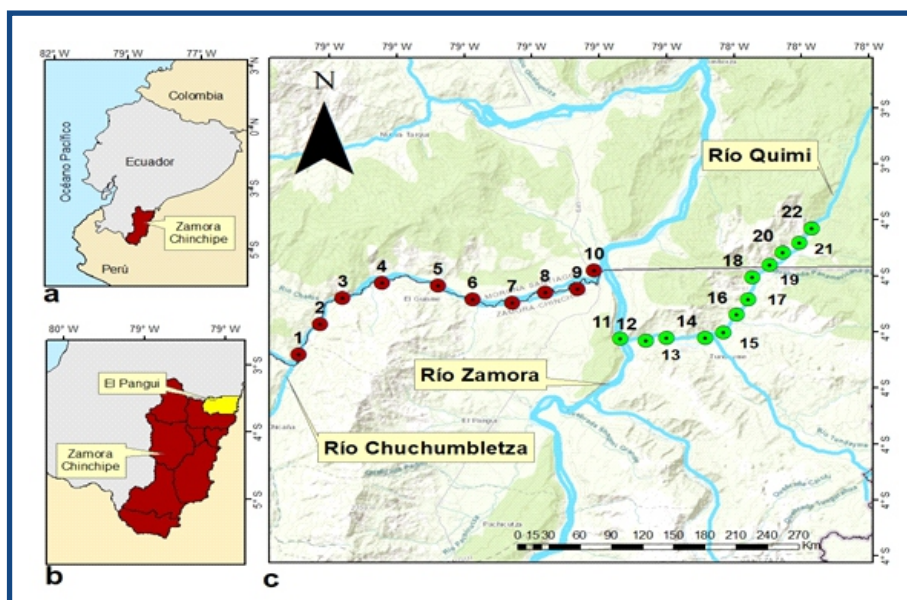


Figura 1. Área de estudio de los ríos Chuchumbleta y Quimi, cantón El Pangui, provincia de Zamora Chinchipe. (a) Ubicación de la provincia dentro de la región sur de la Amazonía; (b) localización del cantón en Zamora Chinchipe y (c) sitios de muestreo, del 1 al 10 en el río Chuchumbleta y del 11 al 22 en el río Quimi.

El río Quimi se caracteriza por tener una longitud de cauce principal de 34 km, nace en Gualaquiza y desemboca en el río Zamora, El Pangui. Su temperatura va desde las zonas más bajas con 21-24 °C y en las regiones más altas de 10-22 °C (Herrera & Mogrovejo, 2014; Saquicela et al., 2020; Macas-Gañay, 2023). Este río se encuentra dentro de la reserva biológica El Quimi y presenta una variación en su precipitación anual de 1500 a 2000 mm (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, S/D). Con base en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Pangui (2020), el cantón posee un rango altitudinal de 600 a 2800 m. Dentro de la flora, se puede destacar el canelo, la cascarilla, cedro, ceibo, chonta, copal, drago, guaba, matapalo, platanillo, romerillo y yumbingue. Entre la fauna, se puede resaltar el guacamayo, la guanta, jocotoco antipara, pacharaca, panguil, pava de

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

monte, perico pechiblanco, puma, sahino. Con relación a los tipos de ecosistemas, se pueden citar a los de matorral húmedo montano bajo de las cordilleras amazónicas, bosque siempre verde montano bajo, bosque siempre verde pie montano bajo de la Amazonía, bosque de neblina montano de los andes orientales y antrópicos.

Con relación al río Chuchumbleta, nace en la parte oriental de la Cordillera del Cóndor en Zamora Chinchipe, recorre la parte limítrofe entre el norte de esta última provincia y el sur de Morona Santiago y desemboca en el río Zamora en Gualaquiza. Basado en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Gualaquiza (2023), este cantón tiene altitudes desde los 600 hasta 3000 m s.n.m. La temperatura promedio anual oscila entre los 12 y 24 °C, la precipitación media anual, varía entre 1500 y 3000 mm de lluvia. Con respecto a la información sobre su flora, fauna y tipos de ecosistemas, no se obtuvo dicha información.

Fase de campo. La colecta de peces fue realizada de febrero a julio de 2024. Los especímenes fueron capturados con redes de tipo sombrilla y atarrayas. Los peces capturados fueron colocados en fundas plásticas con su respectiva identificación, guardados en hieleras con hielo y trasladados al laboratorio para su posterior congelación.

Fase de laboratorio. Las muestras fueron descongeladas y se les registró la longitud total, LT (cm) con $\pm 0,1$ mm de precisión y, la masa total, MT (g) con $(\pm 0,1$ g), así como el sexo y la fase del ciclo biológico en que encontraba cada organismo, con base en la observación macroscópica de sus gónadas. La identificación de las especies se las hizo con base en las guías especializadas de Rivadeneira et al. (2010), Revelo & Laaz-Moncayo (2012), Ananguano-Yancha & Cueva (2014), Jiménez-Prado et al. (2015), Nugra-Salazar et al. (2016, 2018, 2022), García-Dávila et al. (2018), Li (2019), Jácome-Negrete et al. (2019), Navarrete-Amaya et al. (2021), Segarra et al. (2021) y Ananguano-Yancha et al. (2024).

Fase de análisis de datos. Del total de las especies registradas, sólo se consideraron a las nueve más abundantes, esto es, aquellas con un número de individuos de alrededor de 30 en adelante. En el caso de las longitudes, la relación longitud-masa total y el factor de condición se agruparon tanto las hembras como machos, independientemente de su sexo, para su análisis. Se construyeron histogramas de frecuencia de tallas y a las especies que fueron clasificadas como de menor tamaño, se las agrupó en

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

intervalos de 1 cm) y aquellas que fueron consideradas como medianas, se las hizo de 2 cm. Mientras que para las masas totales fueron catalogadas como livianas se las aglomeró por cada de 10 g y a las medianas por 20 g. Todo esto con el fin de examinar la estructura de la muestra por cada especie.

La relación longitud-masa total se estimó mediante el ajuste del modelo potencial de Ricker (1975):

$$MT = a * Lt^b$$

donde, a = intersección del eje de las ordenadas y, b = pendiente de la curva. Al parámetro a también se lo denomina factor de condición o coeficiente de condición y a b como factor de alometría o coeficiente de alometría (Pauly, 1983; Espino-Barr et al., 2008). El ajuste del modelo a los datos de longitud-masa total se realizó con el software Minitab v.18 con sus respectivos intervalos de confianza al 95 % (IC 95 %).

Una vez estimados los coeficientes de la relación longitud-masa total se determinó el tipo de crecimiento (isométrico o alométrico) de cada especie con base en el valor de la pendiente, de tal modo que si $b = 3$ era de tipo isométrico; $b > 3$ era hiperalométrico y $b < 3$ hipoalométrico (Tesch, 1968; Pauly, 1984; Froese et al., 2011). También, se comprobó la hipótesis nula (H_0), la misma que proponía que el crecimiento del pez era isométrico ($b = 3$) y la hipótesis alternativa (H_a) de que era alométrico ($b \neq 3$), (Pauly, 1983):

$$tc = \frac{sd(x)}{sd(y)} * \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} * \sqrt{n - 2}$$

donde, t_c = valor del estadístico con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; $sd(x)$ = desviación estándar de los valores del \log_{10} de la longitud total, $sd(y)$ = desviación estándar de los valores del \log_{10} del peso total, r^2 = coeficiente de determinación, $n - 2$ = grados de libertad.

El factor de condición relativo (K_r) para sexos combinados se estimó por medio del modelo de Ricker (1971):

$$Kr = \frac{MT_o}{MT_e}$$

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

donde, MT_o = masa total observada y MT_e = masa total estimada. Este índice permite establecer la condición nutricional de los peces, por lo que los valores deben ser iguales a 1 o estar cercanos a éste, para sugerir que los peces tienen una condición nutricional saludable.

▶ RESULTADOS

Un total de 722 peces fueron colectados en los ríos Quimi y Chuchumbleta, distribuidos en tres órdenes, 11 familias, 18 géneros y 25 especies. El río Quimi tuvo el mayor número de organismos con 421 organismos y el menor para el río Chuchumbleta ($n = 301$). Las tres especies más predominantes fueron: el pez amarillo, *Knodus gamma* ($n = 150$), blanco, *Bryconamericus* sp. ($n = 145$) y blanco, *Ceratobranchia elatior* ($n = 117$). Mientras que, las especies más raras fueron: el bagrecito, *Astroblepus mindoensis*; la tilapia, *Oreochromis niloticus* y charcoca, *Lebiasina bimaculata*, con un individuo para cada especie (fig. 2).

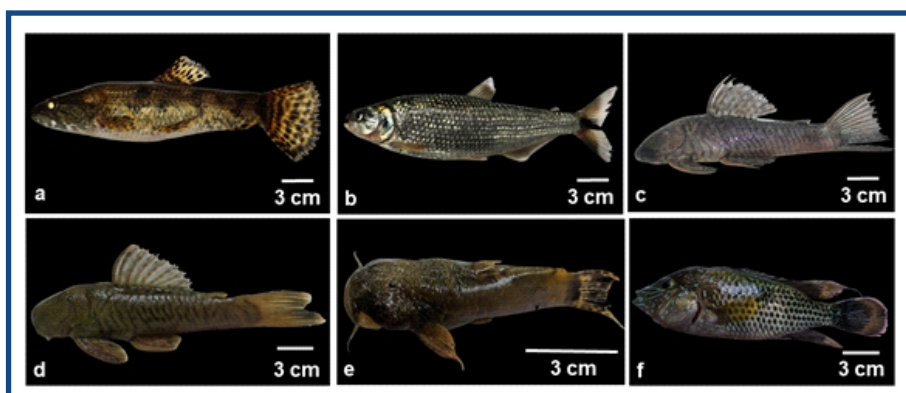


Figura 2. Algunas especies de peces óseos de los ríos Quimi y Chuchumbleta del cantón El Pangui, Zamora Chinchipe, durante febrero-julio de 2024. (a) Guanchiche, *Hoplias malabaricus*, de 24 cm de longitud total, LT; (b) plateado, *Brycon coxeyi*, de 25.4 cm de LT; (c) raspabalsa, *Chaetostoma breve*, de 23.5 cm de LT; (d) raspabalsa, *Chaetostoma microps*, de 22 cm de LT; (e) bagre, *Astroblepus pholeter*, de 9 cm de LT; (f) vieja, *Andinoacara rivulatus*, de 18 cm de LT.

De las 25 especies registradas, solo se consideraron a las nueve especies con mayor abundancia en los análisis de estructuras de tallas, relación talla-masa total y factor de condición relativo. Estos fueron son los siguientes: los blancos, *Brycon amazonicus* y *B. behreae*; el plateado, *B. coxeyi*; blancos, *Bryconamericus* sp. y *Ceratobranchia elatior*; amarillo,

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Knodus gamma; la anguilla, *Trichomycterus knerii*; raspabalsa, *Chaetostoma breve*, y vieja, *Andinoacara rivulatus*.

Estructura de tallas y masas corporales. Con relación a las tallas, entre las nueve especies de interés más grandes se destacaron las siguientes: *T. knerii* con un rango de 8.5 a 29.4 cm de LT ($\bar{X} = 18.1; \pm 4.7$); *C. breve*, de 5.6 a 23.5 cm de LT ($\bar{X} = 12.7; \pm 5.7$) y *B. coxeyi*, con longitudes desde 3.9 hasta 25.4 cm de LT ($\bar{X} = 11.4; \pm 6.5$). Las especies con tallas menores eran: *K. gamma*, con 3.8–11.6 cm de LT ($\bar{X} = 7.8; \pm 1.5$); blancos, *B. amazonicus*, con 3.8–14.1 ($\bar{X} = 8.2; \pm 2.2$) y *B. behreae* con 4.5–12.5 cm de LT ($\bar{X} = 8.3; \pm 1.8$) (tabla I, fig. 3).

Tabla I. Rangos de tallas de todas las especies de peces encontrados en los ríos Quimi y Chuchumbleta, provincia de Zamora Chinchipe. El orden taxonómico estaba basado en Van der Laan *et al.* (2024).

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	No.	Rango de tallas, promedio (\bar{X}) y desviación estándar (\pm) en cm de LT
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	Guanchiche	3	12.5–24.0 ($\bar{X} = 16.7; \pm 6.3$)
	Parodontidae	<i>Parodon buckleyi</i>	Bocachico	10	13.7–20.0 ($\bar{X} = 17.5; \pm 2.2$)
	Lebiasinidae	<i>Lebiasina bimaculata</i>	Charcoca	1	9.1
		<i>Lebiasina elongata</i>	Charcoca	18	6.2–18.5 ($\bar{X} = 11.8; \pm 4.4$)
	Bryconidae	<i>Brycon amazonicus</i>	Blanco	54	3.8–14.1 ($\bar{X} = 8.2; \pm 2.2$)
		<i>Brycon behreae</i>	Blanco	27	4.5–12.5 ($\bar{X} = 8.3; \pm 1.8$)
		<i>Brycon coxeyi</i>	Plateado	37	3.9–25.4 ($\bar{X} = 11.4; \pm 6.5$)
	Characidae	<i>Bryconamericus</i> sp.	Blanco	145	6.0–16.3 ($\bar{X} = 8.7; \pm 1.7$)
		<i>Ceratobranchia elatior</i>	Blanco	117	3.8–21.3 ($\bar{X} = 8.6; \pm 2.4$)
		<i>Knodus gamma</i>	Amarillo	150	3.8–11.6 ($\bar{X} = 7.8; \pm 1.5$)
Siluriformes	Cetopsidae	<i>Cetopsis plumbea</i>	Ciego	4	10.5–13.0 ($\bar{X} = 11.2; \pm 1.2$)
	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus knerii</i>	Anguilla	24	8.5–29.4 ($\bar{X} = 18.1; \pm 4.7$)
	Loricariidae	<i>Andeancistrus platycephalus</i>	Carachama	10	8.2–16.9 ($\bar{X} = 12.4; \pm 2.3$)
		<i>Chaetostoma breve</i>	Raspabalsa	32	5.6–23.5 ($\bar{X} = 12.7; \pm 5.7$)
		<i>Chaetostoma microps</i>	Raspabalsa	4	6.5–22.0 ($\bar{X} = 11.7; \pm 7.1$)
	Astroblepidae	<i>Astroblepus cyclopus</i>	Bagrecito	11	3.0–7.1 ($\bar{X} = 5.4; \pm 1.3$)
		<i>Astroblepus longifilis</i>	Bagre	10	10.5–18.5 ($\bar{X} = 14.4; \pm 3.5$)
		<i>Astroblepus mindoensis</i>	Bagrecito	1	4.5
	Heptapteridae	<i>Astroblepus pholeter</i>	Bagre	10	4.0–9.0 ($\bar{X} = 7.5; \pm 1.7$)
		<i>Cetopsorhamdia</i> sp.	Bagre	10	7.5 ($\bar{X} = 7.5; \pm 0.0$)
Cichliformes	Cichlidae	<i>Pimelodella</i> sp.	Bagre	3	6.9–15.4 ($\bar{X} = 9.4; \pm 2.8$)
		<i>Andinoacara rivulatus</i>	Vieja	30	8.0–18.0 ($\bar{X} = 11.8; \pm 2.9$)
		<i>Crenicichla anthurus</i>	Bocachico	10	12.6–34.0 ($\bar{X} = 23.8; \pm 7.9$)
		<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	1	9.4



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

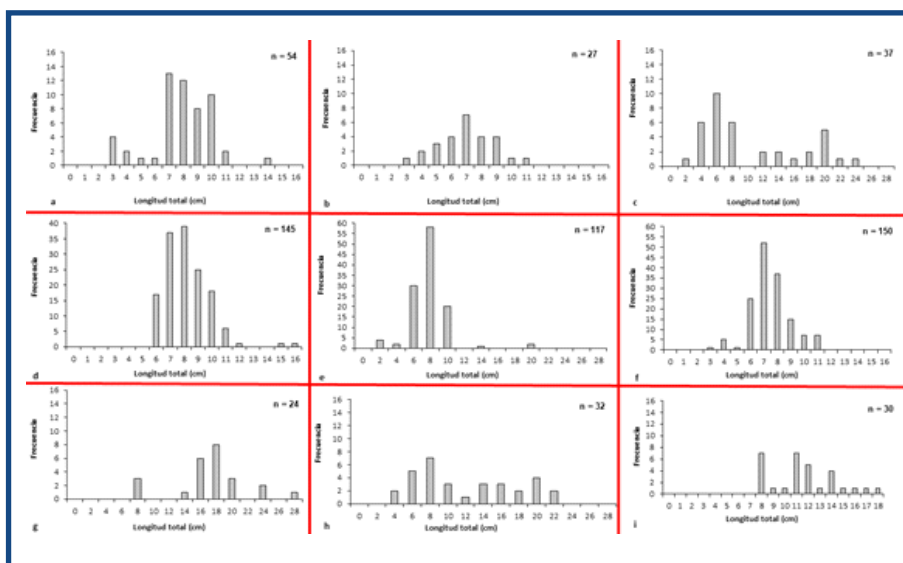


Figura 3. Distribución de frecuencias de tallas de nueve especies de peces óseos de los ríos Quimi y Chuchumbleta. (a) *Brycon amazonicus*; (b) *B. behreae*; (c) *B. coxeyi*; (d) *Bryconamericus* sp.; (e) *Ceratobranchia elatior*; (f) *Knodus gamma*; (g) *Trichomycterus knerii*; (h) *Chaetostoma breve*, y (i) *Andinoacara rivulatus*.

Con relación a las masas corporales, las tres especies con mayor masa corporal fueron: *C. breve* con masas totales de 3 a 249 g ($\bar{X} = 22.3$; ± 40.7), *B. coxeyi* con masas desde 0.5 hasta 230 g ($\bar{X} = 38.3$; ± 57.1) y *T. knerii* con 4–195 g ($\bar{X} = 51.0$; ± 39.1). Mientras que, las especies más livianas eran: *K. gamma* con 0.3–21 g ($\bar{X} = 6.2$; ± 6.4) y *B. behreae* con 1–26 g ($\bar{X} = 7.7$; ± 5.5) (fig. 4).

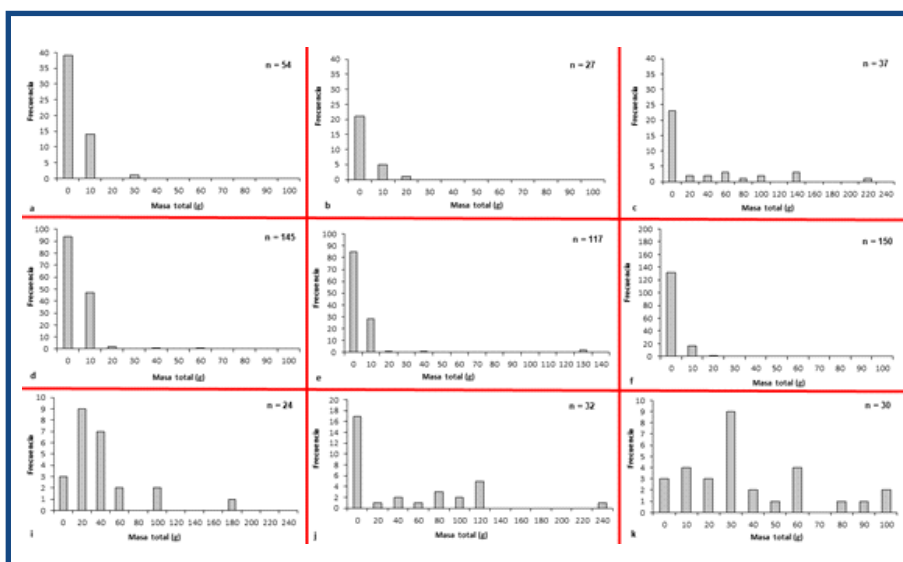


Figura 4. Estructura de masas corporales de nueve especies de peces óseos de los ríos Quimi y Chuchumbleta. (a) *Brycon amazonicus*; (b) *B. behreae*; (c) *B. coxeyi*; (d) *Bryconamericus* sp.; (e) *Ceratobranchia elatior*; (f) *Knodus gamma*; (g) *Trichomycterus knerii*; (h) *Chaetostoma breve*, y (i) *Andinoacara rivulatus*.



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Relación talla-masa total. La mayoría de las especies presentaron un coeficiente de crecimiento de b de entre 3.16 y 3.53, lo que indicó un crecimiento hiperalométrico, es decir, que habían obtenido mayor masa corporal a una longitud determinada, excepto para las dos especies de *C. breve* ($b = 2.78$) y *A. rivulatus* ($b = 2.58$), cuyos valores determinaron un crecimiento hipoalométrico, esto es, que habían alcanzado una mayor talla que masa total en sí. Se registraron diferencias significativas, lo que verificó que los tipos de crecimientos fueron distintos a los isométricos, es decir, que eran hiperalométrico ($t_c = 2.60$ – 11.96 ; $p = 0.01$) e hipoalométrico ($t_c = 2.29$ – 3.70 ; $p = 0.01$ – 0.03). Los coeficientes de determinación fueron bien altos ($r^2 = 0.93$ – 0.99), es decir, que entre el 93 y 99 % de la variación de la masa corporal fue atribuido a la talla del organismo (fig. 5, tabla II).

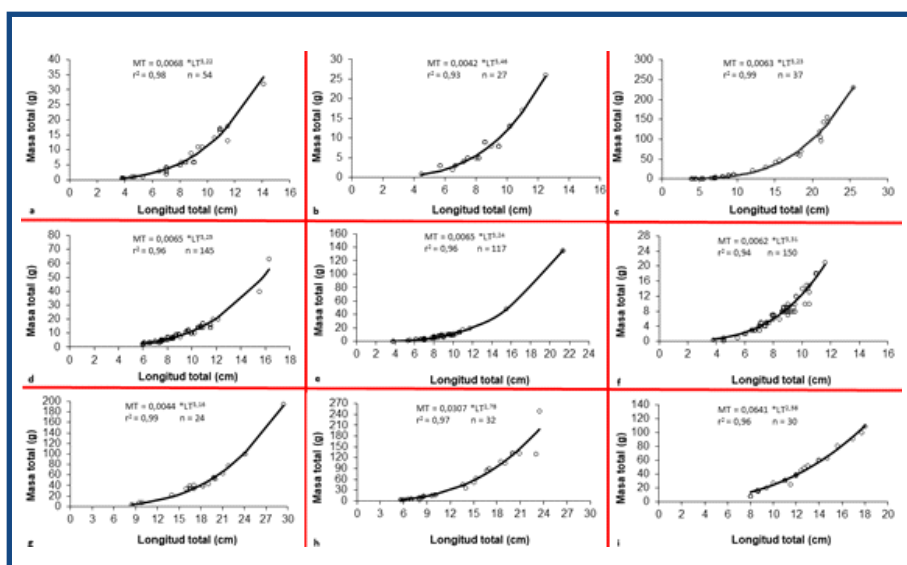


Figura 5. Relación talla-masa total de las especies ícticas: (a) *Brycon amazonicus*; (b) *B. behreae*; (c) *B. coxeyi*; (d) *Bryconamericus* sp.; (e) *Ceratobranchia elatior*; (f) *Knodus gamma*; (g) *Trichomycterus knerii*; (h) *Chaetostoma breve*, y (i) *Andinoacara rivulatus*.



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla II. Parámetros de la relación talla-masa total y sus intervalos de confianza de nueve especies de peces de los ríos Quimi y Chuchumbleta, provincia de Zamora Chinchipe.

Nombre científico	Nombre común	Coefficiente de condición o parámetro a (intervalo de confianza al 95 %)	Coefficiente de crecimiento o parámetro b (intervalo de confianza al 95 %)	Coefficiente de determinación (r^2)
<i>Brycon amazonicus</i>	Blanco	0.0068 (0.0067–0.0069)	3.22 (3.21–3.23)	0.98
<i>Brycon behreae</i>	Blanco	0.0042 (0.0036–0.0043)	3.46 (3.44–3.51)	0.93
<i>Brycon coxeyi</i>	Plateado	0.0026 (0.0025–0.0027)	3.53 (3.52–3.54)	0.99
<i>Bryconamericus</i> sp.	Blanco	0.0065 (0.0061–0.0067)	3.25 (3.24–3.27)	0.96
<i>Ceratobranchia elatior</i>	Blanco	0.0065 (0.0064–0.0066)	3.24 (3.23–3.25)	0.96
<i>Knodus gamma</i>	Amarillo	0.0062 (0.0061–0.0063)	3.31 (3.30–3.33)	0.94
<i>Trichomycterus knerii</i>	Anguilla	0.0044 (0.0043–0.0045)	3.16 (3.15–3.17)	0.99
<i>Chaetostoma breve</i>	Raspabalsa	0.0307 (0.0305–0.0308)	2.78 (2.77–2.79)	0.97
<i>Andinoacara rivulatus</i>	Vieja	0.0641 (0.0631–0.0651)	2.58 (2.57–2.59)	0.96

Factor de condición relativo. Todas las especies presentaron sus valores promedios alrededor del $K_r = 0.93$ – 1.48 , lo que indicó que todas las especies presentaron una condición nutricional saludable ya que los valores estaban cercanos y por encima de la unidad, así como dentro de ésta. Las tres especies con mejores condiciones de salud fueron: *B. coxeyi* con $K_r = 1.05$ – 2.53 ($\bar{x} = 1.48$; ± 0.38); *B. behreae* con $K_r = 0.74$ – 1.75 ($\bar{x} = 1.06$; ± 0.25) y *T. knerii* con $K_r = 0.89$ – 1.48 ($\bar{x} = 1.06$; ± 0.15). En cambio, la especie con menor valor de factor de condición fue *C. breve* con $K_r = 0.30$ – 1.24 ($\bar{x} = 0.93$; ± 0.17), (fig. 6).

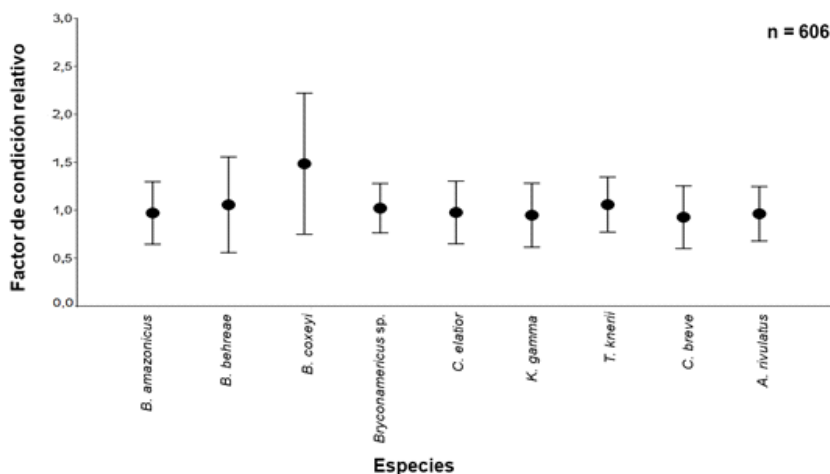


Figura 6. Valores del factor de condición relativo de las nueve especies de peces en la Amazonia sur ecuatoriana. Los círculos negros representan a los promedios y las barras a las desviaciones estándares.



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► DISCUSIÓN

Estructura de tallas y masas corporales. Con relación a las tallas y masas corporales, entre las especies de interés más grandes y de mayor masa corporal, destacaron *T. knerii*, *C. breve*, y *B. coxeyi*, lo que indicó que el estudio englobó a organismos juveniles (inmaduros) y adultos (maduros), así como a organismos de menor y mayor masa corporal. Esto es similar a los reportado en el río Sinú, Colombia, para el barbul, *Synodontis clarias*, donde se registraron tallas de 13 a 30 cm de LT y masas corporales desde 20 hasta 248 g, lo cual abarcó peces juveniles y adultos (Santos-Sanes et al., 2006). Asimismo, para la cachana, *Cynopotamus atratoensis*, en la ciénaga grande de Lorica (Colombia), con organismos de 14 a 45 cm de LT y de 22–1239 g de masa total (Segura–Guevara et al., 2011). También, para los raspabalsas, *C. anale*, que habitan en el río Hacha, Caquetá, Colombia, hubo peces de 0.5 a 14 cm de longitud estándar (LE) y de 0.5–12 g, así como *Laciancistrus schomburgkii* de tallas de 3 a 13 cm de LE y 0.7–21 g (Espinoza–Bedón et al., 2013). En contraste, los peces encontrados en este estudio son de talla menores a los del humedal Abras de Mantequilla, provincia de Los Ríos, Ecuador, donde se encontraron longitudes de *A. rivulatus* de 15–22 cm de LT; guanchiche, *Hoplias microlepis*, de 19–35 cm de LT y el blanco, *Brycon* sp., de 18–30 cm de LT (Ochoa–Ubilla et al., 2016). Los hallazgos de la presente investigación, sugieren que las especies analizadas están compuestas por organismos de diversas estructuras de longitudes y masas totales, lo que podría estar asociado tanto a procesos de incorporación de nuevos individuos jóvenes y adultos, así como a una extracción selectiva de peces de tallas mayores debido a la selectividad de los artes de pesca para atrapar a los peces de mayores dimensiones, resaltando la necesidad de investigaciones adicionales que consideren la presión pesquera para asegurar la sostenibilidad de los recursos de agua dulce (Holden & Raitt, 1975; Clardy et al., 2014). Además, tales diferencias en las estructuras de tallas pueden deberse a las áreas geográficas estudiadas y a la selectividad del arte de pesca (Segura–Guevara et al., 2011). Un aspecto importante a tener en cuenta sería la de implementar estudios de biología reproductiva con el objetivo de saber a qué talla alcanzan su madurez sexual, en qué época se reproducen y subsanar esta carencia de información, la misma que serviría para fines de manejo y conservación de estas comunidades de peces.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Relación talla-masa total. La mayoría de las especies presentaron un crecimiento hiperalométrico, es decir, que habían obtenido mayor masa corporal con base en una longitud determinada, excepto dos con un crecimiento hipoalométrico, esto es, que habían alcanzado una mayor talla que masa total, lo que indicó distintas estrategias de invertir energía en el desarrollo corporal. Resultados variables se presentaron también para el pez bocachico, *Ichthyolephas humeralis* ($b = 2.43$); nayones o dicas, *Pseudocurimata* spp. ($b = 2.37$), *A. rivulatus* ($b = 2.74$) y ratón, *Leporinus ecuadoriensis* ($b = 2.70$), que mostraron crecimiento hipoalométrico; en cambio, *H. microlepis* ($b = 3.01$), *Brycon* sp. ($b = 2.99$) y el barbudo, *Rhamdia cinerascens* ($b = 2.97$), tuvieron un crecimiento isométrico (Ochoa-Ubilla et al., 2016). De igual manera, *C. anale* tuvo un crecimiento hipoalométrico ($b = 2.03$), *L. schomburgkii*, uno de tipo hiperalométrico ($b = 3.65$) y *C. atratoensis* ($b = 3.41$), también (Segura-Guevara et al., 2011; Espinoza-Bedón et al., 2013). Este patrón también fue observado por Cifuentes et al. (2012) para los peces del río san Pedro, Chile, donde se determinó que las especies: la carmelita, *Percilia gillissi*; el bagre pintado, *Trichomycterus areolatus*; pochá, *Cheirodon australe*; lamprea de bolsa, *Geotria australis* y perca criolla, *Percichthys trucha*, presentaron un crecimiento hipoalométrico ($b = 2.11-2.87$). Mientras que, pejerrey chileno, *Basilichthys australis*; bagre, *Diplomystes camposensis*; puye, *Brachygalaxias bullocki* y pejerrey de río, *Odontesthes mauleannum*, con un crecimiento isométrico ($b = 2.93-3.03$). Y en cambio, puyen chico, *Galaxias maculatus*, tollo, *G. platei* y peladilla, *Aplochiton taeniatus*, poseían un crecimiento hiperalométrico ($b = 3.15-3.39$).

Dentro de los factores bióticos y ambientales que se deben tener en cuenta y que causan variación en la relación longitud-masa corporal están el sexo, madurez sexual, estación del año y el transcurso del día (a causa de los grados de llenura cuando el organismo ya ha ingerido el alimento); así como también se debe considerar el ciclo de vida ya que, los peces pasan por etapas bien definidas: huevo, larva, alevín, juvenil y adulto, cada una de estas caracterizada por una determinada relación antes citada (Tresierra-Aguilar & Culquichicón-Malpica, 1995), razón por la cual el coeficiente de b tendría valores diferentes y alternantes. Otros factores serían los genéticos y la disponibilidad de recursos.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Factor de condición relativo. Todas las especies mostraron una condición nutricional saludable o de bienestar corporal. Esto es similar para la tenguayaca, *Petenia splendida*; mojarra panza colorada, *Vieja bifasciata*; el bagre azul del sureste, *Ictalurus meridionalis* y [mojarra zacatera](#), *Cinelichthys pearsei*, las cuales mostraron valores por encima de la unidad. (Rivera-Velásquez et al., 2023). Con base en lo observado para todas las especies de peces analizadas en el río san Pedro, se pudo notar un patrón muy marcado de variabilidad a nivel temporal e inclusive entre semestres, debido a que unas tenían un patrón estacional (invierno o verano), otras solas para dos meses específicos en el año y otras, solo en un mes determinado (Cifuentes et al., 2012). Los hallazgos del presente estudio sugieren que las poblaciones analizadas reflejan un equilibrio fisiológico, donde las variaciones responden a hábitos alimenticios y microhábitats, confirmando que este índice constituye un indicador confiable de la condición y adaptación de peces en ecosistemas neotropicales (Goulding, 1980; Bayley, 1983). Asimismo, los valores de este índice cuando muestran un buen estado de salud sugieren que el ambiente en el que desarrollan les proporciona las condiciones adecuadas, en ambas temporadas (lluvias y secas), para que las especies mantengan una buena alimentación durante todo el año (Rivera-Velásquez et al., 2023). Es menester recalcar, que en el caso de las variaciones anuales también reflejan procesos reproductivos que se suscitan en unos o dos periodos por año (Cifuentes et al., 2012). Además, la comparación de este índice permite identificar cambios en la salud poblacional y orientar estrategias de manejo y conservación.

Por otro lado, es necesario resaltar que, debido a cuestiones logísticas, solo se pudo obtener información de seis meses de la investigación y que, lo idóneo hubiera sido de todo el año seguido, por lo que estos resultados deben ser tomados con precaución. Sin embargo, constituyen un punto de partida y referencia para investigaciones posteriores de las principales comunidades ícticas de estos tipos de ecosistemas lóticos en Zamora Chinchipe, debido a la carencia de estudios e información sobre estos tipos de análisis biométricas en el país.

Este trabajo constituye el primer estudio en determinar cuáles son las comunidades ícticas que habitan en estos dos ríos, su estructura de tallas, tipo de crecimiento y condición corporal. Un total de 25 especies se observaron en los ríos Quimi y Chuchumletza, El Pangui, de las cuales las de mayor abundancia fueron las siguientes: *Brycon*

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



amazonicus, *B. behreae*, *B. coxeyi*, *Bryconamericus* sp., *Ceratobranchia elatior*, *Knodus gamma*, *Trichomycterus knerii*, *Chaetostoma breve* y *Andinoacara rivulatus*. Entre las especies más grandes y de mayor masa corporal se encontraron a *T. knerii*, *C. breve* y *B. coxeyi*. Mientras que, las más pequeñas y livianas eran *K. gamma*, *B. amazonicus* y *B. behreae*. Las relaciones tallas-masas totales, indicaron que el crecimiento de las siete especies fue hiperalométrico, es decir, tuvieron mayor masa corporal a una talla determinada. A diferencia, solo dos especies, *C. breve* y *A. rivulatus*, presentaron un crecimiento hipoalométrico, esto es, crecieron más en longitud que en masa total. El factor de condición relativo estableció que todas las nueve especies demostraron una condición saludable, al poseer valores promedios cercanos o superiores a 1. Cabe destacar que, las tres especies con mejores condiciones de salud fueron: *B. coxeyi*, *B. behreae* y *T. knerii*.

► AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las autoridades de la Universidad Estatal Amazónica, Sede Académica Zamora Chinchipe, por haber dado las facilidades por el uso de los laboratorio e infraestructura empleados en esta investigación. Es importante recalcar el reconocimiento a Carlos A. Sarango Tandazo por facilitar los artes de pesca con que fueron capturados los peces. Asimismo, a Fredy I. Nugra Salazar por haber ayudado en la identificación de las especies de peces de esta investigación.

Declaración de conflictos de interés

Los autores no tienen conflictos de intereses de ninguna índole.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► LITERATURA CITADA

- Aguirre, W. E., Álvarez-Mieles, G., Anaguano-Yancha, F., Burgos-Morán, R., Cucalón, R. V., Escobar-Camacho, D., Jácome-Negrete, I., Jiménez-Prado, P., Laaz-Moncayo, E., Miranda-Troya, K., Navarrete-Amaya, R., Nugra-Salazar, F., Revelo, W., Rivadeneira, J. F., Valdiviezo-Rivera, J. & Zárate-Hugo, E. (2021). Conservation threats and future prospects for the freshwater fishes of Ecuador: A hotspot of Neotropical fish diversity. *Journal of Fish Biology*, 99 (4), 1158–1189. <https://doi.org/10.1111/jfb.14844>.
- Ananguano-Yancha, F. & Cueva, R. (2014). Peces comunes del Alto río Napo, Ecuador. Quito, Ecuador: Wildlife Conservation Society y Gordon and Betty Moore Foundation.
- Ananguano-Yancha, F., Narankas, G., Ampam, M., Narankas, I., Tunki, D. & Chuim, L. (2024). Peces del centro shuar *Kaputna*, cuenca baja del río Santiago, Amazonía sur de Ecuador. *Neotropical Hydrobiology and Aquatic Conservation*, 5 (1), 33–49.
- Barriga, R. (2012). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, 30 (3), 83–119.
- Bayley, P. (1983). Central Amazon fish populations: Biomass, production and some dynamic characteristics. *Amazoniana*, 7 (4), 257–282.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P. & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana*, 75 (2), 101–110. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>.
- Clardy, S., Smith, J. & González, R. (2014). Efectos de la presión pesquera sobre tallas y masas en peces de agua dulce. *Ecología Neotropical*, 24 (4), 45–58.
- Espino-Barr, E., González-Vega, A., Santana-Hernández, H. & González-Vega, H. (2008). Manual de Biología pesquera. Instituto Nacional de la Pesca y Acuicultura, y Universidad Autónoma de Nayarit.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Espinoza–Bedon, D. A., Chaves-Moreno, L. C., Murcia-Ordoñez, B. (2013).** Relación longitud-peso y frecuencia de tallas de las especies, *Chaetostoma anale* y *Lasiancistrus schomburgkii* (Pisces: Loricariidae), cuenca del río Hacha, Florencia Caquetá, Colombia. *AquaTIC*, 39, 55-63.
- FAO. (2024).** El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción. Roma, Italia: FAO.
- Froese, R. (2006).** Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta–analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>.
- Froese, R.; Tsikliras A.C. & Stergiou, K.I. 2011.** Editorial note on weight–length relations of fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41 (4), 261–263. <https://doi.org/10.3750/AIP2011.41.4.01>.
- García–Dávila, C., Sánchez, H., Flores, M., Mejía, J., Angulo, C., Castro–Ruiz, D., Estivals, G., García, A., Vargas, G., Nolorbe, C., Núñez, J., Mariac, C., Duponchelle, F. & Renno, J.F. (2018).** Peces de consumo de la Amazonía peruana. Iquitos, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Pangui. (2020).** Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial y, formulación del plan de uso y gestión del suelo PUGS del cantón de El Pangui. El Pangui, Ecuador: Alcaldía de El Pangui.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Gualaquiza. (2023).** –<https://gadgualaquiza.gob.ec/x2/ciudad/cantongualaquiza/>.
- Goulding, M. (1980).** The fish and the forest: Explorations in Amazonian Natural History. Berkeley, USA: University of California Press.
- Herrera, J. & Mogrovejo, C. (2014).** Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón El Pangui. El Pangui, Ecuador: Alcaldía de El Pangui.
- Holden, M. J. & Raitt D. F. S. (1975).** Manual de Ciencias Pesqueras, métodos para investigar los recursos y su aplicación. Roma, Italia: FAO.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Jácome–Negrete, I., Santi, S., Cuji, A., Viteri, E., Alvarado, V., Inmunda, P., Dahua, R., Tapuy, J. & Tapuy, T. (2019). Contribución al conocimiento de la comunidad de peces y el efecto de la pesca artesanal *kichwa* en lagunas de inundación de la Amazonía central del Ecuador. *Revista Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11 (2), 386–413. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i2.510>.

Jiménez–Prado, P., Aguirre, W., Laaz–Moncayo, E., Navarrete–Amaya, R., Nugra–Salazar, F. I., Rebolledo–Monsalve, E., Zárate–Hugo, E., Torres–Noboa, A. & Valdiviezo–Rivera, J. (2015). Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Esmeraldas, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE), Universidad del Azuay (UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto Nacional de Biodiversidad.

Le Cren, E. D. (1951). The length–weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20 (2), 201–219. <https://doi.org/10.2307/1540>.

Li, B. Y. (2019). Fishes of the Nangaritza River Cordillera del Cóndor, Ecuador. Guías de campo Field Museum.

Macas–Gañay, J. R. (2023). Calidad de agua de las subcuencas del río Quimi y Machinaza, caracterización de las subcuencas y análisis de la influencia antropogénica. Tesis profesional. Loja, Ecuador: Universidad Técnica particular de Loja.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. (S / D) . Reserva Biológica El Quimi. —<https://www.ambiente.gob.ec/reservabiologicaelquimi/>

Morales–Nin, B. (1991). Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. Palma de Mallorca, España: Instituto de Estudios Avanzados de las Islas Baleares.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Navarrete–Amaya, R., Shervette, V. R., Vélez, D. & Aguirre, W. E. (2021).** Patrones biogeográficos y taxonómicos de los peces de la vertiente occidental del Ecuador, En Jiménez–Prado, P. & Valdiviezo–Rivera, J. (Ed.). 2021. Biodiversidad de peces en el Ecuador. Serie Especial de Ictiología Ecuatoriana I (pp. 10–21). Quito, Ecuador: Red Ecuatoriana de ictiología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Universidad Tecnológica Indoamérica, Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Nugra–Salazar, F. I., Chaca, R. & Zárate, E. (2022).** Guía de peces. Parque Nacional Sangay. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.
- Nugra–Salazar, F. I., Abad, D. & Zárate, E. (2018).** Guía de Peces del Alto Nangaritza. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.
- Nugra–Salazar, F. I., Benítez, M. B., Zárate, E., Fernández de Córdova, F. & Celi, J. E. (2016).** Sistemas hidrográficos de la cuenca del río Napo, Ecuador. Peces comunes del río Napo y sistemas lacustres de Limoncocha y Cuyabeno. Guías de campo Field Museum.
- Ochoa–Ubilla, B. Y., Mendoza–Nieto, K. X., Vivas–Moreira, R., Urdánigo–Zambrano, J., Ferrer–Sánchez, Y. (2016).** Estructura de tallas de captura y relación longitud–peso de peces nativos en el humedal Abras de Mantequilla, Ecuador. Ciencias Ambientales UTEQ, 9(2), 19–27.
- Pauly, D. (1983).** Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca 234. Roma, Italia: FAO.
- Pauly, D. (1984).** Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. Studies and Reviews 8. Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management.
- Puertas, C. (2021).** Ecología de los peces amazónicos en el Ecuador. En: Jiménez–Prado, P. & Valdiviezo–Rivera, J. (Eds.), Biodiversidad de peces en el Ecuador. Serie Especial de Ictiología Ecuatoriana I (pp. 10–21). Quito, Ecuador: Red Ecuatoriana de ictiología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Universidad Tecnológica Indoamérica, Instituto Nacional de Biodiversidad.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Revelo, W. & Laaz-Moncayo, E. (2012).** Catálogo de peces de aguas continentales de la provincia de Los Ríos, Ecuador. Boletín Especial No. 5. Guayaquil, Ecuador: Instituto Nacional de Pesca.
- Ricker, W. E. (1971).** Methods for assessments of fish production in freshwater. Oxford, United Kingdom: Blackwell Scientific Publications.
- Ricker, W. E. (1975).** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Ottawa, Canada. Fisheries and Marine Service.
- Rivadeneira, J. F., Anderson, E. & Dávila, S. (2010).** Peces de la cuenca del río Pastaza, Ecuador. Quito, Ecuador: Fundación Natura.
- Rivera-Velázquez, G., Aguilar-Ballinas, J. M., Trejo-González, C., Peralta-Meixueiro, M. A. (2023).** Estructura de tallas, relación longitud-peso y factor de condición de cuatro peces nativos en la represa Nezahualcóyotl, Chiapas, México. *Caldasia*, 46 (2), 323–331. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v46n2.100458>.
- Rodríguez-Gutiérrez, M. (1992).** Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. Ciudad de México, México: AGT Editor.
- Safran, P. (1992).** Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Marine Biology*, 112, 545–551.
- Santos-Sanes, A., Olaya-Nieto, C., Segura-Guevara, F., Brú-Cordero, S. & Tordecilla-Petro, G. (2006).** Relación talla-eso del barbul (*Pimelodus clarias* f.c. Bloch, 1785) en la cuenca del río Sinu, Colombia. *Revista VMZ Córdoba*, 11 (1), 62–70.
- Saquicela, A., Brito, C., Calle, B., López, M. & Mancheno, D. (2020).** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Gualaquiza. Gualaquiza, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Gualaquiza.
- Segarra, O., Llivigañay, M., Nugra-Salazar, F. I., Aguilar, J. M., Abad, D., Bustos, A. M., Zuña, L., Chaca, R. & Calle, O. (2021).** Guía de la flora y fauna del área de conservación municipal y uso sustentable de la microcuenca del río Magdalena, subcuenca del río Cutilcay, ubicado en la parroquia Bulán del cantón Paute. Cuenca, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del Cantón Paute y Universidad del Azuay. <https://doi.org/10.33324/ceazuay.205>.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

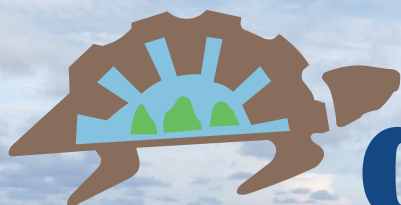


- Segura–Guevara, F. F., Contreras–Ortega, M. L. & Olaya–Nieto, C. W. (2011).** Relación longitud–peso de la cachana (*Cynopotamus Atratoensis*) en la ciénaga grande de Lorica, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 16 (1), 77–86.
- Tesch, F. W. (1968).** Age and growth. In Ricker W. E. (Ed.), *Methods for assessment of fish production in fresh waters* (pp. 98–130). IBP Handbook No. 3. 2° edition. Oxford, United Kingdom: Blackwell Scientific Publications.
- Tresierra–Aguilar, A. E. & Culquichicón–Malpica, Z. G. (1995).** Manual de Biología pesquera. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Trujillo, Perú: Editorial La Libertad.
- Val, A. L. (2019).** Fishes of the Amazon: diversity and beyond. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 91(3), 1–9. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920190260>.
- WWF. 2021.** The World's forgotten fishes.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



latindex



CREATIVE COMMONS

 OPEN ACCESS


Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Artículo Científico

Parásitos de peces invasores en ambientes acuáticos del Caribe mexicano y sureste de México

Parasites of invasive fish in aquatic environments of the Mexican Caribbean and southeastern Mexico

 1. María Amparo Rodríguez-Santiago

 0000-0003-0616-237X


Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, Ciudad de México, México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación "El Carmen", Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad del Carmen, Campeche, México. ORCID: 30000-0001-7074-1603

 2. Enrique Ávila

 3000-0001-7074-1603

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación "El Carmen", Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

 3. José Adán Caballero-Vázquez

 0000-0002-4848-7415

Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), Unidad de Ciencias del Agua, Cancún, Quintana Roo.

 4. María Lilibeth Cupil-Ruíz

 0009-0001-2790-1605

Posgrado en Restauración Ecológica, Centro de Investigación de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), Ciudad del Carmen, Campeche, México.

 5. Ismael Orozco-Maldado

 0009-0007-6342-2488

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR).



Parásitos de peces invasores en ambientes acuáticos del Caribe mexicano y sureste de México

Parasites of invasive fish in aquatic environments of the Mexican Caribbean and southeastern Mexico

► RESUMEN

Las especies de peces introducidas fuera de su distribución natural pueden afectar negativamente los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad nativa. En este estudio se analizó la fauna parasitaria de tres peces invasores en ambientes silvestres de México: los bagres acorazados *Pterygoplichthys pardalis* y *P. disjunctivus* (nativos de Sudamérica) y el pez león rojo *Pterois volitans* (del Indo-Pacífico). Estas especies, reconocidas como invasoras globales, ocasionan pérdidas ecológicas y económicas en México, pero se conoce poco sobre sus parásitos y su posible transmisión a especies nativas o humanas. Se recolectaron 241 ejemplares de *P. pardalis*, 121 de *P. disjunctivus* y 120 de *P. volitans* en distintas localidades del sureste de México y el Caribe mexicano durante cinco años. En *P. pardalis* se identificaron cuatro parásitos: los monogeneos *Heteropriapulius heterotylus* y *Urocleidoides vaginoclastrum*, el trematodo *Clinostomum marginatum* y el protozoo *Ichthyophthirius multifiliis*; mientras que *P. disjunctivus* presentó solo *H. heterotylus*. En *P. volitans* se registraron monogeneos, trematodos, cestodos, nematodos y crustáceos parásitos. La baja riqueza parasitaria coincide con reportes de otras regiones invadidas, apoyando la hipótesis de liberación del enemigo natural. Ninguna especie hallada representa riesgo para la salud humana, información clave para estrategias de manejo y aprovechamiento sostenible de estas especies invasoras.

Palabras clave: peces invasores, diversidad parasitaria, *Pterygoplichthys pardalis*, *P. disjunctivus*, *Pterois volitans*, sureste de México.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

Fish species introduced outside their natural distribution can negatively affect aquatic ecosystems and native biodiversity. This study analyzed the parasitic fauna of three invasive fish species from wild environments in Mexico: the armored catfishes *Pterygoplichthys pardalis* and *P. disjunctivus* (native to South America), and the red lionfish *Pterois volitans* (native to the Indo-Pacific). These species, recognized as global invaders, have caused ecological and economic losses in Mexico, yet little is known about their parasitic fauna or potential transmission to native or human hosts. A total of 241 specimens of *P. pardalis*, 121 of *P. disjunctivus*, and 120 of *P. volitans* were collected from various localities in southeastern Mexico and the Mexican Caribbean over five years. In *P. pardalis*, four parasite species were identified: the monogeneans *Heteropriapulus heterotylus* and *Urocleidoides vaginoclastrum*, the trematode *Clinostomum marginatum*, and the protozoan *Ichthyophthirius multifiliis*, whereas *P. disjunctivus* harbored only *H. heterotylus*. In *P. volitans*, monogeneans, trematodes, cestodes, nematodes, and parasitic crustaceans were recorded. The low parasite richness observed agrees with reports from other invaded regions, supporting the Enemy Release Hypothesis. None of the identified parasite species represent a risk to human health, providing relevant information for control strategies and sustainable management of these invasive species.

Keywords: invasive fish, parasite diversity, *Pterygoplichthys pardalis*, *P. disjunctivus*, *Pterois volitans*, southeastern Mexico

► INTRODUCCIÓN

La introducción de especies exóticas de peces representa una de las principales amenazas para la biodiversidad nativa y para el funcionamiento ecológico de los ecosistemas acuáticos, tanto marinos como dulceacuícolas, a nivel mundial (Field, 1999; Spalding, 2010; Sorensen, 2021). Muchas especies introducidas se convierten en depredadores o competidores (FAO, 2005) e incluso actúan como vectores de parásitos y patógenos que pueden afectar a la fauna nativa (Torchin, Lafferty, Dobson, McKenzie, Kuris, 2003). Los parásitos desempeñan un papel clave en las invasiones biológicas, ya que los



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

hospederos introducidos suelen experimentar una reducción de su carga parasitaria nativa de acuerdo con la Hipótesis de Liberación del Enemigo Natural (ERH) o adquirir nuevos parásitos en las regiones invadidas (Sellers, Ruiz, Leung, Torchin, 2015). Un ejemplo clásico del impacto parasitario es el monogéneo *Gyrodactylus salaris*, responsable de graves pérdidas ecológicas y económicas en poblaciones de salmón del Atlántico (Bakke, Cable, Harris, 2007).

En los ecosistemas dulceacuícolas, los bagres armados amazónicos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) y *P. disjunctivus* (C. Weber, 1991), nativos de los ríos tropicales de Sudamérica, se han expandido a varios continentes, incluidos Norteamérica, Asia y África (Orfinger y Goodding, 2018). En México, su presencia en ambientes naturales fue documentada por primera vez a mediados de la década de 1990 (Guzmán y Barragán, 1997; Wakida-Kusunoki, Ruiz-Carus, Amador-del Ángel, 2007) y actualmente figuran entre las especies invasoras más ampliamente distribuidas del país, especialmente en los sistemas fluvio-lagunares del sureste (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009; Rodríguez-Santiago *et al.*, 2015, Rodríguez-Santiago, García-Prieto, Mendoza-Garfias, González-Solís, Grano-Maldonado, 2016). En el sistema fluvio-lagunar Palizada-Del Este, dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Campeche, se han reportado densas poblaciones de estas especies (Wakida-Kusunoki y Amador del Ángel, 2011; Rodríguez-Santiago *et al.*, 2016) y se ha documentado su fauna parasitaria, compuesta principalmente por el monogéneo *Heteropriapulus heterotylus* (Rodríguez-Santiago *et al.*, 2015). Este ectoparásito presenta una alta prevalencia en ambas especies de *Pterygoplichthys*, lo que sugiere su posible co-introducción junto con los hospederos (Mendoza-Franco, Caspeta-Mandujano, Salgado-Maldonado, 2012). La proliferación de estos peces genera competencia con especies nativas por espacio y alimento y puede alterar los procesos tróficos y sedimentarios en ríos y lagunas. Sin embargo, aún existe escasa información sobre su papel como posibles reservorios de parásitos y su implicación en la transmisión de patógenos zoonóticos (Mendoza-Franco, Mendoza-Palmero, Scholz, 2016).

En los ecosistemas marinos, el pez león rojo *Pterois volitans* (Scorpaenidae), originario del Indo-Pacífico, es una de las especies invasoras más exitosas del Atlántico occidental (Schofield, 2009). Desde su introducción en la década de 1980, se ha expandido rápidamente por el

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Golfo de México y el Caribe mexicano, favorecido por su alta eficiencia depredadora, su rápida reproducción y su baja carga parasitaria en las zonas invadidas (Sellers *et al.*, 2015). Si bien se han descrito sus impactos sobre las comunidades arrecifales y las cadenas tróficas, los estudios enfocados en su diversidad parasitaria en México son escasos (Montoya-Mendoza, Camarena-Luhers, Castañeda-Chávez, Lango-Reynoso, 2018; Rodríguez-Santiago *et al.*, 2016). Los registros disponibles indican la presencia de tremátodos, nemátodos y crustáceos parásitos (Ramos-Ascherl *et al.*, 2015; López-Hernández, Mago, Chinchilla, 2016), predominando los digeneos en fase de metacercaria, lo que sugiere la participación del pez león como hospedero intermediario en ciclos tróficos complejos (Fang *et al.*, 2018).

El análisis de las comunidades parasitarias en peces invasores de ambientes dulceacuícolas y marinos permite evaluar el papel del parasitismo en el éxito de las invasiones biológicas y sus consecuencias ecológicas sobre la biodiversidad nativa. Comprender la composición y estructura de sus ensamblajes parasitarios puede revelar patrones de co-introducción, transferencia o liberación de parásitos, así como los posibles riesgos ecológicos y sanitarios asociados.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue analizar la composición, diversidad y abundancia de las especies de parásitos asociadas con los bagres armados *Pterygoplichthys pardalis* y *P. disjunctivus* en ambientes dulceacuícolas del sureste de México, y con el pez león rojo *Pterois volitans* en arrecifes de coral del Caribe mexicano, con el fin de comprender sus implicaciones ecológicas y sanitarias en el contexto de las invasiones biológicas.

► MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Sistema fluvio-lagunar (Palizada–del Este, Campeche)

El Sistema Fluvio-Lagunar Deltaico Palizada–del Este (SFLD) se localiza en la porción suroeste de la cuenca de la Laguna de Términos, entre los 18°19'13"–18°29'04" N y 91°44'36"–91°51'31" O (Fig. 1a). La región presenta un clima cálido-húmedo con lluvias en verano, según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), con una temperatura media anual de 27.1 °C y una precipitación total anual de



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

1,985 mm (Vera-Herrera et al., 1988). La temperatura del agua sigue el patrón estacional típico del sureste de México: época seca (febrero–mayo), lluviosa (junio–septiembre) y de “nortes” o frentes fríos (octubre–febrero).

En esta región se establecieron cuatro localidades de muestreo para los bagres armados invasores: Boca Chica, Laguna del Este, Santa Gertrudis y El Porvenir (Fig. 1a). La vegetación circundante está compuesta por manglares (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*), popal (*Thalia geniculata*), tular (*Phragmites australis*) y macrófitas acuáticas como *Sagittaria lancifolia* y *Pontederia sagittata*. Las aguas son someras, turbias y fuertemente influenciadas por descargas estacionales de agua fluvial.

Sistema marino (Caribe mexicano)

El área marina de estudio se ubicó en la barrera arrecifal ubicada frente al complejo hotelero de Gran Bahía Príncipe, municipio de Tulum, Quintana Roo, entre las coordenadas 20°25'35.5" N–87°17'01.2" O y 20°20'36" N–87°20'30" O. Esta zona forma parte de la porción central del Caribe mexicano e integra el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), también conocido como el “Gran Cinturón de Arrecifes del Atlántico Occidental”, considerado la segunda barrera arrecifal más grande del mundo (Ardisson, May-Kú, Herrera-Dorantes, Arellano-Guillermo, 2011).

La plataforma continental del estado de Quintana Roo es angosta (< 5 km) y se caracteriza por un mosaico de bahías, caletas, lagunas costeras, cayos e islas como Contoy, Isla Mujeres y Cozumel. Los arrecifes de la región, de tipo marginal, alcanzan una longitud aproximada de 300 km y constituyen la porción norte del SAM. El área forma parte del Área Natural Protegida “Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano”, decretada el 7 de diciembre de 2016 (SEMARNAT, 2018). Esta reserva abarca 5,754 hectáreas distribuidas a lo largo de cinco ecorregiones marinas: Plataforma del Golfo de México Sur, Plataforma del Caribe Mesoamericano, Talud del Caribe Mesoamericano, Cuenca de Yucatán y Cadena Montañosa Caimán, comprendiendo las costas de Isla Mujeres, Benito Juárez, Puerto Morelos, Solidaridad, Tulum, Cozumel, Bacalar y Othón P. Blanco.

El Caribe mexicano se caracteriza por sus diversos hábitats: en el ambiente terrestre se encuentran selvas tropicales, como la selva



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia y selvas bajas; en el ambiente costero existen dunas costeras, playas arenosas y lagunas costeras con vegetación como el pastizal inundable, petenes y manglares. Alberga el 50% del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), siendo esta la primera y única barrera arrecifal trasfronteriza del mundo (SEMARNAT, 2018).

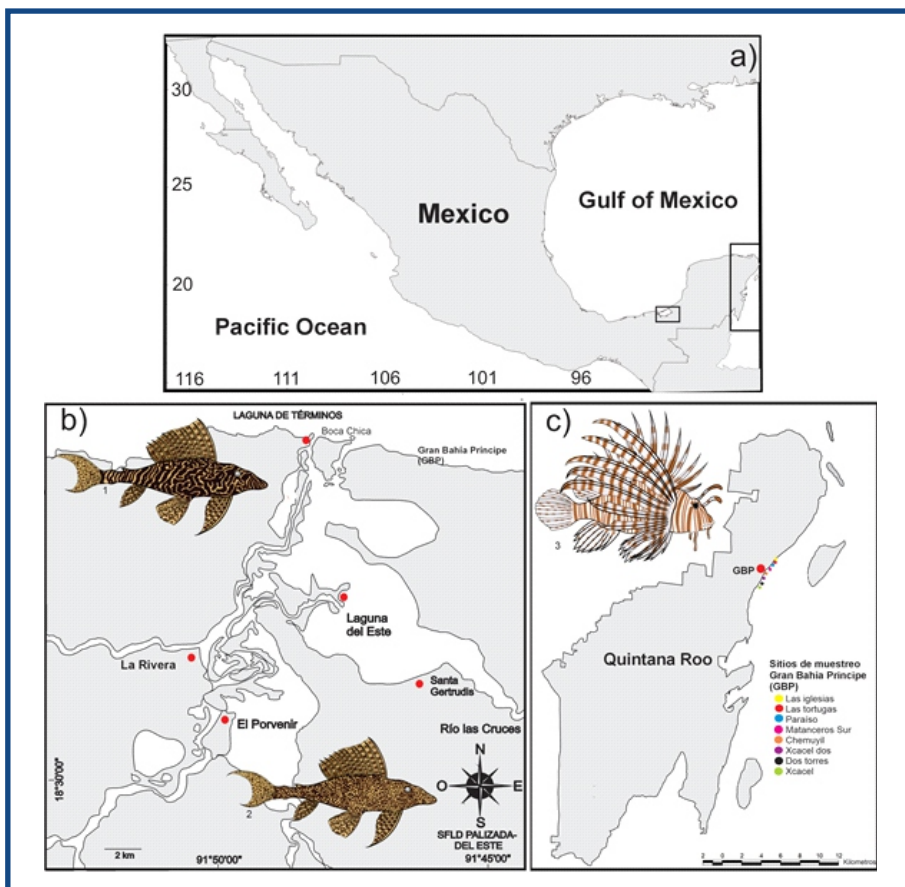


Figura 1. Localización geográfica de las áreas de estudio y especies hospederas analizadas. a) Ubicación general de las zonas de muestreo en México. b) Sistema Fluvio-Lagunar Palizada-Del Este (SFLD), en el suroeste de la Laguna de Términos, Campeche, donde se recolectaron ejemplares de los bagres armados *Pterygoplichthys disjunctivus* (1), *P. pardalis* (2). c) Región marina de Gran Bahía Príncipe (GBP), en la zona centro del Caribe mexicano, Quintana Roo, donde se muestreó el pez león rojo *Pterois volitans* (3).

Colecta de peces

Se recolectaron un total de 223 ejemplares de bagres acorazados, 94 individuos de *P. disjunctivus* y 129 de *P. pardalis*, en las cuatro localidades del sistema Palizada-del Este (Santa Gertrudis, Boca Chica, Laguna del Este y El Porvenir). Los peces fueron capturados con atarraya (malla de 76 mm) y transportados vivos en agua del sitio al



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Laboratorio de Parasitología Ambiental del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL-UNAM, Estación El Carmen).

Los ejemplares del pez león *Pterois volitans* se recolectaron en ocho sitios (Las Iglesias, Las Tortugas, Paraíso, Matanceros Sur, Chemuyil, Xcacel dos, Dos Torres y Xcacel), frente a la zona de Gran Bahía Príncipe (zona centro del Caribe mexicano). Los organismos se capturaron mediante buceo libre y buceo autónomo (SCUBA) utilizando arpón hawaiano de tres puntas como arte de pesca. Los ejemplares colectados se conservaron en neveras con hielo y se transportaron al laboratorio de parasitología del ICMyL-UNAM, Estación El Carmen, donde se llevó a cabo un examen parasitológico.

Trabajo de laboratorio

En el laboratorio, cada ejemplar fue medido (longitud estándar y total, en cm) y pesado (en g) utilizando una cinta métrica y una balanza de precisión (Ohaus V11P6). Posteriormente, se realizó la revisión externa e interna de los organismos para detectar ecto- y endoparásitos. Cada pez fue lavado completamente con agua destilada y el residuo retenido en tamices de 250 μm se examinó en cajas Petri bajo un estereomicroscopio (Zeiss Stemi DV4). Las branquias se separaron cuidadosamente con tijeras quirúrgicas y bisturí para observar cada arco branquial y registrar la presencia de ectoparásitos (Aguilar-Perera, Quijano-Puerto, Carrillo-Flota, 2015). Se realizó una incisión ventral desde la región anal hasta la aleta pélvica, exponiendo los órganos internos (estómago, intestino, hígado, corazón, vesícula biliar, bazo, riñón, vejiga urinaria y gónadas), los cuales se extrajeron y revisaron individualmente en cajas Petri con solución salina fisiológica para detectar endoparásitos. Los parásitos encontrados se separaron por grupo taxonómico y se conservaron en viales etiquetados con etanol al 70–96 % para su posterior identificación. Para la identificación de los parásitos, se aplicaron distintas técnicas según el grupo taxonómico. Los monogéneos se digirieron con proteinasa K (2.5 μL) para eliminar tejidos residuales (Harris y Cable, 2000); una vez visibles las estructuras esclerosadas, se montaron en bálsamo de Canadá siguiendo el método de Kritsky y Boeger (1986) y Kritsky (2007). Los trematodos y acantocéfalos se fijaron en AFA (ácido acético-formol-alcohol) y se tiñeron con Tricrómica de Gomori o carmín de Mayer (Guzmán-Cornejo et al., 2012). Los cestodos se tiñeron con hematoxilina de Delafield, y los nematodos, copépodos e isópodos se aclararon con soluciones graduales de glicerina (Moravec, Kohn,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Fernandes, 1993) para observar sus estructuras internas. Los protozoos se identificaron a partir de frotis de piel y branquias impregnados con nitrato de plata al 2 % (técnica de Klein), expuestos a la luz solar por 6 h. Una vez teñidos y montados en bálsamo de Canadá, todos los ejemplares fueron observados al microscopio óptico compuesto (Olympus BX-51) para su determinación taxonómica a nivel de familia, género o especie, utilizando claves especializadas (Yamaguti, 1971; Bray, Gibson, Jones, 2008; Aguilar-Perera, Quijano-Puerto, Carrillo-Flota, Williams, Bunkley-Williams, 2018). El material parasitológico obtenido se depositó en la Colección Nacional de Helmintos (CNHE-UNAM) y en la Colección del Laboratorio de Parasitología Ambiental (ICMyL-UNAM, Estación El Carmen).

Análisis de datos

Las infecciones parasitarias se caracterizaron con base en los descriptores ecológicos propuestos por Bush, Lafferty, Lotz y Shostak (1997): prevalencia (porcentaje de hospederos infectados), intensidad media (número promedio de parásitos por hospedero infectado) y abundancia media (número promedio de parásitos por hospedero examinado). Los registros biológicos y parasitológicos se integraron en una base de datos para los análisis ecológicos y estadísticos correspondientes.

► RESULTADOS

Bagres armados (*Pterygoplichthys pardalis* y *P. disjunctivus*)

Se examinaron un total de 223 ejemplares de bagres acorazados (129 *P. pardalis* y 94 *P. disjunctivus*), de los cuales 148 individuos (66.3%) estaban infectados con al menos un taxón parasitario. En *P. pardalis* se identificaron cuatro taxones ectoparasitarios: dos monogéneos (*Heteropriapulus* sp. y *Urocleidoides* sp.), un protozoo (*Ichthyophthirius* sp.) y un digeneo (*Clinostomum* sp.), mientras que en *P. disjunctivus* solo se registró *Heteropriapulus* sp. Los parásitos se localizaron principalmente en los arcos branquiales, con excepción de *Clinostomum* sp., que se encontró como metacercaria enquistada en la base de la aleta caudal. No se detectaron endoparásitos en la musculatura ni en los órganos internos de ninguno de los hospederos.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla 1. Prevalencia, intensidad y abundancia media (\pm Error Estándar) de los taxones parasitarios registrados en *P. pardalis* y *P. disjunctivus*. Fase metacercaria (mc).

Especie hospedera	Grupo parasitario	Especie de parásito	Sitio de infección	P (%)	IM	AM \pm EE
<i>P. pardalis</i>	Monogenea	<i>Heteropriapulus</i> sp.	Branquias	95.5	5.3	2.6 \pm 0.8
<i>P. pardalis</i>	Monogenea	<i>Urocleidoides</i> sp.	Branquias	3.8	2.0	0.1 \pm 0.03
<i>P. pardalis</i>	Protozoa	<i>Ichthyophthirius</i> sp.	Branquias y piel	5.0	1.7	0.09 \pm 0.02
<i>P. pardalis</i>	Digenea	<i>Clinostomum</i> sp. (mc)	Base de aleta caudal	1.2	2.0	0.03 \pm 0.01
<i>P. disjunctivus</i>	Monogenea	<i>Heteropriapulus</i> sp.	Branquias	72.0	3.9	1.7 \pm 0.6

En *P. pardalis*, *Heteropriapulus* sp. representó el 95.7% ($n = 408$) del total de parásitos recuperados, mientras que *Ichthyophthirius* sp. aportó el 3.5% ($n = 23$), *Urocleidoides* sp. el 0.5% ($n = 3$) y *Clinostomum* sp. el 0.3% ($n = 2$). En *P. disjunctivus*, todos los parásitos registrados ($n = 196$) correspondieron a *Heteropriapulus* sp., la única especie compartida entre ambos hospederos. La prevalencia de *Heteropriapulus* sp. varió entre 23.8% y 95.5% en *P. pardalis* y entre 0% y 100% en *P. disjunctivus*, mientras que los demás taxones mostraron valores bajos ($\leq 5\%$). Los niveles de infección entre hospederos no fueron estadísticamente significativos. En este ensamblaje parasitario se encontró que *Heteropriapulus* sp., fue la única especie que estuvo presente durante todo el año en ambas especies de bagres. En ambas mostró un patrón intraanual similar, con mayor prevalencia, intensidad y abundancia durante la temporada cálido-lluviosa (junio–septiembre) y valores menores en los meses fríos. Estos parámetros de infección se correlacionaron positivamente con la temperatura del agua, pero no con la longitud ni el peso de los peces.

Pez león rojo (*Pterois volitans*)

Se revisó un total de 128 ejemplares de *P. volitans*: 13 individuos de Las Iglesias, 18 de Las Tortugas, 13 de Paraíso, 14 de Matanceros Sur, 19 de Chemuyil, 22 de Xcabel dos, 26 de Dos Torres y 3 de Xcabel. El intervalo de talla de estos ejemplares fue de 24.58 ± 4.52 cm de longitud total y el intervalo de peso fue de 179.28 ± 91.53 g.

Se registró un total de 327 parásitos: 107 en Las Iglesias, 38 en Las Tortugas, 36 en Paraíso, 33 en Matanceros Sur, 21 en Chemuyil, 32 en Xcabel dos, 21 en Dos Torres y 39 en Xcabel. En la Tabla 2 se presentan los seis grupos de helmintos correspondientes a: 260 digeneos, 2 cestodos, 42 nematodos, 1 hirudíneo, 14 copépodos y 8 isópodos, de los cuales se identificaron 25 especies de parásitos.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla 2. Relación de especies parásitas registradas en el cuerpo del hospedero (*P. volitans*) indicando el sitio de infección y el número de parásitos por taxón.

Hospedero	Grupo de parásito	Especie de parásito	Sitio de infección	No. Individuos
<i>Pterois volitans</i>	Digenea	<i>Diptherostomum</i> sp.	Estómago	29
		Zoogonidae sp.		43
		Acanthocolpidae sp. I		13
		Acanthocolpidae sp. II		24
		<i>Siphoderina</i> sp. I		12
		<i>Siphoderina</i> sp. II		17
		<i>Siphoderina</i> sp. III		7
		<i>Siphoderina</i> sp. IV		8
		<i>Stephanostomum</i> sp.		8
		<i>Lecithochirium musculus</i>		19
		<i>Lecithochirium microstomum</i>		23
		<i>Lecithochirium floridense</i>		14
		<i>Lecithochirium</i> sp.		22
		<i>Dolofustrema</i> sp.		9
		<i>Brachyphallus parvus</i>		1
		<i>Hemiuridae</i> sp.		11
	Cestoda	<i>Prochristianella</i> sp.	Intestino	2
	Nematoda	<i>Ascarophis mexicana</i>	Mesenterio	6
		<i>Spirocamallanus</i> sp.		9
		<i>Hysterothylacium</i> sp.		23
		<i>Capillaria</i> sp.		4
	Hirudinea	<i>Trachelobdella lubrica</i>	Branquias	1
	Copépoda	<i>Caligus wilsoni</i>		7
		<i>Caligus xystercus</i>		7
	Isópoda	<i>Cymothoa excisa</i>	Boca	8

En la figura 10 se presenta la riqueza de especies parásitas encontradas en los ocho sitios de estudio. Las localidades que presentaron menor riqueza fueron Matanceros Sur, Chemuyil y Xcacel (1 especie en las tres localidades). Mientras que Las Iglesias fue la localidad con mayor riqueza de especies (5), seguido de Paraíso (3), Dos Torres (3), Las Tortugas (2) y Xcacel dos (2).

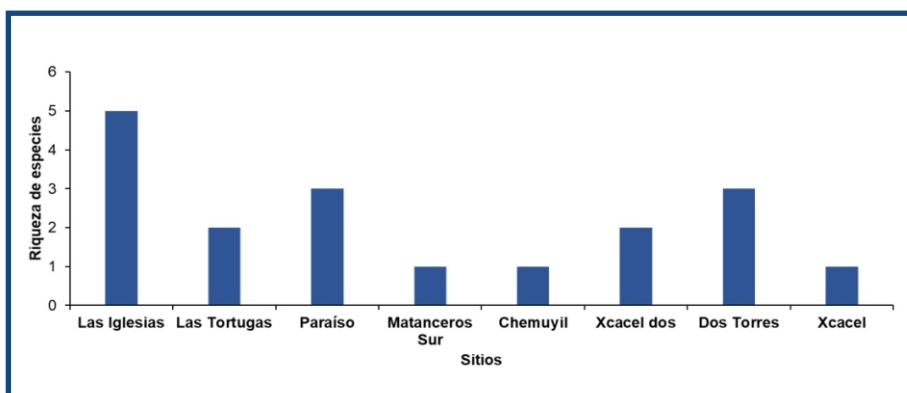


Figura 2. Riqueza total de especies de parásitos en *Pterois volitans* registrados en los sitios de estudio



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

En cuanto a la abundancia de las especies parásitas en este pez, la figura 3 muestra la cantidad de individuos hallada para cada grupo parasitario en las localidades de muestreo. Los digeneos fueron los más abundantes (1–13 ind/hospedero) y estuvieron presentes en todas las localidades, seguidos por los nematodos (1–3 ind/hospedero; presentes en cuatro localidades), y los copépodos (2 ind/hospedero, en dos localidades). Los cestodos, hirudíneos e isópodos tuvieron abundancias relativamente bajas (1 ind/hospedero) y baja frecuencia en las localidades de estudio. De todos los peces león revisados de las ocho localidades solo 71 estuvieron parasitados por al menos una especie de parásito, es decir el 55% de la muestra. En la Tabla 3 se presentan los parámetros de infección de cada especie de parásito en *P. volitans*.

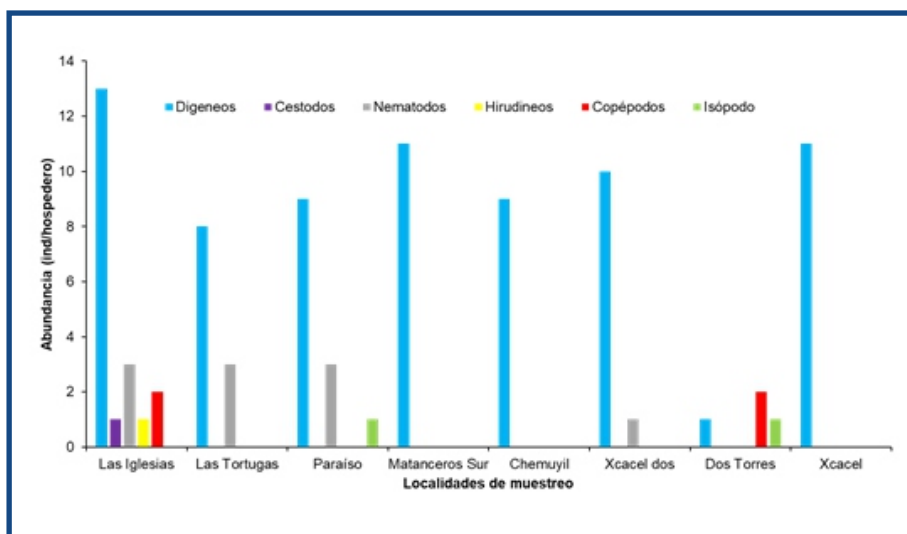


Figura 3. Abundancia de los grupos de parásitos en *P. volitans* en las ocho localidades de estudio.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla 3. Relación de parásitos registrados en los peces león *P. volitans* colectados por sitio de muestreo (Las Iglesias, Las Tortugas, Paraíso, Matanceros Sur, Chemuyil, Xcacel dos, Dos Torres, Xcacel) y sus parámetros de infección.

Parasite species	Prevalence (%)	Mean intensity	Mean abundance ± Standard deviation
LAS IGLESIAS			
<i>Diptherostomum</i> sp.	30.76	2.5	0.76 ± 0.57
<i>Zoogonidae</i> sp.	30.76	2.3	0.53 ± 9.87
<i>Acanthocolpidae</i> sp. I	7.69	2	0.15 ±
<i>Acanthocolpidae</i> sp. II	23.07	2.3	0.53 ± 1.52
<i>Siphoderina</i> sp. I	7.69	5	0.38
<i>Siphoderina</i> sp. II	15.38	2.5	0.38 ± 0.70
<i>Siphoderina</i> sp. III	7.69	5	0.38
<i>Siphoderina</i> sp. IV	7.69	6	0.46
<i>Stephanostomum</i> sp.	7.69	5	0.38
<i>Lecithochirium musculus</i>	15.38	1.5	0.23 ± 0.70
<i>Lecithochirium microstomum</i>	30.76	2.2	0.69 ± 0.5
<i>Lecithochirium floridense</i>	23.07	1.6	0.38 ± 0.57
<i>Lecithochirium</i> sp.	7.69	2	0.15
<i>Prochristianella</i> sp.	7.69	2	0.15
<i>Ascarophis mexicana</i>	7.69	2	0.15
<i>Spirocamallanus</i> sp.	7.69	2	0.15
<i>Hysterothylacium</i> sp.	23.07	1.3	0.30 ± 0.57
<i>Trachelobdella lubrica</i>	7.69	2	0.15
<i>Caligus wilsoni</i>	7.69	1	0.15
<i>Caligus xystrercus</i>	7.69	1	0.15
LAS TORTUGAS			
<i>Diptherostomum</i> sp.	11.11	2	0.22
<i>Acanthocolpidae</i> sp. II	11.11	2	0.22 ± 1.41
<i>Dollfustrema</i> sp.	11.11	2	0.22
<i>Siphoderina</i> sp. IV	11.11	1	0.11
<i>Lecithochirium microstomum</i>	11.11	2	0.22 ± 1.41
<i>Lecithochirium floridense</i>	11.11	2	0.22
<i>Lecithochirium</i> sp.	5.55	3	0.16
<i>Hemiuridae</i> sp.	11.11	1	0.11
<i>Ascarophis mexicana</i>	16.66	1.33	0.22 ± 0.57
<i>Spirocamallanus</i> sp.	11.11	2	0.22
<i>Hysterothylacium</i> sp.	5.55	3	0.16
PARAÍSO			
<i>Diptherostomum</i> sp.	7.69	2	0.15
<i>Acanthocolpidae</i> sp. I	7.69	4	0.30
<i>Acanthocolpidae</i> sp. II	7.69	2	0.15
<i>Siphoderina</i> sp. I	7.69	1	0.07
<i>Siphoderina</i> sp. II	7.69	4	0.30
<i>Lecithochirium musculus</i>	7.69	1	0.07
<i>Lecithochirium microstomum</i>	7.69	2	0.15
<i>Lecithochirium floridense</i>	7.69	1	0.07
<i>Hemiuridae</i> sp.	7.69	1	0.07
<i>Spirocamallanus</i> sp.	7.69	3	0.23
<i>Capillaria</i> sp.	7.69	2	0.15
<i>Hysterothylacium</i> sp.	30.76	2.5	0.76 ± 1.29
<i>Cymothoa excisa</i>	7.69	3	0.23
MATANCEROS SUR			
<i>Diptherostomum</i> sp.	0.14	2	0.28
<i>Zoogonidae</i> sp.	0.07	3	0.21
<i>Acanthocolpidae</i> sp. II	0.07	2	0.14
<i>Siphoderina</i> sp. I	0.07	1	0.07
<i>Dollfustrema</i> sp.	0.07	1	0.07
<i>Lecithochirium musculus</i>	0.21	2	0.42 ± 1
<i>Lecithochirium microstomum</i>	0.21	2.66	0.57 ± 0.57
<i>Lecithochirium</i> sp.	0.14	2	0.28 ± 1.41
<i>Hemiuridae</i> sp.	0.07	1	0.07
<i>Capillaria</i> sp.	0.07	2	0.14
<i>Hysterothylacium</i> sp.	0.07	1	0.07
CHEMUYIL			
<i>Diptherostomum</i> sp.	5.26	2	0.10
<i>Zoogonidae</i> sp.	5.26	2	0.10
<i>Acanthocolpidae</i> sp. I	5.26	3	0.15
<i>Acanthocolpidae</i> sp. II	5.26	4	0.21
<i>Siphoderina</i> sp. II	5.26	4	0.21
<i>Siphoderina</i> sp. III	5.26	1	0.05
<i>Dollfustrema</i> sp.	5.26	2	0.10



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

<i>Lecithochirium floridense</i>	5.26	2	0.10
<i>Brachyphallus parvus</i>	5.26	1	0.05
XCACEL DOS			
<i>Diptherostomum</i> sp.	4.54	1	0.04
Zoogonidae sp.	13.63	2.66	0.36 ± 0.57
Acanthocolpidae sp. II	4.54	4	0.18
<i>Siphoderina</i> sp. I	4.54	1	0.04
<i>Siphoderina</i> sp. II	4.54	2	0.09
<i>Siphoderina</i> sp. III	4.54	1	0.04
<i>Dollfusotrema</i> sp.	4.54	2	0.09
XCACEL DOS			
<i>Lecithochirium musculus</i>	4.54	3	0.13
<i>Lecithochirium</i> sp.	4.54	3	0.13
<i>Hemiuridae</i> sp.	4.54	2	0.09
<i>Hysterothylacium</i> sp.	4.54	1.66	0.22 ± 0.57
DOS TORRES			
<i>Lecithochirium</i> sp.	11.53	1.66	0.19 ± 0.57
<i>Caligus wilsoni</i>	15.38	1.25	0.19 ± 0.5
<i>Caligus xystricus</i>	7.69	3	0.23 ± 1.41
<i>Cymothoa excisa</i>	11.53	1.66	0.19 ± 0.57
XCACEL			
<i>Diptherostomum</i> sp.	1	2	2 ± 1
Zoogonidae sp.	0.33	1	0.33
Acanthocolpidae sp. I	0.33	2	0.66
Acanthocolpidae sp. II	0.33	3	1
<i>Siphoderina</i> sp. I	0.33	4	1.33
<i>Siphoderina</i> sp. II	0.33	2	0.66
<i>Stephanostomum</i> sp.	0.33	3	1
<i>Lecithochirium musculus</i>	0.33	6	2
<i>Lecithochirium floridense</i>	0.33	2	0.66
<i>Lecithochirium</i> sp.	0.33	5	1.66
<i>Hemiuridae</i> sp.	0.33	5	1.66

De las 25 especies de parásitos registradas en *P. volitans* los digeneos *Diptherostomum* sp., Zoogonidae sp., *L. microstomum* y el nematodo *Hysterothylacium* sp. presentaron la prevalencia más alta (30.76%). La intensidad y abundancia media más alta la tuvo el digeneo *L. musculus* (6 ind./hospedero; 2 ind./hospedero respectivamente). El resto de los parásitos presentaron valores bajos.

DISCUSIÓN

En los bagres acorazados invasores *P. pardalis* y *P. disjunctivus*, la fauna parasitaria fue poco diversa y dominada por el monogéneo *Heteropriapulus heterotylus*. Este patrón coincide con lo registrado por Rodríguez-Santiago *et al.* (2015, 2016) en los ríos Palizada y San Pedro (Campeche, México), donde esta especie fue el único parásito común detectado en ambas especies hospederas durante todo el año, con prevalencias entre 50 y 70% y bajas abundancias medias. Las mayores infecciones se presentaron en la temporada cálido-lluviosa, asociadas con el incremento de la temperatura del agua, lo cual favorece la reproducción de los monogéneos.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

No se detectaron helmintos intestinales, lo que sugiere una adquisición muy limitada de parásitos locales. Este patrón respalda la Hipótesis de Liberación del Enemigo Natural (ERH), que propone que las especies invasoras pierden la mayoría de sus parásitos específicos al establecerse en nuevos ambientes (Torchin *et al.*, 2003). Además, la armadura dérmica y los hábitos bentónicos detritívoros de *Pterygoplichthys* probablemente reducen la exposición a parásitos transmitidos por vía trófica, contribuyendo a su éxito invasor en los sistemas fluvio-lagunares del sur del Golfo de México (Rodríguez-Santiago *et al.*, 2015).

En contraste, el pez león *P. volitans* presentó una comunidad parasitaria más diversa, conformada por 25 especies distribuidas en seis grupos principales: Digenea, Cestoda, Nematoda, Hirudinea, Copepoda e Isopoda. Sin embargo, la mayoría correspondió a especies larvales o generalistas de baja especificidad hospedatoria. Ninguna de las especies registradas aquí ha sido reportada de su ambiente nativo. Los digeneos fueron el grupo dominante, con *L. microstomum*, *L. musculus*, *Diptherostomum* sp. y *Siphoderina* spp. como los más abundantes, principalmente en fase de metacercaria. Este predominio refleja el papel del pez león como segundo hospedero intermediario dentro de las redes tróficas arrecifales, como se ha documentado en Quintana Roo y Yucatán (Rodríguez-Santiago *et al.*, 2015).

Los nemátodos, representados por *A. mexicana*, *Hysterothylacium* sp., *Spirocamallanus* sp. y *Capillaria* sp., constituyeron el segundo grupo más frecuente. Los cestodos (*Prochristianella* sp.) y ectoparásitos (*Trachelobdella lubrica*, *Caligus wilsoni*, *C. xystercus* y *Cymothoa excisa*) fueron poco comunes. La baja abundancia de ectoparásitos podría asociarse con mecanismos de defensa del hospedero, como la secreción de mucus, el desprendimiento de escamas y la presencia de toxinas dérmicas (Harris, Soleng, Bakke, 1998; Munday, Schubert, Baggio, Jones, Caley, 2003), que dificultan la fijación de copépodos y sanguijuelas.

De manera similar a los bagres acorazados, *P. volitans* parece haber perdido sus parásitos de su región de origen y adquirido especies generalistas oportunistas del Caribe. Otros estudios realizados en el Atlántico occidental (Bullard, Barse, Curran, Morris, 2011; Tuttle, Sikkell, Cure, Hixon, 2017) también han reportado niveles bajos de infección y ausencia de introducción de parásitos exóticos.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

En general, las comunidades parasitarias de *P. pardalis*, *P. disjunctivus* y *P. volitans* fueron poco diversas y con baja intensidad de infección, dominadas por taxones generalistas y con baja especificidad hospedero-parásito, un patrón típico de colonización secundaria en especies invasoras (Rodríguez-Santiago *et al.*, 2016). Los parásitos nativos parecen actuar como colonizadores oportunistas, sin evidencia de transmisión de especies exóticas. Esta baja presión parasitaria podría conferir una ventaja competitiva a los peces invasores frente a los hospederos nativos más parasitados. En este sentido, tanto los peces invasores dulceacuícolas como los marinos examinados en este estudio exhiben un patrón convergente caracterizado por baja diversidad parasitaria, predominio de taxones generalistas y ausencia de parásitos específicos de su área nativa, condiciones que facilitan su establecimiento y expansión en ambientes acuáticos del sureste de México y el Caribe mexicano.

► CONCLUSIONES

A través del análisis parasitológico en los invasores de agua dulce (*P. pardalis*, *P. disjunctivus*) y marinos (*P. volitans*), se determinó que los ensamblajes parasitarios fueron taxonómicamente diversos, pero con baja prevalencia e intensidad, en concordancia con la Hipótesis de Liberación del Enemigo Natural. Los loricáridos dulceacuícolas estuvieron dominados por monogéneos de transmisión directa (principalmente *Heteropriapulus* spp.), con escasos protozoos y metacercarias de *Clinostomum* ocasionales, y virtualmente sin endoparásitos, lo que indica una limitada adquisición de helmintos locales de transmisión indirecta. Las variaciones estacionales observadas en los loricáridos (mayores cargas parasitarias durante los meses cálido-lluviosos) apuntan a una amplificación de ectoparásitos de transmisión directa asociada a la temperatura.

El pez león albergó un espectro más amplio de helmintos, numéricamente dominado por metacercarias de digeneos, además de nemátodos generalistas y cestodos/ectoparásitos poco comunes, lo que sugiere un papel principal como hospedero intermediario o paraténico dentro de las redes tróficas arrecifales. Las diferencias espaciales en la riqueza y carga parasitaria del pez león probablemente reflejan la estructura local de la red trófica y la disponibilidad de estadios larvales



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



más que la densidad de los hospederos. En esta especie de pez, los procesos tróficos parecen influir en la acumulación de tremátodos larvales.

En ambos casos, ninguno de los parásitos registrados representa un riesgo para la salud humana, lo que respalda las estrategias de control basadas en su captura y aprovechamiento sustentable, recomendándose la evisceración y cocción adecuadas. Para investigaciones futuras, se recomienda incluir el uso de códigos de barras moleculares para identificar estadios larvales, la ampliación del muestreo estacional y la integración de métricas parasitarias con estudios de dieta, redes tróficas y manejo (remoción) para evaluar los procesos de *spillover/spillback* y la eficacia de las estrategias de control.

► AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al **Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación El Carmen (UNAM)**, por las facilidades brindadas para la realización del trabajo de campo y laboratorio, así como al personal técnico del **Laboratorio de Parasitología Ambiental** por su apoyo en la colecta, procesamiento e identificación de los organismos parasitarios. Se agradece especialmente la colaboración del **Laboratorio de Ecología del Bentos** por el uso de sus instalaciones y equipo, así como el apoyo logístico durante las campañas de muestreo en el **Sistema Fluvio-Lagunar Palizada del Este** y la **zona arrecifal del Caribe mexicano**. Este estudio se desarrolló en el marco del proyecto **“Biodiversidad de organismos acuáticos del sur del Golfo de México” (No. 7237) SECIHTI**. Agradecemos la valiosa contribución de los estudiantes **Daniel Cacho Torres** e **Ismael Orozco**, cuyos trabajos de tesis aportaron datos fundamentales para este estudio. Asimismo, reconocemos el talento artístico de **Francisco Velueta Centella**, autor de las ilustraciones científicas de los peces utilizadas en este manuscrito. Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a los pescadores locales de **Palizada** y **Tulum** por su apoyo durante las jornadas de colecta.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► LITERATURA CITADA

- Aguilar-Perera, A., & Tuz-Sulub, A. (2010).** Non-native, invasive red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758]: Scorpaenidae), is first recorded in the southern Gulf of Mexico, off the northern Yucatan Peninsula, Mexico. *Aquatic Invasions*, 5, S9–S12. doi: 10.3391/ai.2010.5.S1.003
- Aguilar-Perera, A., Quijano-Puerto, L., & Carrillo-Flota, E. (2015).** Manual de técnicas para disección del pez león, *Pterois volitans*, del Sureste del Golfo de México. Fundación UADY-CONANP-CCBA, Universidad Autónoma de Yucatán, 36 pp. doi: 10.13140/RG.2.1.4104.5922
- Aguilar-Perera, A., Quijano-Puerto, L., Carrillo-Flota, E., Williams, E. H., & Bunkley-Williams, L. (2018).** First record of the snapper-choking isopod *Cymothoa excisa* (Isopoda: Cymothoidae) parasitizing invasive lionfish *Pterois volitans* (Scorpaeniformes: Scorpaenidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98, 2095–2097. doi: 10.1017/S0025315417001576
- Ardisson, P. L., May-Kú, M. A., Herrera-Dorantes, M. T., & Arellano-Guillermo, A. (2011).** El sistema arrecifal mesoamericano-México: consideraciones para su designación como zona marítima especialmente sensible. *Hidrobiológica*, 21, 261–280.
- Bakke, T. A., Cable, J., & Harris, P. D. (2007)** The biology of gyrodactylid monogeneans, the 'Russian doll killers'. *Advances in Parasitology*, 64, 161–376. doi: 10.1016/S0065-308X(06)64003-7
- Bray, R. A., Gibson, D. I., & Jones, A. (2008).** *Keys to the Trematoda. Volume III.* CAB International Publishing and The Natural History Museum, London, England, 805 pp.
- Bullard, S. A., Barse, A. M., Curran, S. S. & Morris, J. A. (2011).** Primer registro de un digéneo del pez león invasor, *Pterois volitans* (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) en el noroeste del Océano Atlántico. *Journal of Parasitology*, 97, 833–837. doi: 10.1645/GE-2746.1.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- 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. doi: 10.2307/3284227
- Fang, L., Xiao-Hong, L., Hai-Long, G., Chong-You, X., Rui-Yu, C., Zuo-Can, H., Yao-Guang, Z., & Zhi-Jian, W. (2018).** The discovery of *Clinostomum complanatum* metacercariae in farmed Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. *Aquaculture*, 495, 273–280.
- Guzmán, A. F., & Barragán, J. (1997).** Presencia de bagre sudamericano (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana*, 3, 1–4.
- Guzmán-Cornejo, C., García, L., Rivas, G., Mendoza-Garfias, B., Osorio, D., & Montiel, G. (2012).** Manual de prácticas de metazoarios parásitos de vertebrados. Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 141 pp.
- Harris, P. D., Soleng, A., & Bakke, T. A. (1998).** Killing of *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) mediated by host complement. *Parasitology Research*, 117, 137–143. doi: 10.1017/s003118209800287x.
- Kritsky, D. C., Thatcher, V. E., & Boeger, W. A. (1986).** Neotropical Monogenea. 8. Revision of *Urocleidoides* (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 53, 1–37.
- Kritsky, D. C. (2007).** *Heteropriapulius* nom. nov. (Monogenoidea: Dactylogyridae) for *Heterotylus* Jogunoori, Kritsky & Venkatanarasaiah, 2004, a junior homonym of *Heterotylus* Kirsch in Reitter, 1913 (Coleoptera: Curculionidae). *Systematic Parasitology*, 68, 233. doi: 10.1007/s11230-007-9111-9
- López-Hernández, D., Mago, Y., & Chinchilla, O. (2016).** Primer hallazgo en Venezuela de *Lecithochirium floridense* (Manter, 1934) Crowcroft, 1946 y *Brachyphallus crenatus* (Rudolphi, 1802) Odhner, 1905 (Trematoda, Digenea, Hemiuridae) parásitos del pez invasor *Pterois volitans* (Scorpaenidae). *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 55, 69–77.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Mendoza-Alfaro, R., Cudmore, B., Orr, R., Fisher, J., Contreras, S., Courtney, W., Koleff, P., Mandrak, N., Álvarez, P., Arroyo, M., Escalera, C., Guevara, A., Greene, G., Lee, D., Orbe, A., Ramírez, C., Strabidis, O., & Fisher, J. (2009). Capítulo 5. Invasión de pecos en la presa El Infiernillo, México: análisis de efectos socioeconómicos (relato de dos invasores). *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras*. Comisión para la Cooperación Ambiental, pp. 51–59.
- Mendoza-Franco, E. F., Caspeta-Mandujano, J. M., & Salgado-Maldonado, G. (2012). Primer reporte de *Heteropriapulius* sp. (Platelmintos, Monogenoidea) infectando al pez diablo *Pterygoplichthys pardalis* (Siluriformes, Loricariidae) en la cuenca del río Lacantún, Chiapas, México. *Jaina, Boletín Informativo*, 23, 1–6.
- Mendoza-Franco, E. F., Mendoza-Palmero, C. A., & Scholz, T. (2016). New species of *Ameloblastella* Kritsky, Mendoza-Franco, Scholz, 2000 and *Cosmetocleithrum* Kritsky, Thatcher & Boeger, 1986 (Monogenea: Dactylogyridae) infecting catfishes from the Peruvian Amazonia. *Systematic Parasitology*, 93, 847–862. doi: 10.1007/s11230-016-9671-7
- Montoya-Mendoza, J., Camarena-Luhrs, T., Castañeda-Chávez, M. D. R., & Lango-Reynoso, F. (2017). Helminth parasites of red lionfish *Pterois volitans* from the Veracruz coral reef system, Mexico. *Journal of Agricultural Science*, 9, 30–33. doi: [10.5539/jas.v9n11p30](https://doi.org/10.5539/jas.v9n11p30)
- Moravec, F., Kohn, A., & Fernandes, B. M. M. (1993). Nematode parasites of fishes of the Paraná River, Brazil. Part 2. *Folia Parasitologica*, 40, 115–134.
- Munday, P. L., Schubert, M., Baggio, J. A., Jones, G. P., & Caley, M. J. (2003). Skin toxins and external parasitism of coral-dwelling gobies. *Journal of Fish Biology*, 62, 976–981. doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00078.x

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Orfinger, A. B., & Goodding, D. D. (2018).** The global invasion of the suckermouth armored catfish genus *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae): annotated list of species, distributional summary, and assessment of impacts. *Zoological Studies*, 57, e7. doi: 10.6620/ZS.2018.57-07
- Ramos-Ascherl, Z., Williams Jr, E. H., Bunkley-Williams, L., Tuttle, L. J., Sikkel, P. C., & Hixon, M. A. (2015).** Parasitism in *Pterois volitans* (Scorpaenidae) from coastal waters of Puerto Rico, the Cayman Islands, and the Bahamas. *Journal of Parasitology*, 101, 50–56. doi: 10.1645/13-422.1.
- Rodríguez-Santiago, M. A., Ávila, E., Caballero-Vázquez, J. A., Guevara-Carrió, E., Amador-del Ángel, L. E., López-García, K., & Bustamante-Avendaño, A. K. (2015).** Primer registro parasitológico del pez león *Pterois volitans* (Pisces: Scorpaenidae) en costas de Quintana Roo, México. *Memorias del V Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad*, Vol. 1. La Habana, Cuba.
- Rodríguez-Santiago, M. A., García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., González-Solís, D., & Grano-Maldonado, M. I. (2016).** Parasites of two coexisting invasive sailfin catfishes (Siluriformes: Loricariidae) in a tropical region of Mexico. *Neotropical Ichthyology*, 14, e160021. doi: 10.1590/1982-0224-20160021
- Schofield, P. J. (2009).** Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* and *P. miles*) in the western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*, 4, 473–479. doi: 10.3391/ai.2009.4.3.5
- Sellers, A. J., Ruiz, G. M., Leung, B., Torchin, M. E. (2015)** Regional variation in parasite species richness and abundance in the introduced range of the invasive lionfish, *Pterois volitans*. *PLoS One*, 10:e0131075. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131075>
- SEMARNAT (2018).** Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano. Consultado el 28 de noviembre de 2023. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat>
- Torchin, M. E., Lafferty, K. D., Dobson, A. P., McKenzie, V. J., & Kuris, A. M. (2003).** Introduced species and their missing parasites. *Nature*, 421, 628–630. doi: 10.1038/nature01346



- Tuttle, L. J., Sikkell, P. C., Cure, K., & Hixon, M. A. (2017).** Parasite-mediated enemy release and low biotic resistance may facilitate invasion of Atlantic coral reefs by Pacific red lionfish (*Pterois volitans*). *Biological Invasions*, 19, 563–575. doi: 10.1007/s10530-016-1342-8
- Vera-Herrera, F., Rojas-Galavíz, J. L., Fuentes-Yaco, C., Ayala-Pérez, L. A., Álvarez-Guillén, H., Coronado-Molina, C. 1988a.** Descripción ecológica del sistema fluvio-lagunar-deltaico del río Palizada. In: Yáñez-Arancibia A. y Day J. W. (Eds). *Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Golfo de México: la Región de la Laguna de Términos*. (pp. 51–88), Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Wakida-Kusunoki, A. T., & Amador-del Ángel, E. (2011).** Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 870–878.
- Wakida-Kusunoki, A. T., Ruiz-Carus, R. y Amador-del Ángel, E. (2007).** Amazon sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae), another exotic species established in southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 52, 141–144. doi: 10.1894/0038-4909(2007)52[141:ASCPPC]2.0.CO;2
- Yamaguti, S. (1971).** Synopsis of the digenetic trematodes of vertebrates. Vols. I y II. Keigaku Publishing Co., Tokyo, Japan, 1074 pp.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Copépodos parásitos asociados al tiburón martillo (*Sphyrna* sp.) en zonas de pesca artesanal de Mazatlán, Sinaloa, México

Parasite copepods associated with the hammerhead shark (*Sphyrna* sp.) in artisanal fishing zones of Mazatlán, Sinaloa, Mexico



latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



1. Isabella Castro Tuirán



0009-0001-9500-6338

Estudiante de Biología Acuicola, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Mazatlán, Sinaloa, México.



1. Lina V. Torres Angarita



0009-0001-6607-2387

Estudiante de Biología Acuicola, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Mazatlán, Sinaloa, México.



2. João Victor Couto de Miranda



0000-0003-2797-617X

Programa de Pós-Graduação em Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.



3. Mayra Ixchel Grano Maldonado



0000-0001-7519-379X

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Mazatlán, Sinaloa, México.

Autor de correspondencia: granomayra@uas.edu.mx



Copépodos parásitos asociados al tiburón martillo (*Sphyrna* sp.) en zonas de pesca artesanal de Mazatlán, Sinaloa, México

Parasite copepods associated with the
hammerhead shark (*Sphyrna* sp.)
in artisanal fishing zones of
Mazatlán, Sinaloa, Mexico

► RESUMEN

El presente estudio forma parte del proyecto “Identificación de parásitos y patógenos en peces de importancia comercial en las zonas costeras de Sinaloa”, enfocado en el análisis de ectoparásitos en la bahía de Mazatlán, en el Pacífico tropical mexicano. El objetivo fue identificar los copépodos parásitos presentes en ejemplares de tiburón martillo (*Sphyrna* sp.). Tres ejemplares de tiburón fueron capturados por pescadores de la cooperativa de Playa Norte y, posteriormente, se realizó una inspección macroscópica directa de las superficies corporales de los tiburones, incluidas las aletas, con el fin de detectar la presencia de copépodos parásitos. Los especímenes parasitarios recolectados fueron trasladados posteriormente al laboratorio CA-UAS-162 de la Facultad de Ciencias del Mar (UAS) para su análisis taxonómico. Se identificaron copépodos de los géneros *Caligus*, *Pandarus*, *Kroyeria*, *Nemesis* y *Protodactylina*. Este trabajo incrementa el conocimiento sobre la biodiversidad de la fauna ectoparasitaria de elasmobranquios en la zona sur del Golfo de California.

Palabras clave: Ectoparásitos, Pacífico tropical mexicano, Copepoda, Sphyrnidae, elasmobranquios



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

Hammerhead sharks (*Sphyrna* sp.) host a diverse assemblage of ectoparasitic copepods, yet records from the Mexican tropical Pacific remain scarce. As part of the project “Identification of parasites and pathogens in commercially important fish species from coastal areas of Sinaloa”, we examined specimens captured in Mazatlán Bay to document copepod diversity. Three sharks were obtained from artisanal fisheries, and their external surfaces, including fins, were macroscopically inspected for parasitic copepods. Collected specimens were processed at the CA-UAS-162 laboratory (Faculty of Marine Sciences, UAS) for taxonomic identification. Five genera were recorded: *Caligus*, *Pandarus*, *Kroyeria*, *Nemesis*, and *Protodactylina*. These findings expand the current knowledge of ectoparasitic fauna associated with elasmobranchs in the southern Gulf of California.

Keywords: Ectoparasites, Mexican tropical Pacific, copepods, hammerhead shark, elasmobranchs.

► INTRODUCCIÓN

La distribución de los elasmobranquios es amplia y abarca todos los mares cálidos y templados del mundo (Fowler y Cavanagh, 2005). Los tiburones pertenecen al grupo de los condriictios, término que engloba a los peces con esqueleto cartilaginoso del cual se han descrito alrededor de 1,200 especies descritas (Fowler y Cavanagh, 2005). Dentro de este grupo los integrantes de la clase Elasmobranchii comprenden los tiburones y los peces sierra de la infraclase Selachii, así como las rayas y las mantarrayas de la infraclase Batoidea (Fricke et al., 2025).

El género *Sphyrna* Rafinesque, 1810 conocido comúnmente como tiburón martillo, se considera un depredador tope debido a su posición en la cima de la cadena alimentaria (Randhawa y Poulin, 2010). Estas especies constituyen un hábitat excepcional para una amplia variedad de fauna parasitaria y actúan como importantes indicadores biológicos (Caira y Healy, 2004; Palm, 2011). Sin embargo, algunos copépodos parásitos de las familias Pandaridae Milne Edwards, 1840, Eudactylinidae Wilson C.B., 1932 y Caligidae Burmeister, 1835 asociados a tiburones han mostrado baja especificidad, lo que representa un desafío para su clasificación taxonómica (Álvarez y Winfield, 2001;



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Boxshall y Halsey, 2004). En el caso de la familia Kroyeriidae Kabata, 1979 del orden Siphonostomatoida, se han documentado entre especies del género *Kroyeria* Beneden, 1853 y diversos elasmobranquios (Dippenaar, Olivier y Benz, 2001). No obstante, Deets (1994) señala que dicha especificidad puede verse influida por sesgos morfológicos o errores de identificación.

La interacción entre tiburones y sus parásitos adquiere especial relevancia en regiones donde estas especies tienen importancia ecológica y alimentaria. En México, el consumo de carne de tiburón es tradicionalmente amplio y se realiza en las costas de los océanos Atlántico y Pacífico, donde se han registrado hallazgos importantes de parásitos (Rodríguez-Santiago, Morales-Serna, Gómez y Grano-Maldonado, 2016). Los copépodos parásitos son crustáceos que pueden provocar daños severos en sus hospederos, y los de la familia Pandaridae son principalmente ectoparásitos de tiburones (Cressey, 1967a; Boxshall y Hayes, 2019; Pegoraro de Macedo, Palomba y Santoro, 2023).

Pegoraro de Macedo et al. (2023) realizaron una amplia revisión bibliográfica sobre la familia Pandaridae, en la que analizaron diversos aspectos relacionados con su diversidad, ciclos de vida, interacciones hospedador-parásito, biogeografía, patología y los tratamientos disponibles. Estos autores resaltan la importancia de la distribución global y señalan que la información taxonómica sobre los copépodos de la familia Pandaridae continúa limitada. Asimismo, los datos referentes a copépodos asociados a tiburones, incluyendo su biología, ecología y distribución son aún escasos (Ho y Lin, 2011; Norman, Newbound y Knott, 2000; Izawa, 2010). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue identificar los copépodos parásitos presentes en ejemplares de tiburón martillo (*Sphyrna* sp.) capturados en las costas de Mazatlán, Sinaloa

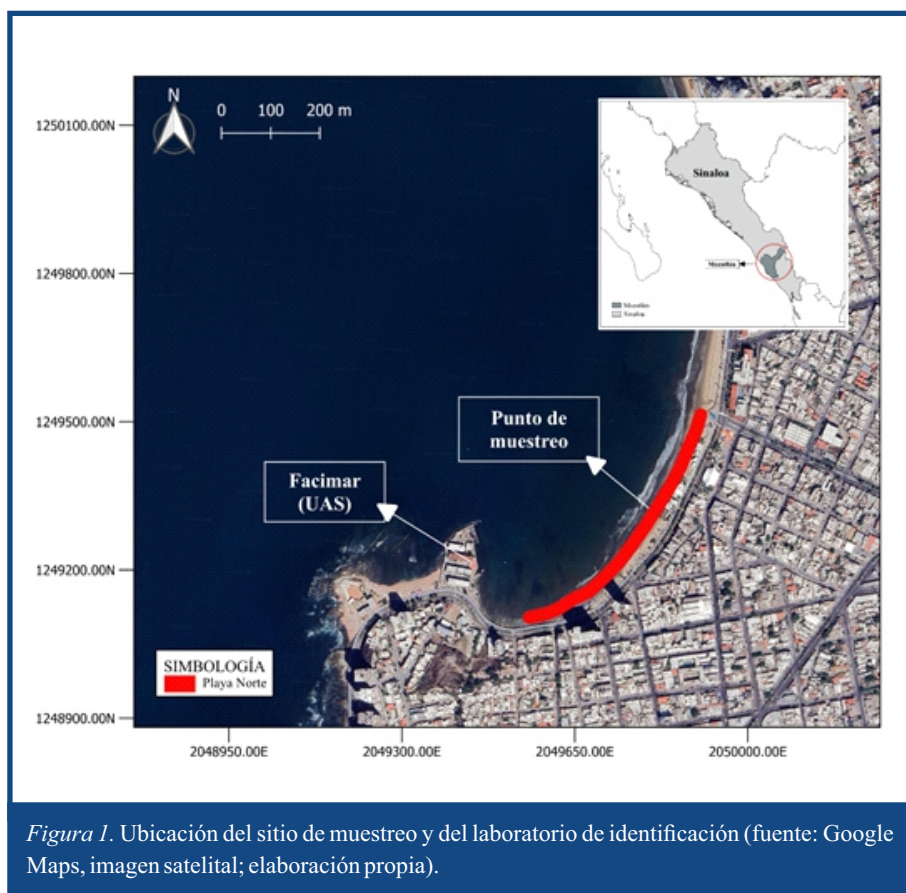
**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló como parte del proyecto “Identificación de parásitos y patógenos en peces de importancia comercial en las zonas costeras de Sinaloa”, con enfoque en el estudio de los ectoparásitos marinos en la bahía de Mazatlán, en el Pacífico tropical mexicano. Los ejemplares de tiburón martillo (*Sphyrna* sp.) fueron obtenidos mediante pesca artesanal por integrantes de la cooperativa de Playa Norte (**Figura 1**). En el sitio de desembarque, los pescadores

permitieron la recolección *in situ* de algunos extraídos con pinzas: además, se efectuó un lavado rápido de los organismos con agua dulce para desprender los ectoparásitos, los cuales fueron filtrados a través de un tamiz de 300 μm . El material biológico recolectado se conservó en frascos en alcohol al 70% para su análisis morfológico y fue trasladado al laboratorio del CA-UAS-162, Facultad de Ciencias del Mar (Universidad Autónoma de Sinaloa). Para los análisis morfológicos, los copépodos fueron montados entre portaobjetos y cubreobjetos con glicerina e identificados al microscopio, utilizando guías taxonómicas especializadas para copépodos (Cressey, 1967a, 1967b; Deets, 1994; Boxshall y Halsey, 2004), que incluyen descripciones detalladas de los géneros observados. Las fotomicrografías se obtuvieron con una cámara acoplada a los mismos microscopios empleados en los análisis morfológicos. La nomenclatura y clasificación de los copépodos siguen los criterios de Walter y Boxshall (2025) mientras que los de hospederos, Fricke et al. (2025).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESULTADOS

Se examinó un total de tres ejemplares de tiburón martillo (*Sphyrna* sp.) recolectados en la bahía de Mazatlán. Todos los individuos presentaron al menos un ectoparásito copépodo con una prevalencia del 100 %. Taxonómicamente, estos parásitos se clasificaron en cinco géneros: *Pandarus* Leach, 1816 (**Figuras 2 y 3**), *Nemesis* Risso, 1826 (**Figura 4**), *Protodactylina* Laubier, Maillard y Oliver, 1966 (**Figura 5**), *Kroyeria* (**Figura 6**) y géneros no determinados de la familia Caligidae (**Figuras 7–9**). Los ejemplares se localizaron en las superficies corporales, aletas, branquias y en la cavidad bucal de los tiburones al ser lavados. No obstante, el hábitat exacto de cada especie parasitaria no pudo determinarse debido a la naturaleza expedita del muestreo. En la **tabla 1** se presentan algunos reportes previos de copépodos parásitos en tiburones registrados en distintas regiones de México, lo que permite situar este estudio en un contexto comparativo nacional.

Catálogo de especies de copépodos parásitos encontrados en este estudio

Clase: Copepoda Milne Edwards, 1840

Infraclase: Neocopepoda Huys y Boxshall, 1991

Superorden: Podoplea Giesbrecht, 1882

Orden: Siphonostomatoida Burmeister, 1835

Familia: Pandaridae Milne Edwards, 1840

Género: *Pandarus* Leach, 1816

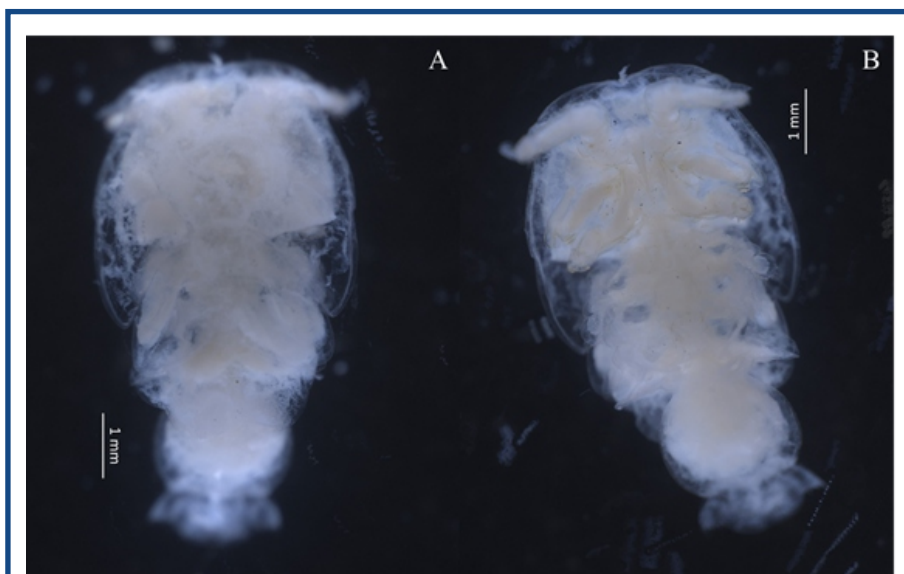


Figura 2. Fotomicrografías de *Pandarus* sp. 1 (hembra adulta). A) Habitus, dorsal y B) Habitus, ventral



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Figura 3. Fotomicrografías de *Pandarus* sp. 2 (hembra y macho adultos). A) Habitus, dorsal y B) Habitus, ventral

Familia: Eudactylinidae Wilson CB, 1932

Género: *Nemesis* Risso, 1826



Figura 4. Fotomicrografías de *Nemesis* sp. (hembra adulta). A) Habitus, dorsal, B) Habitus, ventral y C) Habitus, lateral

Género: *Protodactylina* Laubier, Maillard y Oliver, 1966

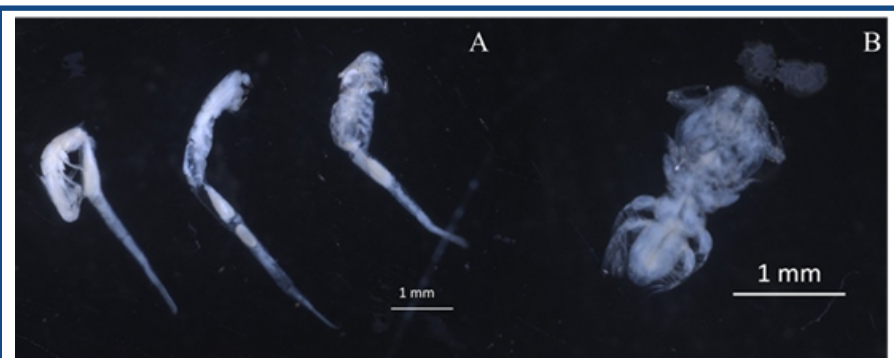


Figura 5. Fotomicrografías de *Protodactylina* sp. A) Hembra adulta, Habitus, lateral y ventral respectivamente y B) Macho, Habitus, ventral



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Familia: Kroyeriidae Kabata, 1979
Género: *Kroyeria* Van Beneden, 1853

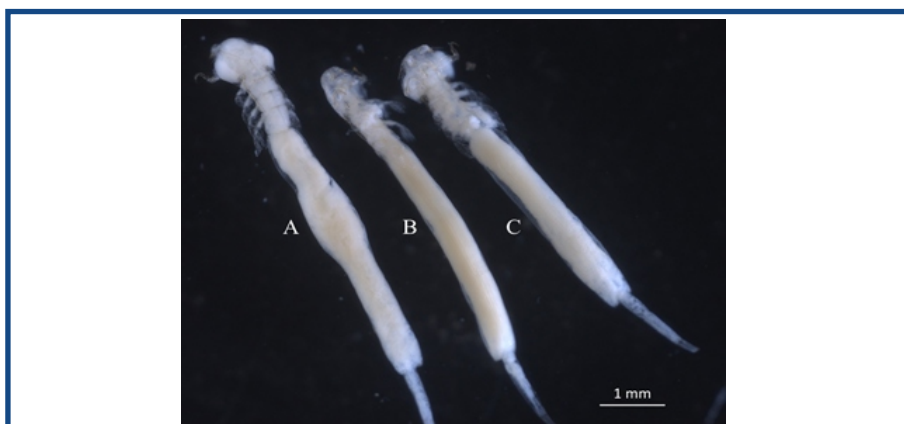


Figura 6. Fotomicrografías de *Kroyeria* sp. (hembra adulta) A) Habitus, dorsal, B) Habitus, lateral y C) Habitus, ventral

Familia: Caligidae Burmeister, 1835

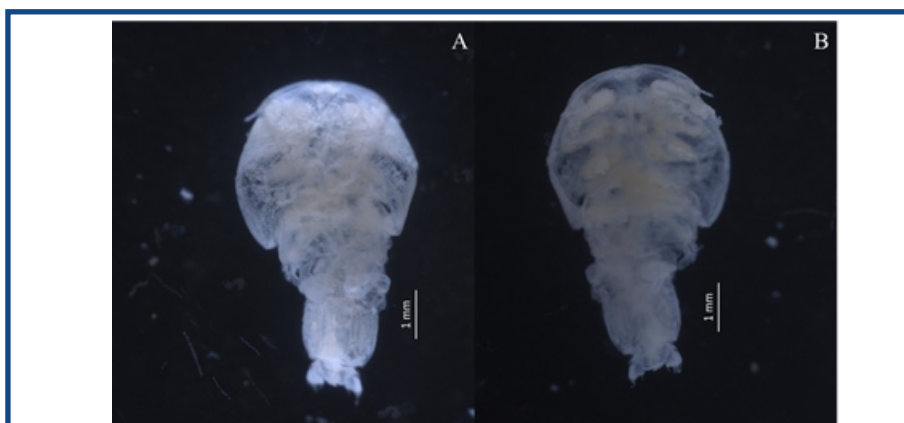


Figura 7. Fotomicrografías de Caligidae gen. sp. 1 (hembra adulta). A) Habitus, dorsal y B) Habitus, ventral

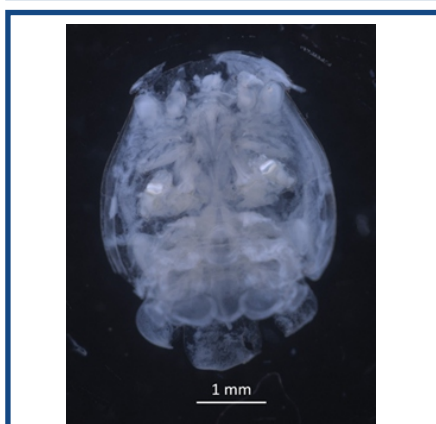


Figura 8. Fotomicrografía de Caligidae gen. sp. 2. Habitus, ventral

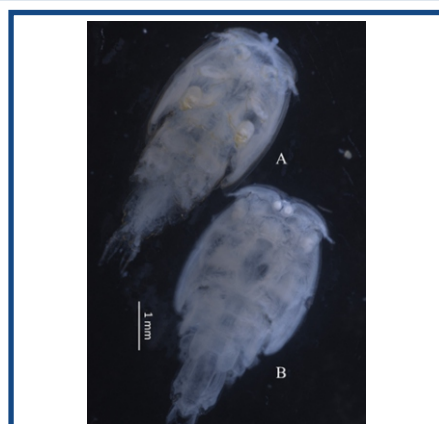


Figura 9. Fotomicrografía de Caligidae gen. sp. 3 A) Habitus, ventral y B) Habitus, dorsal

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► DISCUSIÓN

La fauna ectoparásita de copépodos en tiburones ha sido documentada en diversas regiones del mundo, lo que evidencia una amplia distribución y diversidad globales. En Japón se describieron múltiples especies parasitando elasmobranquios (Izawa, 2010); posteriormente, en Taiwán se registraron copépodos como *Dinemoura discrepans* Cressey, 1967, en varias especies de tiburones (Ho et al., 2011). En Sudamérica estudios en Brasil han reportado una notable variedad de copépodos parásitos asociados a elasmobranquios de importancia comercial (Luque y Tavares, 2007). En el Atlántico occidental, incluido el Golfo de México, se han identificado especies como *Pandarus cranchii* Leach, 1819 y *Alebion carchariae* Krøyer, 1863 en tiburones martillo (Rokicki y Bychawska, 1991; Álvarez y Winfield, 2001). Asimismo, en el océano Índico se ha descrito *Kroyeria sphyrnae* Rangnekar, 1957, que parasita específicamente la región branquial de *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) (Dippenaar et al., 2001). En México, Rodríguez-Santiago et al. (2016) ampliaron el conocimiento regional al documentar nuevos registros de copépodos parásitos de las familias Pandaridae, Eudactylinidae y Caligidae en elasmobranquios del Golfo de México, incluidos los tiburones martillo, lo que fortaleció la diversidad parasitaria en la región.

Los géneros *Pandarus*, *Caligus* y *Kroyeria* son cosmopolitas y han sido ampliamente documentados en elasmobranquios a nivel mundial (Rokicki y Bychawska, 1991). Específicamente, *P. cranchii* y *A. carchariae* han sido reportados previamente en *S. lewini* y en otras especies de tiburones martillo, como *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758), tanto en el Atlántico, incluido el Golfo de México como la costa de Brasil (Rokicki y Bychawska, 1991; Dippenaar et al., 2001; Luque y Tavares, 2007). La presencia de *Kroyeria* resulta particularmente relevante, ya que las especies de este género, como *K. sphyrnae*, se caracterizan por su alta especificidad en la región branquial de tiburones martillo (*S. lewini* y *S. zygaena*) en el océano Índico y en otras regiones (Dippenaar et al., 2001).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

La presencia de copépodos parásitos en tiburones tiene implicaciones ecológicas, así como posibles consecuencias económicas y sanitarias, en particular en áreas de pesca artesanal. Por ejemplo, en la dimensión ecológica, estos parásitos llegan a afectar la condición física de los hospedadores y alterar su papel como depredadores tope en los ecosistemas marinos (Caira y Healy, 2004; Boxshall y Hayes, 2019). En el aspecto económico la presencia de copépodos en tiburones capturados en pesquerías puede disminuir su valor comercial y limitar su aprovechamiento debido a los daños causados en la piel o en las branquias, lo que provoca un aspecto deficiente (Álvarez y Winfield, 2001; Rodríguez-Santiago et al., 2016). Por este motivo es de vital importancia continuar las investigaciones sobre la diversidad parasitaria de elasmobranquios en México (Álvarez y Winfield, 2001; Rodríguez-Santiago et al., 2016), que permitan establecer comparaciones más amplias con otras regiones del mundo para comprender mejor su impacto biológico y su potencial riesgo sanitario (Pegoraro de Macedo et al., 2023).

A pesar de la abundancia de estudios internacionales, en el noreste de México, especialmente en la bahía de Mazatlán, hay pocos registros de copépodos parásitos en tiburones. Esta falta es significativa, considerando el crecimiento de las pesquerías artesanales en la región en las últimas décadas y la relevancia comercial de los elasmobranquios en México (Fowler y Cavanagh, 2005). El presente estudio se centró en identificar la fauna parasitaria de *Sphyrna* sp. capturada en áreas de pesca artesanal, examinando tres ejemplares antes de su procesamiento y venta para detectar ectoparásitos y obtener información sobre su diversidad, por lo que es necesario aumentar el número de tiburones por muestreo y por época del año, también considerar las vedas. La fauna ectoparásita de tiburones oceánicos frente a las costas de Mazatlán, Sinaloa es poco conocida, especialmente en especies de relevancia comercial. Esta situación resalta la necesidad de realizar estudios que brinden información sobre los copépodos parásitos y sus hospedadores (Álvarez y Winfield, 2001; Rodríguez-Santiago et al., 2016). Por ello, este trabajo aporta al conocimiento sobre los ectoparásitos de tiburones en la región y enfatiza la importancia de ampliar las investigaciones a otras especies y áreas costeras de Sinaloa para el manejo pesquero regional.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Tabla 1. Reportes de copépodos parásitos de las familias Caligidae, Eudactylinidae, Kroyeriidae y Pandaridae en tiburones de México.

Parásito	Hospedero	Localidad	Referencia
Familia Caligidae			
<i>Alebion gracilis</i> Wilson C.B., 1905	<i>Carcharhinus albimarginatus</i> (Rüppell, 1837)	Pacífico mexicano	Rokicki y Bychawska (1991); Morales-Serna et al. (2012)
	<i>Carcharhinus obscurus</i> (Lesueur, 1818)		
<i>Alebion pacificus</i> Cressey, 1972	<i>Carcharhinus falciformis</i> (Müller y Henle, 1839)	Pacífico mexicano	Morales-Serna et al. (2012)
	<i>Carcharhinus galapagensis</i> (Snodgrass y Heller, 1905)		
	<i>Carcharhinus leucas</i> (Valenciennes, 1839)		
<i>Lepeophtheirus longispinosus</i> Wilson C.B., 1908	<i>Carcharhinus limbatus</i> (Valenciennes, 1839)	Campeche, Golfo de México	Rodríguez-Santiago et al. (2015, 2016, 2019)
<i>Paralebion elongatus</i> Wilson C.B., 1911	<i>Carcharhinus leucas</i>	Campeche, Golfo de México	Rodríguez-Santiago et al. (2015, 2016, 2019)
<i>Tuxophorus caligodes</i> Wilson C.B., 1908	<i>Carcharhinus limbatus</i>	Campeche, Golfo de México	Rodríguez-Santiago et al. (2015, 2016, 2019)
Familia Eudactylinidae			
<i>Eudactylina longispina</i> Bere, 1936	<i>Sphyrna tiburo</i> (Linnaeus, 1758)	Campeche, Golfo de México	Rodríguez-Santiago et al. (2015, 2016, 2019)
<i>Eudactylinodes keratophagus</i> Deets y Benz, 1986	<i>Heterodontus mexicanus</i> Taylor y Castro-Aguirre, 1972	Golfo de México	Morales-Serna et al. (2012)
<i>Nemesis</i> sp. Risso, 1826	<i>Carcharhinus leucas</i>	Campeche, Golfo de México	Rodríguez-Santiago et al. (2015, 2016, 2019)
Familia Kroyeriidae			
<i>Kroyeria sphyrnae</i> Rangnekar, 1957	<i>Sphyrna lewini</i> <i>Sphyrna zygaena</i>	Golfo de California, México	Morales-Serna et al. (2012)
<i>Kroyerina benzorum</i> Deets, 1987	<i>Alopias vulpinus</i> (Bonnaterre, 1788) <i>Isurus oxyrinchus</i> Rafinesque, 1810	Golfo de California, México	Morales-Serna et al. (2012)
<i>Kroyeria carchariaeglauci</i> Hesse, 1878	<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758) <i>Carcharhinus falciformis</i> <i>Carcharhinus longimanus</i> (Poey, 1861)	Sur de Golfo de California, México; Islas Revillagigedo Pacífico Norte, México	Deets (1994); Deets et al. (2025)
<i>Kroyerina cortezensis</i> Deets, 1987	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Golfo de California, México	Morales-Serna et al. (2012)
<i>Kroyeria decepta</i> Deets, Boxshall y Bernot, 2025	<i>Carcharhinus obscurus</i>	Pacífico Norte, México	Deets et al. (2025)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



<i>Kroeyerina elongata</i> Wilson C.B., 1932	<i>Prionace glauca</i>	Golfo de California, México	Morales-Serna et al. (2012)
<i>Kroeyerina scottorum</i> Cressey, 1970	<i>Sphyrna zygaena</i>	Golfo de California, México	Wilson (1944); Morales-Serna et al. (2012)
Familia Pandaridae <i>Achtheinus dentatus</i> Wilson C.B., 1911	<i>Sphyrna zygaena</i>	Golfo de California, México	Wilson (1944); Morales-Serna et al. (2012); Pegoraro de Macedo et al. (2023)
<i>Achtheinus oblongus</i> Wilson C.B., 1908	<i>Carcharhinus</i> sp. Blainville, 1816	Sonora, México	Morales-Serna et al. (2012)
<i>Dinemoura latifolia</i> (Steenstrup y Lütken, 1861)	<i>Isurus oxyrinchus</i>	Veracruz, México	Álvarez y Winfield (2001); Morales-Serna et al. (2012)
<i>Nesippus orientalis</i> Heller, 1865	<i>Carcharhinus leucas</i> <i>Carcharhinus</i> sp.	Campeche, Golfo de México Puerto Peñasco, Sonora, México	Rodríguez-Santiago et al. (2015, 2016, 2019); Morales-Serna et al. (2012)
<i>Pandarus smithii</i> Rathbun, 1886	<i>Isurus oxyrinchus</i>	Veracruz, Golfo de México	Álvarez y Winfield (2001); Morales-Serna et al. (2012); Pegoraro de Macedo et al. (2023)
<i>Pandarus</i> sp. Leach, 1816	<i>Carcharhinus plumbeus</i> (Nardo, 1827)	Campeche, Golfo de México	Rodríguez-Santiago et al. (2015, 2016, 2019)
<i>Pandarus zygaenae</i> Brady, 1883	<i>Sphyrna zygaena</i>	Pacífico central, México	Cressey (1967b); Pegoraro de Macedo et al. (2023)

► CONCLUSIONES

Este estudio documentó una diversidad significativa de copépodos ectoparásitos asociados a tiburones martillo (*Sphyrna* sp.) en la bahía de Mazatlán, lo que resalta la complejidad de las relaciones hospedador-parásito en los ecosistemas costeros del Pacífico tropical mexicano. La identificación de cinco géneros amplía los registros taxonómicos de la región y plantea interrogantes sobre su influencia en la dinámica poblacional de los elasmobranquios y en la salud de las pesquerías artesanales. Estos hallazgos subrayan la necesidad de integrar el monitoreo parasitológico en las estrategias de manejo pesquero. En este contexto, la información generada constituye una base para investigaciones orientadas a evaluar el papel de los ectoparásitos como indicadores biológicos y su impacto en la sostenibilidad de los recursos marinos.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► AGRADECIMIENTOS

A los pescadores de la cooperativa de Playa Norte por permitir la recolección de los ejemplares, así como a la Dra. Diana López por permitir el uso del laboratorio CA-UAS-162 en el que se desarrolló parte de este trabajo. Reconocemos el apoyo de nuestros compañeros de servicio social, Arath Beltrán y Andrés Piña, cuya colaboración fue valiosa en distintas etapas del proceso. Finalmente, expresamos nuestro reconocimiento a la Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar (UAS-FACIMAR), y a la Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena, por el convenio de colaboración que hizo posible nuestra movilidad académica en el marco del proceso de doble titulación y la movilidad académica para elaborar este trabajo en México. Extendemos nuestro agradecimiento a nuestros padres, quienes nos brindaron su constante respaldo y motivación a lo largo de este proyecto.

► LITERATURA CITADA

- Álvarez, F., y Winfield, I. (2001).** New records of *Dinemoura latifolia* and *Pandarus smithii* (Copepoda, Siphonostomatoida, Pandaridae) parasitizing the shark *Isurus oxyrinchus* in the Gulf of Mexico. *Crustaceana*, 74(5), 501–503. <https://doi.org/10.1163/156854001750243072>
- Boxshall, G., y Halsey, S. (2004).** *An introduction to copepod diversity*. Ray Society, pp. 2,000.
- Boxshall, G., y Hayes, P. (2019).** Biodiversity and taxonomy of the parasitic Crustacea. In N. J. Smit, N. L. Bruce, y K. A. Hadfield (Eds.), *Parasitic Crustacea* (pp. 73–134). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17385-2_3
- Caira, J. N., y Healy, C. J. (2004).** Elasmobranchs as hosts of metazoan parasites. In J. Carrier, J. Musick, y M. Heithaus (Eds.), *The biology of sharks and their relatives* (pp. 523–551). CRC Press.
- Cressey, R. F. (1967a).** Caligoid copepods parasitic on sharks in the Indian Ocean. *Proceedings of the United States National Museum*, 121(3572), 1–21. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.121-3572.1>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Cressey, R. F. (1967b).** Revision of the family Pandaridae (Copepoda: Caligoida). *Proceedings of the United States National Museum*, 121(3570), 1–133. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.121-3570.1>
- Deets, G. B. (1994).** *Copepod–chondrichthyan coevolution: A cladistic consideration* [Master's thesis, University of British Columbia]. cIRcle. <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/831/item/s/1.0088838>
- Deets, G. B., Boxshall, G. A., y Bernot, J. P. (2025).** A systematic revision of *Kroyeria* (Copepoda: Siphonostomatoida): Five new species, 11 redescrptions, and a morphological phylogenetic analysis of the genus. *Journal of Parasitology*, 111(3), 315–373. <https://doi.org/10.1645/24-115>
- Dippenaar, S., Olivier, P., y Benz, G. (2001).** *Kroyeria sphyrnae* Rangnekar, 1957 (Copepoda, Siphonostomatoida, Kroyeriidae): First description of the male, supplementary remarks on the female, a new geographic record for the species, and a key to *Kroyeria* males. *Crustaceana*, 74(9), 883–894. <https://doi.org/10.1163/15685400152682647>
- Fowler, S. L., y Cavanagh, R. D. (2005).** *Sharks, rays and chimaeras: The status of the Chondrichthyan fishes* (Status Survey No. 63). [IUCN](https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2005.ssc-ap.9.en). <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2005.ssc-ap.9.en>
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., y Van der Laan, R. (2025).** *Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References*. California Academy of Sciences. <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Ho, J. S., y Lin, C. L. (2011).** Redescription of *Dinemoura discrepans* Cressey, 1967 (Copepoda: Pandaridae) parasitic on four species of sharks off southeast coast of Taiwan. *Folia Parasitologica*, 58(4), 311. <https://doi.org/10.14411/fp.2011.031>
- Izawa, K. (2010).** Redescription of eight species of parasitic copepods (Siphonostomatoida, Pandaridae) infecting Japanese elasmobranchs. *Crustaceana*, 83(3), 313–341. <https://doi.org/10.1163/001121609x12591347509329>
- Luque, J. L., y Tavares, L. E. R. (2007).** Checklist of Copepoda parasitic on Elasmobranchii (Chondrichthyes) from Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(2), 527–534.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Morales-Serna, F., Gómez, S., y León, G. (2012).** *Parasitic copepods reported from Mexico. Zootaxa*, 3234, 43–68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3234.1.2>
- Norman, B. M., Newbound, D. R., y Knott, B. (2000).** A new species of Pandaridae (Copepoda), from the whale shark *Rhincodon typus* (Smith, 1828). *Journal of Natural History*, 34(3), 355–366. <https://doi.org/10.1080/002229300299534>
- Palm, H. W. (2011).** Fish parasites as biological indicators in a changing world: Can we monitor environmental impact and climate change? In H. Mehlhorn (Ed.), *Progress in Parasitology* (pp. 223–250). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21396-0_12
- Pegoraro de Macedo, M. R., Palomba, M., y Santoro, M. (2023).** The current state of knowledge on parasitic copepods (Siphonostomatoida: Pandaridae) of elasmobranchs. *The Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 26(2), 475–509. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2022.12.006>
- Randhawa, H. S., y Poulin, R. (2010).** Determinants of tapeworm species richness in elasmobranch fishes: Untangling environmental and phylogenetic influences. *Ecography*, 33(5), 866–877. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06169.x>
- Rodríguez-Santiago, M. A., Gómez, S., y Grano-Maldonado, M. I. (2015).** New records of parasitic copepods (Copepoda: Pandaridae, Eudactylinidae, Caligidae) on five shark species (Pisces: Elasmobranchia) in the Gulf of Mexico. *Neotropical Helminthology*, 9(1), 177–182.
- Rodríguez-Santiago, M. A., Méndez, O., Mandujano-Solís, R. E., y Vázquez-Caballero, A. (2019).** Parásitos de elasmobranquios (tiburones y rayas) del sur del Golfo de México: un mundo microscópico desconocido. *Sociedad Ictiológica Mexicana, Boletín*, 45.
- Rodríguez-Santiago, M., Morales-Serna, F., Gómez, S., y Grano-Maldonado, M. I. (2016).** New records of parasitic copepods (Copepoda: Pandaridae, Eudactylinidae, Caligidae) on elasmobranchs (Chondrichthyes) in the Gulf of Mexico. *Ciencia Pesquera, (Special Issue)*, 15–21.



- Rokicki, J., y Bychawska, D. (1991).** Parasitic copepods of Carcharhinidae and Sphyridae (Elasmobranchia) from the Atlantic Ocean. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 21(1), 43–52. <https://doi.org/10.1080/00222939100770911>
- Walter, T. C., y Boxshall, G. (2025).** *World of Copepods Database*. World Register of Marine Species. <https://www.marinespecies.org/copepoda/aphia.php?p=search>
- Wilson, C. B. (1944).** Parasitic copepods in the United States National Museum. *Proceedings of the United States National Museum*, 94 (3 1 7 7) , 5 2 9 – 5 8 2 , 1 5 p l s . <https://doi.org/10.5479/si.00963801.94-3177.529>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



latindex



CREATIVE COMMONS

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Artículo Científico

Fases larvarias de gnatíidos (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) ectoparásitos temporales en peces comerciales de Mazatlán, Sinaloa.

Larval stages of gnathiids (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) are temporary ectoparasites on commercial fish in Mazatlán, Sinaloa.

1. Andrea Mariana Alvarado Mendoza

ID 0009-0007-3570-8905

Estudiante de Biología Acuicola, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Av. Claussen s/n, Mazatlán, Sinaloa, México. email: amam35@hotmail.com

2. José Salgado Barragán

ID 0000-0002-3414-4008

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, Laboratorio de Invertebrados Bentónicos. Mazatlán 82000, Sinaloa, México email: salgado@ola.icmyl.unam.mx

3. Paul C. Sikkel

ID 0000-0002-2652-7498

Departamento de Biología Marina y Ecología de la Escuela Rosenstiel de Ciencias Marinas y Atmosféricas de la Universidad de Miami email: paul.sikkel@gmail.com

4. Matthew D. Nicholson

ID 0000-0003-1367-8534

Departamento de Biología Marina y Ecología de la Escuela Rosenstiel de Ciencias Marinas y Atmosféricas de la Universidad de Miami email: sharkynichol@gmail.com

5. Isabela Cunio

ID 0009-0002-3365-7242

Departamento de Biología Marina y Ecología de la Escuela Rosenstiel de Ciencias Marinas y Atmosféricas de la Universidad de Miami email: cunio1@email.uagm.edu

6. Mayra Ixchel Grano Maldonado

ID 0000-0001-7519-379X

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Mazatlán, Sinaloa, México. email: granomayra@uas.edu.mx



Fases larvarias de gnatíidos (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) ectoparásitos temporales en peces comerciales de Mazatlán, Sinaloa.

Larval stages of gnathiids (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) are temporary ectoparasites on commercial fish in Mazatlán, Sinaloa.

► RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de gnátidos en peces de importancia comercial en la bahía de Mazatlán para ello se elaboró un registro fotográfico de los dos estadios larvales de isópodos parásitos temporales de la familia Gnathiidae. Los peces que se analizaron fueron proporcionados por los pescadores de la cooperativa de Playa Norte y del embarcadero de la Isla de la Piedra en Mazatlán. El registro fue de las larvas encontradas en *Balistes polyleptis*, *Diapterus peruvianus*, *Ephinephelus labriformis* y *Hoplopargus guenterii*. Se requiere ampliar el conocimiento sobre la biodiversidad de gnathidos y su papel como parásitos larvarios temporales de peces, así como parte integral de la red trófica bentónica en el Pacífico mexicano.

Palabras clave: crustáceos, Mazatlán, ectoparásitos, Pacífico mexicano.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

The objective of this work was to determine the presence of gnathiids in commercially important fish in Mazatlán Bay, and to elaborate a photographic record of the two larval stages of the temporary parasitic isopods of the Gnathiidae family. The reviewed fish were provided by fishermen from the Playa Norte cooperative and Isla de la Piedra in Mazatlan. The record was made of the parasitic larvae found in *Balistes polyleptis*, *Diapterus peruvianus*, *Ephinephelus labriformis*, and *Hoplopargus guenterii*. Further knowledge about the biodiversity of adult gnathiids and their role as temporary larval parasites of fish, as well as an integral part of the benthic food web in the Mexican Pacific, is needed.

Keywords: crustacean, Mazatlán, ectoparasite, Mexican Pacific.

► INTRODUCCIÓN

Los miembros de la familia Gnathiidae (Leach, 1814), pertenecientes al suborden Cymothoida, constituyen el grupo de isópodos menos conocido en la costa occidental de América. Mientras que en el mundo se han registrado 329 especies (Boyko et al., 2025), en el Pacífico Este solamente se conocen 10 especies, ocho de ellas en aguas de Canadá y Estados Unidos, con *Gnathia steveni* Menzies, 1962, *Caecognathia sanctaecrusic* (Schultz, 1972) y *Caecognathia crenulatifrons* (Monod, 1926) también registradas en la costa occidental de Baja California y dos especies en las costas de Perú y Chile (Tabla I) (Cohen & Poore, 1994; Espinosa-Pérez & Hendrickx, 2006; Stebbins & Wetzer, 2023; Erasmus, Smit, Spitzer, Sikkel, Bruce, Hadfield, 2025). Los isópodos gnatidos tienen una importancia ecológica principalmente a través de su papel como parásitos temporales de peces y como parte integral de la red trófica bentónica (Shodipo, Lauguico, Stiefel, Sikkel, 2023).

Estos organismos tienen un ciclo de vida trifásico con 3 etapas: dos larvales, cada una con una fase denominada zuphea o zuphaea (sin



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

alimentar), parásita, hematófaga que busca activamente peces teleósteos y elasmobranquios de los cuales alimentarse, y otra denominada praniza (ya alimentada), como una fase intermedia que no se alimenta y muda al estado adulto. Los gnátidos sólo se alimentan como juveniles, no como adultos. Los adultos habitan en sustratos duros como esponjas, corales muertos, nidos de percebes y tubos de poliquetos (Smit & Basson, 2002; Smit & Davies, 2004; Hadfield, Smit, Avenant-Oldewage, 2009; Svavarsson & Bruce, 2012).

A diferencia de las especies de la familia Cymothoidae, en particular en gnátidos, la identificación morfológica se basa en el macho. Aunque hay algunas especies que pueden distinguirse a partir de los juveniles, estas son la excepción. De hecho en México este ha sido el caso, donde las descripciones se han limitado a los juveniles y se ha reportado como *Gnathiidae* species o *Gnathia* sp. (e. g. (Violante-González, Gallegos-Navarro, Monks, García-Ibáñez, Rojas-Herrera, Pulido-Flores, Villerías-Salinas, Larumbe-Morán, 2016; Grano-Maldonado, Pérez-Ponce de León, Aguirre-Villaseñor, Salgado-Barragán, 2025).

A pesar de la importancia de estos organismos como parásitos temporales y, eventualmente, transmisores de enfermedades en peces de importancia comercial, su conocimiento en nuestro país es casi nulo y la identificación de los adultos resulta compleja (Smit & Davies, 2004). Debido a la dificultad que supone su colecta en el medio natural, se han desarrollado técnicas de cultivo de larvas extraídas de peces en el laboratorio con el propósito de lograr su metamorfosis al estado adulto (Ferreira, Smit, Grutter, Davies, 2009; Ferreira, Smit, Davies, 2010; Farquharson, Smit, Sikkell, 2012).

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron siete especímenes vivos de “cochito” (*Balistes polylepis* Steindachner, 1876), tres “mojarras” (*Diapterus peruvianus* Cuvier, 1830), dos “cabrillas” (*Ephinephelus labriformis* Jenyns, 1840) y un ejemplar de “coconaco” o “pargo roquero” *Hoplopagrus guentherii* Gill, 1862, en la bahía de Mazatlán, y se examinaron las branquias bajo el

estereomicroscopio en busca de larvas praniza o zuphea de isópodos de la familia Gnathiidae. Las larvas detectadas se separaron manualmente con agujas de disección o pinceles y se fijaron y preservaron en alcohol etílico al 70%. Se elaboraron fotografías de ejemplares de larvas obtenidas de cada tipo de pez. Adicionalmente, se realizó una compilación bibliográfica de las especies de Gnathiidae registradas en el Pacífico Oriental.

► RESULTADOS

Los hallazgos de este trabajo incluyen algunas fases larvianas (Figura 1) y se presenta una revisión bibliográfica de las especies de Gnátidos del Pacífico oriental, en la que se muestra su distribución espacial.

Tabla 1. Gnátidos registrados en el Pacífico oriental

Especie	Hábitat Profundidad	Distribución	Referencia
<i>Gnathia incana</i> Menzies & George, 1972	935-907 m	Perú-Chile	Menzies & George, 1972
<i>Gnathia lacunacapitalis</i> Menzies & George, 1972	991-1015 m	Perú-Chile	Menzies & George, 1972
<i>Caecognathia crenulatifrons</i> Monod, 1926	9-1376 m	Columbia Británica, Canadá - Bahía de Todos Santos, Baja California, México.	Stebbins & Wetzer (2023)
<i>Caecognathia sanctaecrucis</i> Schultz, 1972	76-218 m	Columbia Británica, Canadá-Bahía de Todos Santos, Baja California, México.	Stebbins & Wetzer (2023)
<i>Gnathia hirsuta</i> Schultz, 1966	182-812 m	Cañon de Colorado, San Diego, California, USA	Erasmus et al. (2025)
<i>Gnathia clementesis</i> Schultz, 1966	162 m	Cañon de San Clemente, sur de California, USA	Stebbins & Wetzer (2023)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

<i>Gnathia coronadoensis</i> Schultz, 1966	344-812 m	Cañón de Coronado, sur de California, USA.	Stebbins & Wetzer (2023)
<i>Gnathia productatridens</i> Menzies & Barnard, 1959	20-164 m	Punto Concepción, estado de Santa Bárbara, sur de California, USA.	Stebbins & Wetzer (2023)
<i>Gnathia steveni</i> Menzies, 1962		Columbia Británica, Canadá- Bahía de San Quintín, Baja California, México	Stebbins & Wetzer (2023)
<i>Gnathia tridens</i> Menzies & Barnard, 1959	11-27 m	Columbia Británica, Canadá- Isla de San Clemente, sur de California, USA	Stebbins & Wetzer (2023). Posible complejo de especies (Erasmus et al, 2025)
<i>Gnathia trilobata</i> Schultz, 1966	68-976 m	Columbia Británica, Canadá-Loma, San Diego, sur de California, USA.	Stebbins & Wetzer (2023)

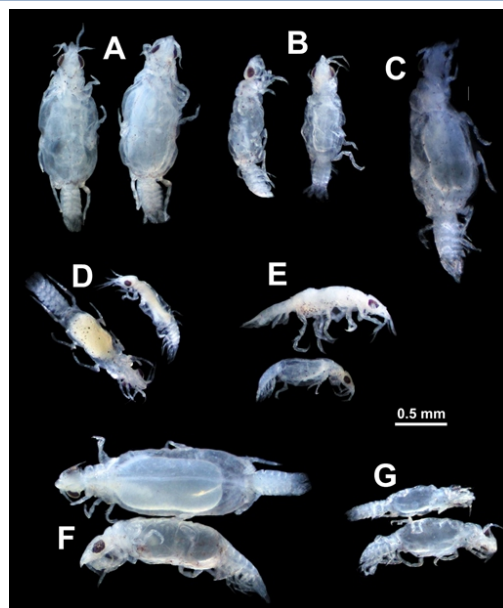


Figura 1. Larvas praniza y zuphea encontradas en este estudio. A, larva praniza obtenida en branquias de *Epinephelus labriformis*, vista dorsal y ventral; B, larvas praniza obtenidas en branquias de *E. labriformis*; C, larva praniza obtenida en branquias de *Hoplopargus guentertii*; D, Larvas praniza y zuphea alimentadas obtenidas de branquias de *Diapterus peruvianus*; E, larvas zuphea obtenidas de branquias de *D. peruvianus*; F, larvas praniza obtenidas de branquias de *Balistes polyleptis*; G, larvas zuphea obtenidas de branquias de *B. polyleptis*. Escala = 0.5 mm



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► DISCUSIÓN

La identificación taxonómica de las especies de la familia Gnathiidae se basa en las formas adultas de vida libre (Hadfield et al., 2009). No fue posible asociar las larvas *praniza* con adultos porque a la fecha no se conoce ninguna especie de Gnathiidae de aguas del Pacífico oriental ya que la identificación de estos isópodos se basa en la morfología de los machos adultos, lo que ha constituido un desafío para los especialistas pues estos pueden ser difíciles de obtener mediante métodos convencionales de forma silvestre (Smit & Davies, 2004). Los adultos son de vida libre y las etapas juveniles también pasan la mayor parte de su existencia de esta manera. La mayoría de las especies solo permanecen adheridas a un hospedador durante un máximo de unas horas (Erasmus et al., 2025). Se ha registrado la presencia de especies de *Gnathia* adultos de vida libre en Japón (Ota, Erasmus, Grutter, Smit, 2024) y en aguas templadas de la costa del Pacífico mexicano (Tabla 1), específicamente en Bahía San Quintín, Baja California occidental. Recientemente, Grano-Maldonado et al. (2025) registraron la presencia de larvas de este grupo de isópodos en peces, como *B. polyleptis*, *Lutjanus guttatus*, *Mugil cephalus*, *Di. peruvianus*, *Tylosurus pacificus*, *H. guentherii*, *Eucinostomus currani* y *E. labriformis*. Sin embargo, estos autores no realizaron un registro fotográfico que evidenciara con claridad las larvas obtenidas de tres peces. Por las razones antes expuestas, el estudio de los gnátidos en México ha sido escaso; por ello, cualquier aporte a su estudio, así como la colaboración con especialistas, puede representar un avance para una mejor comprensión de este grupo de crustáceos. Se requieren más estudios y mejoría de técnicas de cultivo, como las desarrolladas por Ferreira et al. (2009, 2010) y Farquharson et al. (2012), empleando técnicas de cultivo en el laboratorio con larvas extraídas de peces, con la finalidad de lograr su desarrollo hasta el estado adulto y, con ello, incrementar el conocimiento taxonómico y ecológico de los gnátidos en nuestro país.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Consideraciones

A partir de la información derivada del análisis de las poblaciones de *Gnathia tridens* en la costa occidental de Estados Unidos (Erasmus et al., 20205), es fundamental considerar dos factores que han redefinido la taxonomía y la distribución de este género. Por un lado, la reevaluación de la distribución de la especie ante la posible presencia de congéneres crípticos o de complejos de especies. La aplicación de herramientas genéticas y la obtención de imágenes de alta resolución mediante microscopía electrónica de barrido han permitido establecer que especies previamente documentadas con distribuciones geográficas muy amplias (véase Stebbins y Wetzer, 2023) no constituyen taxones unitarios, sino complejos de especies crípticas o altamente afines. Se han registrado especies de *Gnathia* en peces balistidos en Australia (Ferreira et al., 2010). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio en el “cochito” *Balistes polylepis* en la Bahía de Mazatlán, lo que confirma que estas especies de isópodos tienen una distribución global en aguas templadas. Por otra parte, existe un sesgo metodológico en la recolección de estos organismos: se ha corroborado que el método de recolección puede afectar el registro de las especies obtenidas. Erasmus et al. (2025) basaron su estudio en la recolección de detritus, a diferencia de la colecta directa de hospederos o del uso de trampas de luz, lo que les permitió obtener muestras más representativas de gnátidos y les permitió determinar que las poblaciones de *Gnathia tridens* s.l. registradas por Stebbins y Wetzer (2023) en las costas de Canadá y Estados Unidos, en realidad pertenecen a un complejo de especies.

El rol ecológico de acuerdo (Nicholson et al., 2020; Shodipo et al., 2023) se puede clasificar en : a) parásitos temporales de peces, ya que las larvas juveniles de los gnátidos son parásitos obligados que se alimentan de la sangre de los peces, como un mosquito o una garrapata. Este parasitismo podría influir en la fisiología, el comportamiento y la supervivencia de los peces y, por ende, afectar a las comunidades de peces en general, y potencialmente alguna pesquería regional; b) son los ectoparásitos más comunes en muchos sistemas de arrecifes tropicales y subtropicales, lo que los convierte en fuente de alimento para los peces limpiadores, que



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

se especializan en eliminar parásitos de otros peces, funcionando como relación simbiótica. Esta interacción es vital para el mantenimiento de la salud de las poblaciones de peces en las zonas de arrecife; c) Permiten el flujo de masas, el reciclaje de nutrientes y el eslabón bentónico, ya que los gnátidos pasan la mayor parte de su ciclo de vida (etapas no parasitarias y adultas) en el bentos (el fondo marino), donde digieren la sangre y se reproducen. Al hacerlo, contribuyen al ciclo de nutrientes en el sedimento y sirven como eslabón trófico entre los peces y el ecosistema del fondo marino, por lo que d) funcionan como bioindicadores ecológicos del sistema marino. Debido a todo esto, se requiere conocer más sobre este grupo de isópodos gnátidos en México.

Perspectivas

El conocimiento sobre la biología de las especies de Gnathiidae permanece limitado, particularmente en las costas del Pacífico este tropical, debido a la escasez de representantes adultos, especialmente de machos. Incluso para los taxones formalmente descritos en otras latitudes, persiste un vacío de información fundamental. El conocimiento actual es limitado e incluye la identificación o localización de larvas de praniza y zuphaea, sin poder determinar a qué especie pertenecen ni si existe una especificidad de hospederos, menos aún su potencial papel en la transmisión de enfermedades o de hemoparásitos a las distintas especies de peces. En consecuencia, este grupo requiere una investigación intensiva y multidisciplinaria para dilucidar su ecología, parasitología y dinámica poblacional. Es importante señalar que estos organismos no afectan la salud humana, es decir, no son zoonóticos.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► AGRADECIMIENTOS

A los pescadores de la cooperativa de Playa Norte por la donación de los ejemplares para este estudio, así como a la Dra. Diana López por permitir el uso del laboratorio CA-UAS-162 en el que se desarrolló parte del servicio social. Reconocemos el apoyo de nuestros compañeros de servicio social, Arath, Andrés, Simón y Wilfredo, durante los muestreos.

► LITERATURA CITADA

- Boyko, C.B.; Campos-Filho, I.S.; Hadfield, K.A.; Hughes, T.; Merrin, K.L.; Ota, Y.; Poore, G.C.B. (Eds) (2025).** World Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans database. Gnathiidae Leach, 1814. Accessed through: World Register of Marine Species at : <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=118278> on 2025-10-26
- Cohen, B. F., & Poore, G. C. (1994).** Phylogeny and biogeography of the Gnathiidae (Crustacea: Isopoda) with descriptions of new genera and species, most from southeastern Australia. *Memoirs of the Museum of Victoria*, 54(2), 271–397. <https://doi.org/10.24199/j.mmv.1994.54.13>
- Erasmus, A., Smit, N. J., Spitzer, C. A., Sikkell, P. C., Bruce, N. L., & Hadfield, K. A. (2025).** Redescription and Molecular Characterisation of *Gnathia tridens* Menzies & Barnard, 1959 (Isopoda: Gnathiidae), a Presumed Ubiquitous Nearshore Isopod from the Temperate Northern Pacific. *Acta parasitologica*, 70(2), 79. <https://doi.org/10.1007/s11686-025-01005-2>
- Espinosa-Pérez, M., & Hendrickx, M. E. (2006).** A comparative analysis of biodiversity and distribution of shallow-water marine isopods (Crustacea: Isopoda) from polar and temperate waters in the East Pacific. *Belgian Journal of Zoology*, 136(2), 219.
- Ferreira, M. L., Smit, N. J., Grutter, A. S., & Davies, A. J. (2009).** A new species of gnathiid (Crustacea: Isopoda) parasitizing teleosts from Lizard Island, Great Barrier Reef, Australia. *Journal of Parasitology*, 95(5), 1066–1075.
- Ferreira, M. L., Smit, N. J., & Davies, A. J. (2010).** *Gnathia grutterae* sp. nov. (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) parasitising representatives of the balistidae, labridae and tetraodontidae from lizard island, Great barrier reef, Australia. *Zootaxa*, 2718(1), 39-50.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Farquharson, C., Smit, N. J., & Sikkel, P. C. (2012).** *Gnathia marleyi* sp. nov. (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) from the eastern Caribbean. *Zootaxa*, 3381(1), 47–61. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3381.1.3>
- Grano-Maldonado, M. I., Pérez-Ponce de León, G., Aguirre-Villaseñor, H., & Salgado-Barragán, J. (2025).** New host records of parasitic isopods of Tropical Eastern Pacific marine fishes, with remarks on the taxonomy and distribution of the species. *Nauplius*, 33, e20250555.
- Hadfield, K. A., Smit, N. J., & Avenant-Oldewage, A. (2009).** Life cycle of the temporary fish parasite, *Gnathia pilosus* (Crustacea: Isopoda: Gnathiidae) from the east coast of South Africa. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(7), 1331–1339.
- Menzies, R. J., & George, R. Y. (1972).** Isopod crustacea of the Peru-Chile trench. *Anton Bruun Report* 9: 1-124.
- Ota, Y., Erasmus, A., Grutter, A. S. & Smit, N. J. (2024).** Dos nuevas especies y nuevos registros de hospedador y distribución de *Gnathia* Leach, 1814 (Crustacea, Isopoda, Gnathiidae) de Australia Occidental y la Gran Barrera de Coral, Australia. *ZooKeys*, 1193, 125–144. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1193.116538>
- Shodipo, M., Lauguico, R., Stiefel, K., & Sikkel, P. (2023).** Collecting Marine Gnathiid Isopod Fish Parasites with Light Traps. *Journal of Visualized Experiments*, (199), e65059. doi:10.3791/65059.
- Smit, N. J., & Basson, L. (2002).** *Gnathia pantherina* sp. n. (Crustacea: Isopoda: Gnathiidae), a temporary ectoparasite of some elasmobranch species from southern Africa. *Folia Parasitologica*, 49(2), 137–151.
- Smit, N.J., Davies, A.J. (2004).** The curious life-style of the parasitic stages of gnathiid isopods. *Advances in Parasitology*, 58, 289–391. Doi:10.1016/S0065-308X(04)58005-3
- Stebbins, T. D., & Wetzer, R. (2023).** Review and guide to the isopods (Crustacea, Isopoda) of littoral and sublittoral marine habitats in the Southern California Bight. *ZooKeys*, 1162, 1.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Svavarsson, J., & Bruce, N. L. (2012). New and little-known gnathiid isopod crustaceans (Cymothoida) from the northern Great Barrier Reef and the Coral Sea. *Zootaxa*, 3380(1), 1–33.

Violante-González, J., Gallegos-Navarro, Y., Monks, S., García-Ibáñez, S., Rojas-Herrera, A. A., Pulido-Flores, G., Villerías-Salinas, S., & Larumbe-Morán, E. (2016). Parasites of the green jack *Caranx caballus* (Pisces: Carangidae) in three locations from Pacific coasts of Mexico, and their utility as biological tags. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 1015–1022. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.010>

Nicholson, M., Hendrick, G., Packard, A., Strobel, D., Vondriska, C., & Sikkell, P. (2020). Vertical limits of host infestation by gnathiid isopods (Isopoda: Gnathiidae) parasitic on Caribbean coral reef fishes. *Journal of Crustacean Biology*, 40(6), 866–871. <https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruaa067>.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Artículo Científico

Total Mercury content in edible tissues of *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854) fed with three different diets.

Contenido total de mercurio en tejidos comestibles de *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854) alimentados con tres dietas diferentes.

latindex



CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

1. Cinthia Yaneth Mejia-Díaz
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad
Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n,
Mazatlán Sinaloa, 82000, México

2. Jorge R. Ruelas-Inzunza
iD 0000-0001-5231-6996
Instituto Tecnológico de Mazatlán,
Corsario I #203, Col. Urias, CP 82070,
Mazatlán, Sinaloa., México

3. Marisela Aguilar-Juárez
iD 0000-0003-0862-5542
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad
Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n,
Mazatlán Sinaloa, 82000, México

4. Gabriel de Jesús C. Romero
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad
Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n,
Mazatlán Sinaloa, 82000, México

5. Carmen C. Osuna-Martinez
iD 0000-0003-4934-579
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad
Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n,
Mazatlán Sinaloa, 82000, México

6. Jesús M. Quintero-Alvarez
iD 0009-0002-7642-2931
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad
Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n,
Mazatlán Sinaloa, 82000, México
Corresponding author: tramitesdocto@gmail.com

**Total Mercury content in edible tissues of
Crassostrea iridescens (Hanley, 1854)
fed with three different diets.**

**Contenido total de mercurio en tejidos
comestibles de *Crassostrea iridescens*
(Hanley, 1854) alimentados con
tres dietas diferentes.**

► **ABSTRACT**

The aim of the present manuscript was to determine the total Hg content in edible tissue of *Crassostrea iridescens* fed with three different diets (D1: Molasses/yogurt, D2: Sea water and D3: Microalgae: *Isochrysis* spp.) under laboratory conditions. After 114 days of experiment, the total Hg content in edible of oyster was similar (D1: 1.07 ± 0.780 $\mu\text{g/g}$, D2: 1.041 ± 0.078 $\mu\text{g/g}$, D3: 0.964 ± 0.214 $\mu\text{g/g d.w.}$). This tendency also was observed in each ingredient used for dietary treatments (*Isochrysis* spp.: 2.591 ± 0.280 $\mu\text{g/g}$, Molasses: 2.320 ± 0.174 $\mu\text{g/g}$, Yogurt: 2.707 ± 0.22 $\mu\text{g/g}$). No significant differences were observed in Hg content in tissues and neither dietary ingredients ($p > 0.05$). The consumption of oyster of this experiment do not represent a potential risk for human consumption, due to Hg values were below the limit established by Mexican Officially Norm 242.

Keywords: Hg, Diets, Potential risk, *Cassostrea iridescens*



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESUMEN

El propósito del presente manuscrito fue determinar el contenido total de Hg en el tejido comestible de *Crassostrea iridescens* alimentado con tres dietas diferentes (D1: Melaza/yogurt A, D2: Agua de mar, D3: Microalga: *Isochrysis* spp., bajo condiciones de laboratorio. Después de 114 días de experimento, el contenido total de Hg en los tejidos comestible del ostión fue similar D1: $1.07 \pm 0.780 \mu\text{g/g}$, D2: $1.041 \pm 0.078 \mu\text{g/g}$, D3: $0.964 \pm 0.214 \mu\text{g/g d.w.}$). Esta tendencia se observó también en los ingredientes de los tratamientos dietarios *Isochrysis* spp. $2.591 \pm 0.280 \mu\text{g/g}$, Melaza: $2.320 \pm 0.174 \mu\text{g/g}$, Yogurt: $2.707 \pm 0.22 \mu\text{g/g}$). No se observaron diferencias significativas en el contenido de Hg en los tejidos ni tampoco en los ingredientes dietarios ($p > 0.05$). El consumo de ostión de este experimento no representa un riesgo potencial para el consumo humano, ya que los valores de Hg estuvieron por debajo de los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana 242.

Palabras clave: Hg, Dietas, Riesgo Potencial, *Cassostrea iridescens*

► INTRODUCCIÓN

Mercury (Hg) is a toxic element of biological and ecological concern in aquatic environment, by its high persistence, bioaccumulation and high potential of being biomagnified in food webs (Soto-Jiménez et al., 2023). Furthermore, Hg is a useful metal involved in anthropogenic activities such as mining for gold extraction, industrial and domestic water discharges, metallurgical industry, fluorescent lamps and fungicides among others (Jadaa & Mohammed, 2023).

The methylated-Hg could be magnified in food webs. Since the basal trophic position (accumulated by phytoplankton and seston) and transferred to upper predators (fishes with different feeding habits) until reach human populations (Valladolid-Garnica et al., 2023; Soto-Jiménez et al., 2023).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

The accumulation of Hg in bivalve mollusks is of great interest because they bioaccumulate high level of metals and are consumed by humans. Oysters as strong metal accumulators may act as an important vector transferring Hg to higher trophic levels, increasing the risk of biomagnification in food web. The aim of the present manuscript is to assess the bioaccumulation of Hg in the oyster *Crassostrea iridescens* fed with three different diets under laboratory conditions.

► MATERIAL AND METHODS

Sampling

In September 2018, 39 oysters *C. iridescens* were collected by hand into the Mazatlan Bay, Mexico (SE Gulf of California). The bivalves were selected by similar size and location zone. The organisms were carried out in plastic buckets and once in the laboratory, they were confined into an aquaria with constant dissolved oxygen (5 mg/L), 35 ppt and 27 °C in order to depurate them for 72 h previous to experiment (Sami, 2024).

Dietary treatments

Diet 1: Mixing of molasses and yogurt, ratio: 5 g and 40 g, respectively.

Diet 2: Sea water (contained of Phytoplankton, Zooplankton and Seston).

Diet 3: A concentrated of microalgae: *Isochrysis* spp.

Experimental Design:

Thirteen oysters per diet were used to evaluate the bioaccumulation by dietary route and to determine the total Hg content in edible tissues of *C. iridescens*. Each group of specimens was placed in an aquarium.

In order to maintain water quality in culture, 100% water exchange was done after feeding. Furthermore, weekly cleaning was carried out, including remotion of organic matter of the wall of the aquariums and from the bottoms using a siphon to collect the major load of oxidized detritus and avoiding any deleterious effects by ammonia compounds. Subsequently, epibionts were removed using a plastic brush and rewashed in sea water to keep them free of any commensal or parasite organisms (Ostrensky et al., 2022). The period of the experiment was 114 days in order to observe the Hg biaccumulation in *C. iridescens*.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Total Hg content in *Crassostrea iridescens*

Sample preparations

Once concluded the experiment, oysters were measured and dissected removing the whole organism from its shell. Pool samples were lyophilized to -40°C and high vacuum environment (10^{-13} millibars for 72 h) in order to eliminate the humidity from samples. Additionally, dried samples were grounded in an agate mortar and pestle and kept them in plastic bottles with hermetic cap and ready for digestion process (Sánchez-Betancourt et al., 2024).

Acid Digestion

For pre-digestion, 0.5 g of oyster tissue was confined into Sallivex digestion bomb and added 5 ml of HNO_3 (trace metals grade) for 24 h (Quintero-Alvarez et al., 2012). Then, Savillex bombs were degassing and taken into graphite mod block unit with controlled temperature (120°C) for 3 h and transferred to clean polypropylene vial and diluted to 20 ml (Sánchez-Betancourt et al., 2024).

Atomic Absorption Spectrophotometry

For Atomic Absorption Spectrophotometry, Loring & Rantala (1992) method of cold vapor generation atomic absorption spectrophotometry (CV-AAS) was used to quantify Total Hg content by an Hg analyzer (Buck Scientific 410).

All materials used in sampling and metal analysis were washed according to Moody & Lindstrom (1977), which consisted of washing and rinsing with distilled water and acid washed with 2 M HCl and 2 M HNO_3 ; and finally, the material was rinsed with Milli-Q water. Certified reference NIST SRM 1566b (Oyster Tissue) was used for Total Hg with a satisfactory recovery percentage of 93.4 %. Blanks were used to check contamination and all tissues were analyzed in triplicate. The detection limit for Hg technique was $0.01\text{ }\mu\text{g/g}$.

Mercury concentrations expressed in dry weight were transformed to wet weight by dividing the dry weight by 4 (Sanchez-Betancourt et al., 2024), in order to compare the result with Mexican Officially Norm 242

Statistical analysis:

Final longitude and Hg contents in edible tissues and between diets were analyzed using Sigmastat software. Analyses of variance were carried out to detect any difference between diets ($p < 0.05$). All tests were carried out in the interval of 95% (Zar, 2010).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► RESULTS

Final Length

At the end of the experiment, similar final length was observed in Diet 2 and Diet 3, with similar values of 7.19 ± 0.89 mm and 7.12 ± 0.82 mm respectively, but the lowest length was found in Diet 1 with 5.88 ± 1.14 mm being significantly different ($p < 0.05$) to the rest of diets (Fig. 1).

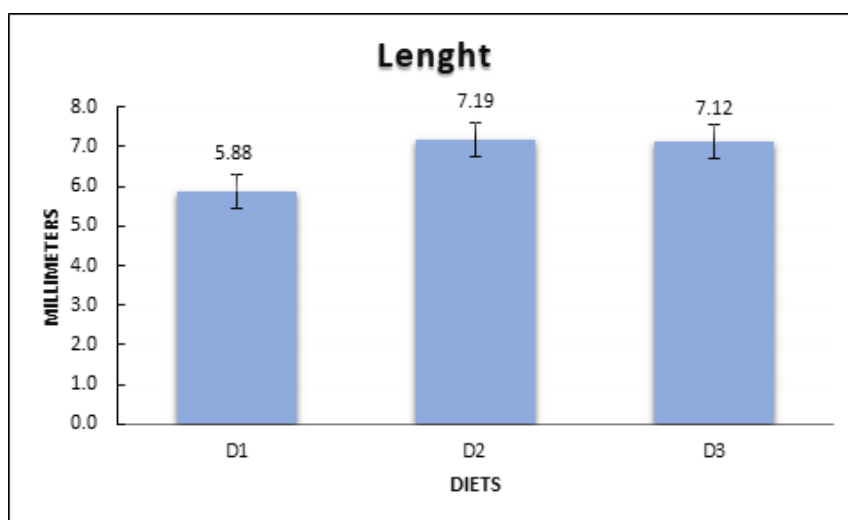


Figure 1. Final length in oyster *Crassostrea iridescens* fed with three different diets. Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$).

Total Hg Content in oysters:

The range of Hg content in oysters fed on molasses/yogurt diet, was $0.951 - 1.136 \mu\text{g/g}$, and fed on sea water was $0.313 - 2.165 \mu\text{g/g d.w.}$, meanwhile in organisms fed with microalgae was $0.712 - 1.179 \mu\text{g/g}$ (Table 1).

The Hg mean concentrations in edible tissues of oysters did not detect any significantly differences between treatments ($P > 0.05$) (Table 1).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Pool sample	Molasses/ yogurt	Sea Water	<i>Isochrysis</i> spp.
1	1.014	0.313	0.864
2	1.061	2.165	0.712
3	0.951	0.947	1.100
4	1.136	0.873	1.179
AVG	1.041a	1.074a	0.964a
SD	0.078	0.780	0.214

Different letters indicate no significant differences were detected ($p > 0.05$).

Table 1. Total Hg content ($\mu\text{g/g}$ d.w.) in the edible tissue of *Crassostrea iridescens* fed with different diets.

Total Hg content in ingredients of diets:

The Hg mean content was 2.591 ± 0.280 $\mu\text{g/g}$ for *Isochrysis* pp., followed by molasses with 2.320 ± 0.174 $\mu\text{g/g}$ and 2.707 ± 0.22 $\mu\text{g/g}$ for yogurt. Neither, significantly differences were detected in the ingredients used in diets ($p > 0.05$)

DISCUSSION

The Hg content in diets did not affect the final length at the end of the experiment. According to Beiras & His, (1994), found that dissolved Hg ($4\mu\text{g/L}$) in aquaria under laboratory condition provoked deleterious effect in growth of *Crassostrea gigas*. In spite of not analyzing the Hg content in sea water of aquaria, we used the reference value for dissolve Hg in Mazatlan harbor ($1 \mu\text{g/g}$) (Jara-Marini et al., 2008), being a lower concentration than reported to Beiras & His (1994) and without deleterious effects in oysters. For this reason, low dissolve Hg did not show deleterious effects in length of shells of *C. iridescens*.

The lowest length detected in oyster fed on Diet 1 is due to a nutritional imbalance in molsasses/yogurt diet. According to Palmonari et al. (2020), molasses contains a 97-98% of dry matter (d.m.), very low protein (6.7% d.m.) and high levels of sugar (saccharose:48.8 d.m.).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Since the point of view of a nutritionist, molasses/yogurt diet is made up of fiber and sugar, these nutrients are not required for oyster cultivation (in order to promote growth) and neither are suitable for organism under metallic stress condition.

In Addition, molasses is more suitable for water quality than a nutritional diet (. The inclusion of molasses in super intensive cultures is used to avoid any deleterious effect by ammonia compounds (Panjaitan & Manullang, 2024).

On the other hand, better lengths were observed in oyster fed on microalgae and sea water diets. This is the result of the nutritional profile of microalgae *Isochrysis* spp, being lipids 12-14%, proteins 50-56%, carbohydrates 10-17% (Milledge, 2011). For this reason, oysters fed with microalgae and sea water diets shown better length, compared to carbohydrates rich diet.

The Hg content recorded in edible tissues of *C. iridescens* came from diets and from sea water. The level of Hg in diets ranged from 2.32 -2.70 $\mu\text{g/g}$ and was transferred from diets to edible tissue of oyster, concluding in biotransference and biaccumulation of Hg in *C. iridescens* bivalve.

We did not determine dissolved Hg in seawater; however, we used the Hg reference values for Mazatlan harbor. This value was determined considering rainy and dry season of Hg dissolved in seawater (1 $\mu\text{g/g}$) (Jara-Marini et al., 2008). It is important to mention that there are living organisms in seawater as phytoplankton (which bioconcentrate Hg by diffusion) (Levy et al., 2007), zooplankton (by foraging macroalgae) and organic-inorganic seston which in turn provide an extra load of Hg to oysters in addition of sea water. Although this, we could not find any difference between tissues of oyster.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Under this critical scenario, oyster used the osmoregulation physiological process to deal with the Hg load in the aquaria, reducing the internal Hg content compared with its outer metallic load (although Hg contents in diets and seawater), oysters were capable to reduce the Hg in their tissues, confirming their ability to concentrate and reduce the metal in their tissues. The period of the experiment was enough to elucidate the capability of osmoregulation in oyster.

Whether Hg content recorded in edible tissues of oyster was a potential risk for human consumption we compared our results with Hg value proposed by Mexican legislation (NOM-242; 1 mg/kg wet weight). Transforming Hg content to wet weight, we conclude that the mean concentration of Hg in edible tissues (0.241 $\mu\text{g/g}$, 0.251 $\mu\text{g/g}$ and 0.268 $\mu\text{g/g}$ w.w.) did not exceed the safe level recommended by NOM-242, indicating that consuming these oysters are not of concern and neither pose a risk for human consumption.

► ACKNOWLEDGEMENT

Authors would like to thanks to Humberto Bojorquez Leyva for technical support.

► REFERENCES

- Beiras, R., & His, E. (1994).** Effects of dissolved mercury on embryogenesis, survival, growth and metamorphosis of *Crassostrea gigas* oyster larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 113, 95-103.
- Jadaa, W., & Mohammed, H. (2023).** Heavy metals—definition, natural and anthropogenic sources of releasing into ecosystems, toxicity, and removal methods—an overview study. *Journal of Ecological Engineering*, 24(6), 249-271.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Jara-Marini, M. E., Soto-Jiménez, M. F., & Páez-Osuna, F. (2008).** Trace metals accumulation patterns in a mangrove lagoon ecosystem, Mazatlán Harbor, southeast Gulf of California. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 43(9), 995-1005.
- Levy, J. L., Stauber, J. L., & Jolley, D. F. (2007).** Sensitivity of marine microalgae to copper: the effect of biotic factors on copper adsorption and toxicity. *Science of the Total Environment*, 87(1-3), 141-154.
- Milledge, J. J. (2011).** Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 10(1), 31-41.
- Moody, J. R., & Lindstrom, R. M. (1977).** Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace element samples. *Analytical Chemistry*, 49(14), 2264-2267.
- NOM, 2011.** Norma Oficial Mexicana, NOM-242-SSA1-2009, Productos y Servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. <http://dof.gob.mx/notadetalle.php?codigo=5177531&fecha=10/02/2011> (accessed 02.11.25).
- Ostrensky, A., Horodesky, A., Pont, G. D., Cozer, N., & Castilho-Westphal, G. G. (2022).** Evaluation of methods for reducing epibionts during farming of the mangrove oyster *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94, e20190975.
- Palmonari, A., Cavallini, D., Sniffen, C. J., Fernandes, L., Holder, P., Fagioli, L., Fusaro, I., Biagi, G., Formigoni A., & Mammi, L. (2020).** Characterization of molasses chemical composition. *Journal of dairy science*, 103(7), 6244-6249.
- Panjaitan, P., & Manullang, H. (2024).** The Effect of Molasses in Cultivating Vanamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by a Shrimp Cultivation System without Water Changes on Conventional Feed Decrease. *JURNAL PEMBELAJARAN DAN BIOLOGI NUKLEUS*, 10(3), 1012-1022



- Quintero-Alvarez, J. M., Soto-Jiménez, M. F., Amezcua, F., Voltolina, D., & Frías-Espéricueta, M. G. (2012). Cadmium and lead concentrations in the fish tissues of a coastal lagoon system of the SE Gulf of California. *Bull Environ Contam Toxicol* 89, 820–823 <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0730-8>
- Sami, M. (2024). Depuration of heavy metals in bivalves: A review. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* ,28(4), 1823-1834.
- Sánchez-Betancourt, A., Delgado-Alvarez, C. G., Spanopoulos-Zarco, P., Ruelas-Inzunza, J., Osuna-Martínez, C. C., Aguilar-Juárez, M., Soto-Jiménez, M.F., Nieves-Soto, M., Sánchez-Rendón A.G, Frías-Espéricueta, M.G. (2024). Total mercury and selenium levels in commercial shrimp along the Pacific coast of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 200, 116156.
- Soto-Jiménez, M. F., Valladolid-Garnica, D. E., Torres-Rojas, Y. E., Jara-Marini, M. E., & Muro-Torres, V. M. (2023). Trophodynamics of Arsenic, Mercury, and Selenium in the Food Webs of the Southeastern Gulf of California. *Mercury, and Selenium in the Food Webs of the Southeastern Gulf of California* . Available at SSRN : <https://ssrn.com/abstract=4608087> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4608087>
- Zar, J. H. (2010). Biostatistical analysis pearson prentice-hall. *Upper Saddle River, NJ*.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



latindex



CREATIVE COMMONS

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Artículo Científico

Depredadora u oportunista: Comportamiento alimenticio de *Kynaria cynara* (Marcus & Marcus, 1976) en cautiverio

Predator or opportunist: Feeding behavior of *Kynaria cynara* (Marcus & Marcus, 1976) in captivity



1. Isabela Ramírez-Mendoza

Laboratorio de Malacología y Toxinología,
Facultad de Ciencias del Mar- Universidad
Autónoma de Sinaloa, P. Claussen S/N, Centro,
82000 Mazatlán, Sinaloa, México



2. Mónica Anabel Ortiz-Arellano

0000-0002-7870-3852

Laboratorio de Malacología y Toxinología,
Facultad de Ciencias del Mar- Universidad
Autónoma de Sinaloa, P. Claussen S/N,
Centro, 82000 Mazatlán, Sinaloa, México
Autor de correspondencia: manabel@uas.edu.mx



3. Carlos Adrián Luna-Ávila

Laboratorio de Malacología y Toxinología,
Facultad de Ciencias del Mar- Universidad
Autónoma de Sinaloa, P. Claussen S/N, Centro,
82000 Mazatlán, Sinaloa, México



4. Moisés de Jesús Castillo-Gallardo

Laboratorio de Malacología y Toxinología,
Facultad de Ciencias del Mar- Universidad
Autónoma de Sinaloa, P. Claussen S/N, Centro,
82000 Mazatlán, Sinaloa, México



5. Verónica Vanesa Bernal-Ramírez

Laboratorio de Malacología y Toxinología,
Facultad de Ciencias del Mar- Universidad
Autónoma de Sinaloa, P. Claussen S/N, Centro,
82000 Mazatlán, Sinaloa, México



6. Marisela Aguilar-Juárez

0000-0003-0862-5542

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad
Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n,
Mazatlán Sinaloa, 82000, México

Recibido 7 de noviembre 2025

Aceptado 12 de diciembre 2025



**Depredadora u oportunista:
Comportamiento alimenticio de
Kynaria cynara (Marcus & Marcus, 1976)
en cautiverio**

**Predator or opportunist:
Feeding behavior of *Kynaria cynara*
(Marcus & Marcus, 1976)
in captivity**

► RESUMEN

Los nudibranchios son considerados consumidores especialistas debido a su selectividad restringida en la elección de presas, sin embargo, el comportamiento alimenticio de estos gasterópodos ha sido poco estudiado ya que la mayoría de las investigaciones se enfocan en listados taxonómicos y catálogos ilustrados, limitando la comprensión de su función en las redes tróficas. En este estudio se evalúa la alimentación de *Kynaria cynara* en cautiverio y se contrastan los resultados obtenidos con reportes previos. Se confirma que su dieta principal consiste en hidrozoos, coincidiendo con algunos autores, pero difiere en que también puede atacar y consumir otras babosas marinas. Por ello, se infiere que esta especie puede ser oportunista, alimentándose de diferentes grupos biológicos. Esta plasticidad alimentaria probablemente responde a factores como la disponibilidad de presas y la demanda energética. Se amplía así el conocimiento sobre el comportamiento alimenticio de los heterobranquios marinos y su función como reguladores de poblaciones en los ecosistemas marinos.

Palabras clave: Comportamiento, alimentación, nudibranchio, oportunista, hidrozoos.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

Nudibranchs are considered specialist consumers due to their limited selectivity in prey choice. However, the feeding behavior of these gastropods has not been extensively studied, as most research focuses on taxonomic listings and illustrated catalogs, which limits the understanding of their role in the food chain. This study evaluates the feeding behaviour of *Kynaria cynara* in captivity and compares the results with previous reports. It confirms that their main diet consists of hydrozoans, agreeing with some authors, but differs in showing that they can also attack and consume other sea slugs. Therefore, this species appears to be opportunistic, feeding on various biological groups. This dietary plasticity likely responds to factors such as prey availability and energetic demands. This study expands knowledge about the feeding behavior of heterobranchs and their role as population regulators in marine ecosystems.

Keywords: Behaviour, feeding, nudibranch, opportunist, hydrozoans

► INTRODUCCIÓN

Los heterobranquios marinos, comúnmente denominados babosas o mariposas de mar, conforman un grupo diverso de moluscos gasterópodos dentro de la subclase Heterobranchia, que actualmente incluye aproximadamente 8,400 especies descritas (Behrens, D. W., Fletcher, K., Hermosillo, A. & Jensen, G. C, 2022). Este grupo se divide principalmente en siete órdenes taxonómicas: Aplysiida, Sacoglossa, Pleurobranchida, Cephalaspidea, Umbraculida, Systellommatophora y Nudibranchia, siendo este último el más diverso y el que ha recibido mayor atención en estudios científicos (Ponder, W. F., Lindberg, D. R., & Ponder, J. M, 2020).

Los integrantes del orden Nudibranchia están caracterizados por la ausencia de concha en el estado adulto y la presencia de branquias externas expuestas. Su gran diversidad morfológica, junto con sus colores brillantes y llamativos, así como su notable capacidad para camuflarse y defenderse químicamente, hacen que estos organismos sean visualmente atractivos y ecológicamente interesantes para su estudio. Su



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



distribución geográfica abarca todos los océanos del planeta, desde la zona intermareal hasta las regiones abisales (Camacho-García, Y. E., Gosliner, T. M., & Valdés, Á., 2005; Behrens et al., 2022).

En las costas del Pacífico oriental se han registrado más de 370 especies de babosas marinas, distribuidas desde Alaska hasta Centroamérica (Behrens et al., 2022), de las cuales cerca de 234 han sido documentadas en la costa del Pacífico mexicano (Hermosillo, A., Behrens, D., & Ríos Jara, E., 2006). Aunque en esta región se han realizado numerosas investigaciones sobre estos moluscos, la mayoría se ha enfocado en la elaboración de listados taxonómicos y catálogos ilustrados, mientras que los estudios sobre su comportamiento alimenticio son escasos.

De acuerdo con Simberloff & Dayan (1991), la complejidad de las comunidades animales suele requerir simplificaciones, como agrupar especies con características funcionales similares. Sin embargo, determinar cuáles rasgos son más relevantes en un contexto ecológico específico continúa siendo un desafío. Esta dificultad también se presenta en grupos como los nudibranquios, cuya clasificación, basada en sus estrategias alimenticias, resulta compleja debido a la variabilidad y especialización de sus hábitos.

Las preferencias alimenticias de los nudibranquios suelen ser altamente específicas, pues la mayoría actúa como depredadores especializados con un repertorio limitado de presas. Las especies pertenecientes a un mismo grupo taxonómico tienden a consumir tipos de organismos similares y, en algunos casos, pueden alimentarse de manera casi exclusiva de un solo grupo, como cnidarios, esponjas o incluso otras babosas marinas (Behrens, 2005).

Sin embargo, también se han documentado casos de plasticidad trófica, revelando una flexibilidad en su dieta. Esta variabilidad dificulta su clasificación funcional dentro de las redes ecológicas y resalta la necesidad de enfoques detallados y específicos para comprender su función en los ecosistemas. Según Nybakken & McDonald (1981), ciertos rasgos de la estructura de la rádula están relacionados con el tipo de alimento consumido por los nudibranquios; ecológicamente, la rádula funciona como una herramienta especializada que permite la adaptación del animal a su presa preferida (Hermosillo et al., 2006).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Todos los nudibranquios son carnívoros forrajeadores con regímenes alimenticios limitados que se observan en la forma de su rádula, ajustada a su alimento preferido (Hermosillo et al., 2006). Por ejemplo, los nudibranquios eólidos (suborden Cladobranchia), que se alimentan de hidrozooos, presentan rádulas uniseriadas o triseriadas especializadas para el consumo de estos cnidarios. Las especies con rádula uniseriada perforan la cobertura externa del hidrozoo para ingerir su tejido vivo interno; mientras que, aquellas con rádula triseriada se alimentan directamente de los pólipos (Nybakken & McDonald, 1981). Sin embargo, esta relación funcional atribuida a la rádula se ve dificultada por la plasticidad alimentaria observada en algunas especies, que modifican su dieta durante las etapas juveniles y adultas (Thompson & Brown, 1984).

Por lo tanto, el estudio del comportamiento alimentario en nudibranquios es fundamental para comprender la función que estos gasterópodos desempeñan en las redes tróficas marinas como reguladores de las poblaciones de invertebrados, especialmente dada la limitada información disponible sobre la dieta de muchas especies. En este contexto, *Kynaria cynara* (Marcus & Marcus, 1967), un nudibranquio eólido cuya distribución abarca desde el Golfo de California y el Pacífico mexicano hasta las costas de Costa Rica y Panamá (Behrens et al., 2022), representa un caso de particular interés, ya que, según diversos autores, podría alimentarse de hidrozooos, aunque la información sobre su dieta sigue siendo insuficiente. Esta especie habita en zonas intermareales y submareales someras, en fondos mixtos de macroalgas y sustratos rocosos, y puede alcanzar longitudes de hasta 150 mm, lo que sugiere una posible diversidad en sus hábitos alimenticios y comportamiento ecológico.

Con base en esta información, se analizó el comportamiento alimenticio de *K. cynara* en condiciones de cautiverio, comparando los patrones observados con aquellos reportados en la literatura científica. Este enfoque pretende ampliar el conocimiento sobre la plasticidad trófica de los nudibranquios y su capacidad para adaptarse a distintos ambientes.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► MATERIALES Y MÉTODOS

Durante enero de 2025, coincidiendo con el periodo de mareas vivas y bajamar, se recolectaron dos ejemplares de *K. cynara* en la zona intermareal rocosa de Playa Cerritos (23° 18' 29.1" N, 106° 29' 26.3" O). Los especímenes se localizaron en oquedades entre macroalgas del género *Padina* (Adanson, 1763). La captura se efectuó con pinzas de forma cuidadosa, depositando los organismos en tubos Falcon de 50 mL con agua del sitio de colecta para su traslado y posterior análisis.

La observación del comportamiento en cautiverio de *K. cynara* se llevó a cabo en el Laboratorio de Malacología y Toxinología de la Facultad de Ciencias del Mar (23° 12' 30.2"N 106° 25' 35.9"O) (FACIMAR) perteneciente a la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), el cual ya contaba con acuarios acondicionados para replicar condiciones marinas y realizar estudios sobre moluscos marinos antes de la incorporación de *K. cynara*. El agua de mar y los elementos de acondicionamiento (arena, rocas, macroalgas e hidrozoos) se recolectaron de Playa Pinitos (23° 12' 30.4" N, 106° 25' 41.4" O), sitio adyacente a FACIMAR. Estos elementos se obtuvieron de esta playa debido a la similitud de características del microhábitat de la zona de recolecta, lo que permitió reproducir fielmente las condiciones naturales de las babosas marinas, garantizando así un entorno experimental óptimo.

Para el estudio de moluscos heterobranquios, el Laboratorio de Malacología y Toxinología contó con dos acuarios preestablecidos. El primero, con capacidad de 20 L, que albergó nudibranchios carnívoros cuya dieta se basa en esponjas, hidrozoos y anémonas, con un individuo por especie: *Felimida baumanni* (Bertsch, 1970), *Inuda luarna* (Ev. Marcus & Er. Marcus, 1967), *Samla telja* (Ev. Marcus & Er. Marcus, 1967) y *Spurilla braziliana* (MacFarland, 1909). El segundo acuario, de 40 L, estuvo destinado a especies herbívoras, cuya alimentación principal consiste en macroalgas rojas y verdes, incluyendo un individuo de *Aplysia vaccaria* (L. R. Winkler, 1955) y tres de *Phyllaplysia padinae* (G. C. Williams & Gosliner, 1973). Todos los organismos recolectados previamente en playas de la bahía de Mazatlán.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Dado que *K. cynara* pertenece al orden Nudibranchia y se alimenta de hidrozoos, se introdujo en el acuario de 20 L. Antes de su colocación, los dos ejemplares fueron depositados en un cristalizador de 500 mL con agua de mar proveniente del sitio de recolección, donde se midió su longitud total (desde la región cefálica hasta la cola) utilizando una cinta métrica. Posteriormente, se trasladaron en bolsas plásticas con la misma agua del cristalizador, flotando en la superficie del acuario durante 20 minutos para estabilizar la temperatura y minimizar el estrés fisiológico. Durante un periodo de tres meses (enero a marzo de 2025), las interacciones de *K. cynara* se registraron mediante fotografías y grabaciones digitales, utilizando diversos dispositivos, entre ellos cámaras de teléfonos celulares (Samsung S22 y OnePlus 8) y una cámara sumergible (Nikon Coolpix W300).

► RESULTADOS

Los ejemplares de *K. cynara* observados en cautiverio presentaron longitudes de 21 mm y 53 mm, respectivamente (Figura 1 A). Durante los primeros días, los individuos se desplazaron libremente por el acuario y se alimentaron de hidrozoos. Sin embargo, al transcurrir la primera semana, se registraron alteraciones morfológicas progresivas en varios individuos de otras especies presentes en el acuario, tales como pérdida parcial de ceratas y, en casos más severos, la desaparición completa de estructuras sensoriales como los rinóforos. Estas lesiones sugieren posibles interacciones agresivas o competencia interespecífica. No obstante, hasta ese momento no se documentaron eventos de depredación directa por parte de *K. cynara* vinculados a dichas lesiones. En días posteriores, el ejemplar de mayor tamaño de *K. cynara* exhibió un comportamiento caracterizado por una prolongada proximidad a cientos nudibranquios, entre ellos *I. luarna*, al que incluso siguió activamente dentro del acuario (Figura 1 B). En contraste, el ejemplar de menor tamaño se mantuvo exclusivamente sobre o cerca de hidrozoos del género *Aglaophenia* Lamouroux, 1812, de los cuales se documentó que se alimentaba, sin interactuar con otros nudibranquios (Figura 1 C).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

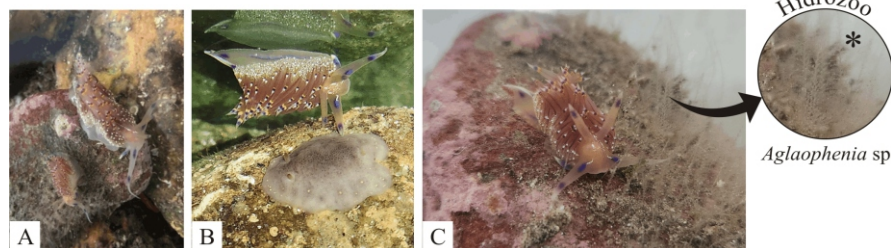


Figura 1.- Comportamiento inicial de *K. cynara* en cautiverio. **A)** Vista de los dos ejemplares recolectados, con tamaños de 21 mm y 53 mm, respectivamente. **B)** Comportamiento de acecho observado en el ejemplar de mayor tamaño, el cual se mantenía en proximidad constante a otras babosas marinas del acuario, aunque sin evidencias de agresión directa. **C)** El ejemplar de menor tamaño se alimentaba exclusivamente de hidrozooos del género *Aglaophenia* sp. (*), permaneciendo en las cercanías de este alimento.

El 30 de enero, se observó que el ejemplar de *S. braziliana* presentaba una lesión evidente: la pérdida parcial del tentáculo oral derecho (Figura 2 A). El primero de febrero, se detectó que el ejemplar de *S. telja* presentaba una pérdida significativa de ceratas posteriores, así como una sección de la cola (Figura 3 B1 y B2). Si bien, no se confirmó visualmente el ataque, se presume que las lesiones podrían estar relacionadas con la introducción de *K. cynara* al acuario, considerando su proximidad constante al organismo afectado, su actitud de acecho y el antecedente registrado con *S. braziliana*.



Figura 2.- Especimen de *S. braziliana* con lesión en el tentáculo oral derecho, presentando ausencia parcial en la punta (se indica con la flecha).

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

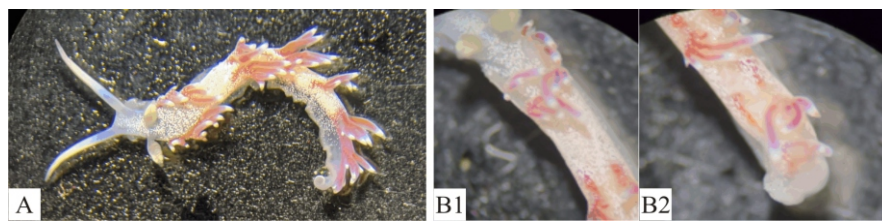


Figura 3.- Observación de *S. telja* en distintos periodos. **A)** Organismo el día de su recolección, un mes antes de introducir a *K. cynara* en el mismo acuario. Se aprecian ceratas frondosas y distribuidas en filas oblicuas a lo largo del noto. **B1)** Observación del primero de febrero donde se aprecia una pérdida significativa de ceratas, **B2)** así como la ausencia parcial de la región caudal.

El día tres de febrero, se observó a *K. cynara* permaneciendo de forma inusualmente cercana a un ejemplar de *F. baumanni* (Figura 4 A y B). Al día siguiente, cuatro de febrero, *F. baumanni* presentó la pérdida de uno de sus rinóforos, lo que sugiere un ataque nocturno por parte de *K. cynara* (Figura 4 C). Este comportamiento agresivo motivó el traslado inmediato de los ejemplares de *K. cynara* a otro acuario, con el fin de evitar daños adicionales al resto de los habitantes del acuario.

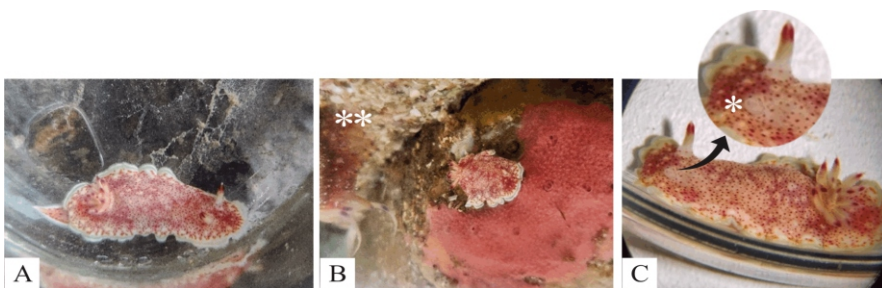


Figura 4.- Interacción con *Felimida baumanni*. **A)** *F. baumanni* al momento de su recolecta (29 enero, 2025), mostrando su morfología intacta. **B)** Cuatro de febrero, *F. baumanni* compartiendo espacio con *K. cynara* (**), posterior al ataque. Se observó que *K. cynara* permanecía constantemente cerca de su posible presa, lo que sugiere que el consumo del rinóforo ocurrió durante el periodo nocturno. **C)** Acercamiento al rinóforo de *F. baumanni* obtenida a través del estereomicroscopio, donde se evidencia la ausencia de dicho órgano sensorial (*), resultado del ataque.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Observación posterior al traslado

Una semana después del traslado, *K. cynara* exhibió un comportamiento alimenticio inusual, caracterizado por la realización de ataques directos hacia otras babosas marinas, incluso sobre individuos de mayor tamaño. En este periodo se registró un ataque de *K. cynara* a un ejemplar de *A. vaccaria* dirigido a la región del parapodio; no obstante, tras el evento no se observaron lesiones aparentes en el organismo afectado (Figura 5A, Video A). A finales de marzo se documentó un nuevo ataque de *K. cynara* sobre *P. padinae*, mediante un mordisco prolongado en la región del parapodio, que culminó después de aproximadamente 40 a 45 minutos con la ingestión completa de la presa (Figura 5B, Video B).

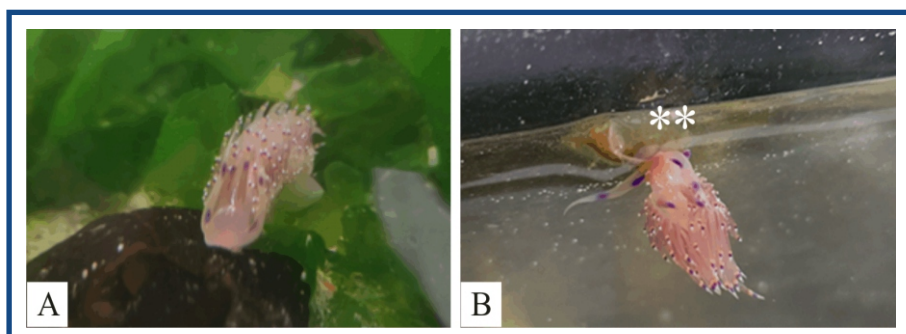


Figura 5.- Comportamiento de *K. cynara* tras el cambio de pecera. **A)** Ataque a *A. vaccaria* (*): el ataque se dirigió a la zona del parapodio, sin causar heridas visibles. **B)** Ataque a *P. padinae* (**): el ataque también ocurrió en la zona del parapodio; tras aproximadamente 40 minutos, el ejemplar fue devorado por completo (Video A y video B).

► DISCUSIÓN

Nuestro estudio reveló que *K. cynara* bajo condiciones de cautiverio presenta plasticidad alimentaria, evidenciada principalmente por el comportamiento del ejemplar de mayor tamaño, al demostrar su capacidad de depredar activamente a otras babosas marinas. La plasticidad alimentaria en nudibranquios ya ha sido anteriormente documentada, como lo evidencia la revisión de Cattaneo-Vietti & Boero (1988), quienes destacan la relación específica entre nudibranquios eólidos y las especies de cnidarios que constituyen su presa, proporcionando un marco fundamental para entender la compleja



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



ecología trófica de estos organismos. Adicionalmente, Tyndale, E., Avila, C., & Kuzirian, A. M. (1994) plantean una posible transición entre dietas especializadas y generalistas, ejemplificada en la especie *Hermisenda crassicornis* (Eschscholtz, 1831), un nudibranquio eólido que presenta un caso de plasticidad trófica con una dieta variada incluyendo bivalvos, tunicados e hidrozoos.

En este sentido, Camacho-García et al., (2005) sugieren que *K. cynara* probablemente se alimenta de hidrozoos, una propuesta que encuentra respaldo en las observaciones de Hermosillo et al., (2006), quienes coinciden en esta posible relación trófica. Además, datos procedentes del acervo del Laboratorio de Malacología y Toxinología FACIMAR-UAS indican que esta especie habita en ambientes caracterizados por una alta abundancia de hidrozoos, fortaleciendo la hipótesis de una interacción alimentaria directa con estos cnidarios.

No obstante, la presencia de hidrozoos de pequeño tamaño que crecen sobre una variedad de sustratos dificulta la identificación precisa de la dieta, una situación ejemplificada por Behrens (2005); en su investigación menciona que se creía inicialmente que *Crosslandia daedali* Poorman & Mulliner, 1981, un nudibranquio perteneciente a la Familia Scyllaeidae, se alimentaba exclusivamente de macroalgas; sin embargo, investigaciones posteriores demostraron que su dieta consiste exclusivamente en diminutos hidrozoos que habitan sobre dichas algas. De forma análoga, se pensaba que *Himatina trophina* (Bergh, 1890) consumía al eunicido *Diopatra ornata* Moore, 1911, pero se confirmó que este nudibranquio prefiere alimentarse de hidrozoos adheridos a la superficie externa del gusano, lo que muestra la complejidad y especificidad en las interacciones tróficas de estos organismos.

Por su parte, Morse (1969) demostró una preferencia alimenticia distinta en los eólidos, evidenciando que *Coryphella verrucosa* (Sars, 1829), anteriormente considerada especialista en el consumo de hidrozoos, también incluye ascidiáceos en su dieta. Esta estrategia de alimentación directa sobre los pólipos parece ser una forma más eficiente de explotar diversas fuentes alimenticias, facilitando así la adaptación a la dinámica y variabilidad propias de la zona intermareal.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Con base en los resultados obtenidos y en la comparación con estudios previos, se observa que únicamente el ejemplar de mayor tamaño de *K. cynara* presentó conductas de acecho hacia otras babosas marinas; mientras que, el ejemplar de menor tamaño se concentró en alimentarse únicamente de hidrozooos. Este comportamiento diferencial podría atribuirse a la mayor demanda energética asociada al tamaño corporal y a las condiciones de cautiverio, aunque permanece incierto si dichas conductas son replicables en condiciones naturales, aspecto que ha sido discutido en estudios relacionados como el de Tyndale et al., (1994) con la especie *H. crassicornis*.

Se confirma, además, la dieta basada en hidrozooos propuesta por los autores previos y adicionalmente se infiere que la presencia de *K. cynara* en hábitats con alta diversidad de invertebrados sugiere que esta especie puede alimentarse tanto de hidrozooos como de otras babosas marinas, adaptándose así al contexto ecológico mediante comportamientos de acecho y ataque hacia otros heterobranquios. Esta plasticidad trófica, aunque observada únicamente en el ejemplar de mayor tamaño, podría conferir una ventaja adaptativa significativa en ambientes intermareales caracterizados por fluctuaciones y limitaciones en la disponibilidad de recursos alimenticios.

Es relevante destacar que, según Nybakken & McDonald (1981), los rasgos estructurales de la rádula en nudibranquios están estrechamente relacionados con el tipo de alimento consumido, funcionando como una herramienta especializada que facilita la adaptación a presas específicas. En este sentido, la rádula de *K. cynara* estaría especializada en la depredación de hidrozooos, adaptada para perforar estos organismos. No obstante, los comportamientos predatorios observados hacia otros heterobranquios plantean una aparente contradicción, ya que no se conoce el mecanismo por el cual *K. cynara* pudo alimentarse de ellos sin una rádula adaptada a este tipo de presas, lo que justifica estudios adicionales para esclarecer este fenómeno.

En conclusión, los resultados de este estudio apoyan la hipótesis de que *K. cynara* presenta plasticidad trófica, que trasciende el consumo exclusivo de hidrozooos, evidenciando una adaptabilidad ecológica que le permite explotar diversas fuentes de alimento en ambientes



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



intermareales tan dinámicos, lo cual representa una ventaja evolutiva frente a las fluctuaciones en la disponibilidad de recursos. Las observaciones en condiciones de cautiverio indican que las especies de nudibranchios podrían tener un menor grado de especialización alimentaria al comúnmente asumido. En particular, *K. cynara* amplió su repertorio de presas al incluir otras babosas marinas además del consumo conocido de hidrozooos, posiblemente como respuesta a la reducción en la disponibilidad de estos cnidarios, derivada del consumo frecuente por parte del ejemplar de menor tamaño o a un aumento en sus demandas energéticas. Estos hallazgos destacan la flexibilidad y adaptabilidad del comportamiento alimenticio de *K. cynara* para aprovechar múltiples presas en su hábitat. Por lo que se recomienda realizar estudios adicionales que exploren el comportamiento alimenticio en la diversidad de babosas marinas con el propósito de profundizar en la función que los heterobranchios desempeñan como reguladores de las poblaciones de invertebrados marinos.

► AGRADECIMIENTOS

El estudio fue posible gracias a la invaluable colaboración del Laboratorio de Malacología y Toxinología FACIMAR-UAS y a sus integrantes: Daniela Estefanía Gordillo Mahecha, Kenia Lizeth Bastida Verdugo, Alejandra Espinoza Escobar y Dayan Daniela Bayen Nuñez, quienes nos apoyaron en los muestreos. Asimismo, agradecemos a Cristopher Josue Chávez Llamas por encontrar uno de los ejemplares de *K. Cynara* durante los recorridos por la zona intermareal. A todos ellos expresamos nuestro más profundo agradecimiento por su apoyo y dedicación.

► LITERATURA CITADA

- Behrens, D. W. (2005).** Nudibranch behavior. Jacksonville, Florida U.S.A: New World Publications.
- Behrens, D. W., Fletcher, K., Hermosillo, A. & Jensen, G. C. (2022).** Nudibranchs & sea slugs of the Eastern Pacific. Bremerton, WA: MolaMarine.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Camacho-García, Y. E., Gosliner, T. M., & Valdés, Á. (2005).** Guía de campo de las babosas marinas del Pacífico Este Tropical / Field Guide to the Sea Slugs of the Tropical Eastern Pacific (1ª ed.). California Academy of Sciences.
- Cattaneo-Vietti, V. R., & Boero, F. (1988).** Relationships between eolid (Mollusca, Nudibranchia) radular morphology and their cnidarian prey. *Bolletino Malacologico*, 24, 215-222. Obtenido de <https://zenodo.org/records/16154015/files/bhlp184305.pdf?download=1>
- Hermosillo, A., Behrens, D., & Ríos Jara, E. (2006).** Opisthobranchios de México: guía de babosas marinas del Pacífico, Golfo de California y las islas oceánicas. Conabio.
- Morse, M. P. (1969).** On the feeding of the nudibranch, *Coryphella verrucosa rufibranchialis*, with a discussion of its taxonomy. *Nautilus*, 82(2), 37-40.
- Nybakken, J., & McDonald, G. (1981).** Feeding mechanisms of West American nudibranchs feeding on Bryozoa, Cnidaria and Ascidiaceae, with special respect to the radula. *Malacologia*, 20, 439-449. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/305721839_Feeding_mechanisms_of_west_American_nudibranchs_feeding_on_Bryozoa_Cnidaria_and_Ascidiaceae_with_special_respect_to_the_radula
- Ponder, W. F., Lindberg, D. R., & Ponder, J. M. (2020).** Biology and evolution of the Mollusca (Vol. 2). Boca Raton, FL: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351115254>
- Simberloff, D., & Dayan, T. (1991).** The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22, 115-143. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev.es.22.110191.000555>
- Thompson, T. E., & Brown, G. H. (1984).** Biology of opisthobranch molluscs (Vol. II). London: Ray society.
- Tyndale, E., Avila, C. & Kuzirian, A. M. (1994).** Food detection and preferences of the nudibranch mollusc *Hermissenda crassicornis*: experiments in a Y-maze. *Biological bulletin*, 274-275. Obtenido de <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/BBLv187n2p274>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revisión del uso de hilos colectores en sistemas de acuicultura como técnica de diagnóstico parasitológico eficaz y no invasivo para el estudio de parásitos monogeneos

Thread collection technique in aquaculture systems as an effective and non-invasive parasitological diagnosis for the study of monogenean parasites



1. Ángel Gibrian López-Ceseña



0009-0001-9064-5608

Posgrado, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n, A. P. 610. Mazatlán, Sinaloa, México.



2. Jesús Andrés Piña-Rodríguez



0009-0000-0342-9759

Estudiante de Biología Acuicola de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n. A. P. 610. Mazatlán, Sinaloa,



3. Jesús Arath Beltrán-Corrales



0009-0000-7177-110X

Estudiante de Biología Acuicola de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n. A. P. 610. Mazatlán, Sinaloa,



4. Wilfredo Gámez-Acosta



0009-0001-2647-1930

Estudiante de Biología Acuicola de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n. A. P. 610. Mazatlán, Sinaloa,



5. Simón Alejandro García-Rusell



0009-0008-5719-6143

Estudiante de Biología Acuicola de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n. A. P. 610. Mazatlán, Sinaloa,



6. Mayra I. Grano Maldonado



0000-0001-7519-379X

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Mazatlán, Sinaloa, México.

Autor de correspondencia: granomayra@uas.edu.mx

latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Revisión del uso de hilos colectores en sistemas de acuicultura como técnica de diagnóstico parasitológico eficaz y no invasivo para el estudio de parásitos monogéneos

Thread collection technique in aquaculture systems as an effective and non-invasive parasitological diagnosis for the study of monogenean parasites

► **RESUMEN**

El presente trabajo es una revisión global que abarca los últimos 20 años sobre la técnica de colecta de huevos de monogéneos mediante hilos de algodón. Este método no invasivo resulta crucial para el estudio de parásitos en peces de importancia acuícola. La acuicultura es uno de los sectores productivos más importantes a nivel mundial, sin embargo, la intensificación de los sistemas de producción y la alta demanda han provocado un aumento en la densidad de siembra, lo que hace que los peces sean más susceptibles a enfermedades parasitarias. Las más destacadas son las causadas por parásitos de ciclo de vida directo como los monogéneos. Estos helmintos ectoparásitos se adhieren a la piel y a las branquias, lo que provoca elevadas mortalidades y pérdidas económicas cuantiosas. Hasta la fecha, se desconocen los ciclos de vida de muchos parásitos monogéneos, lo que dificulta la prevención y el control eficaces de sus fases de desarrollo. En este contexto, la técnica de hilos de algodón se ha desarrollado como una herramienta que permite la recolección de huevos para obtener larvas, evitando el sacrificio de peces en cultivo para su estudio. Consiste en sujetar hilos de algodón de 20 cm al aireador del tanque, retirar después de 6 h los hilos para observarse bajo estereoscopio e incubar los huevos en medio acuoso para la obtención de larvas principalmente de monogéneos. En Sinaloa, se han reportado infecciones por monogéneos en peces marinos de cultivo emergente, como el pargo (*Lutjanus guttatus*), el róbalo blanco (*Centropomus viridis*) y el botete (*Sphoeroides annulatus*). En estos casos, esta técnica ha sido empleada en 15 estudios por investigadores de distintas instituciones regionales.

Palabras clave: hilos de algodón, helmintos, peces, *in vitro*.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► ABSTRACT

This paper presents a comprehensive review of the technique for collecting monogenean eggs using cotton threads over the last 20 years. This non-invasive method is crucial for studying parasites in fish of importance to aquaculture. Aquaculture is one of the most important productive sectors worldwide. However, the intensification of production systems and high demand have led to increased stocking densities, making fish more susceptible to parasitic diseases. The most prominent of these are those caused by parasites with a direct life cycle, such as monogeneans. These ectoparasitic helminths attach to the skin and gills, causing high mortality rates and substantial economic losses. To date, the life cycles of many monogenean parasites remain unknown, hindering effective prevention and control of their developmental stages. In this context, the cotton thread technique has been developed as a tool for collecting eggs to obtain larvae, avoiding the sacrifice of farmed fish for study. It consists of attaching 20 cm of cotton thread to the tank's aerator, removing the thread after 6 hours to observe the eggs under a stereomicroscope, and incubating the eggs in an aqueous medium to obtain larvae, primarily of monogenean species. In Sinaloa, monogenean infections have been reported in emerging farmed marine fish species, including snapper (*Lutjanus guttatus*), Pacific white snook (*Centropomus viridis*), and pufferfish (*Sphoeroides annulatus*). In these cases, this technique has been used in 15 studies by researchers from various regional institutions.

Keywords: Cotton threads, helminths, fish, *in vitro*.

► INTRODUCCIÓN

La población mundial ha aumentado en más de mil millones de personas en los últimos años, lo que ha incrementado significativamente la demanda de alimentos (FAO, 2024). Los sectores productivos primarios son los encargados de satisfacer dicha demanda proporcionando alimentos accesibles e inocuos para la población (Revilla *et al.*, 2015). Uno de los sectores productivos con mayor crecimiento en los últimos años es la acuicultura (Jiang *et al.*, 2022), la cual se ha posicionado como el mayor productor de animales acuáticos a nivel mundial, superando a la pesca por primera vez en el año 2022 con el 51% de la producción



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

mundial, marcando un hecho histórico para esta industria (FAO, 2024). En México, la acuicultura se centra principalmente en los estados de Sonora, Nayarit y Sinaloa, este último se posiciona como el segundo lugar en volumen y el primero en valor comercial, con un aumento de 1,923 a 1,993 unidades productoras acuícolas (CONAPESCA, 2024). Este crecimiento tan acelerado ha provocado que los acuicultores aumenten sus densidades de siembra desarrollando cultivos intensivos e hiperintensivos (Angel *et al.*, 2019), aunque esto busca maximizar la producción en una menor superficie y lograr el ahorro de insumos (específicamente agua y mano de obra) (Lazard *et al.*, 2010), lo cual aumenta sus ganancias y rentabilidad, también incrementa el estrés en los peces y causa variaciones en los parámetros fisicoquímicos del agua, volviéndolos más vulnerables a infecciones parasitarias (Abba *et al.*, 2018; Ageng'o *et al.*, 2024). Para el estudio de estas infecciones Grano Maldonado (2004) desarrolló una técnica que consiste en sujetar hilos de algodón al aireador de los tanques para la recolección de huevos de parásitos monogeneos, la cual resulta efectiva siendo un método no invasivo que evita dar muerte humanitaria a los peces para su estudio.

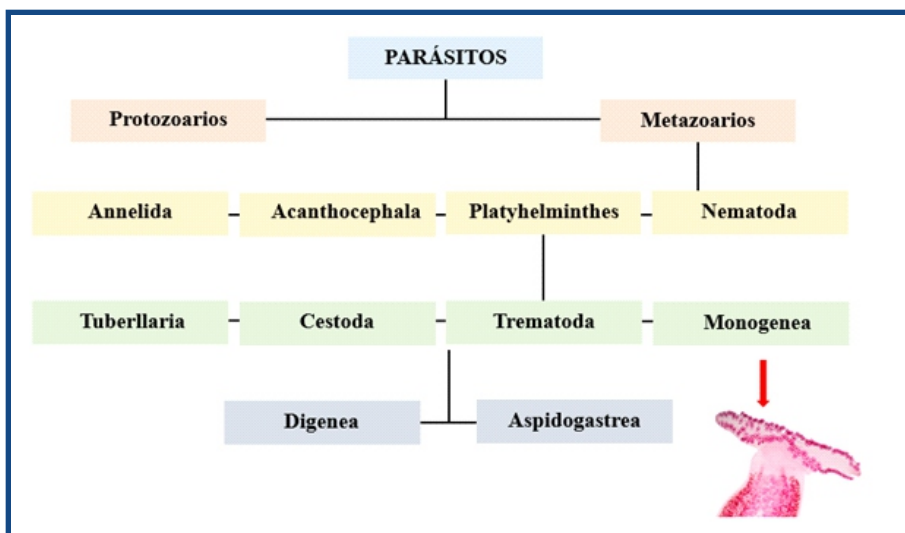


Figura 1. Clasificación general de parásitos según Drago & Núñez (2017).

Los protozoarios son parásitos unicelulares, mientras que los metazoarios son pluricelulares. Entre estos últimos se encuentran los helmintos, con cuatro Phyla ampliamente estudiados en el área de acuicultura: Annelida, Nematoda, Acanthocephala y Platyhelminthes. Este último *Phylum* se refiere a los gusanos planos, que se clasifican en tres clases: Trematoda, Cestoda y Monogenea (Nielsen, 2003).

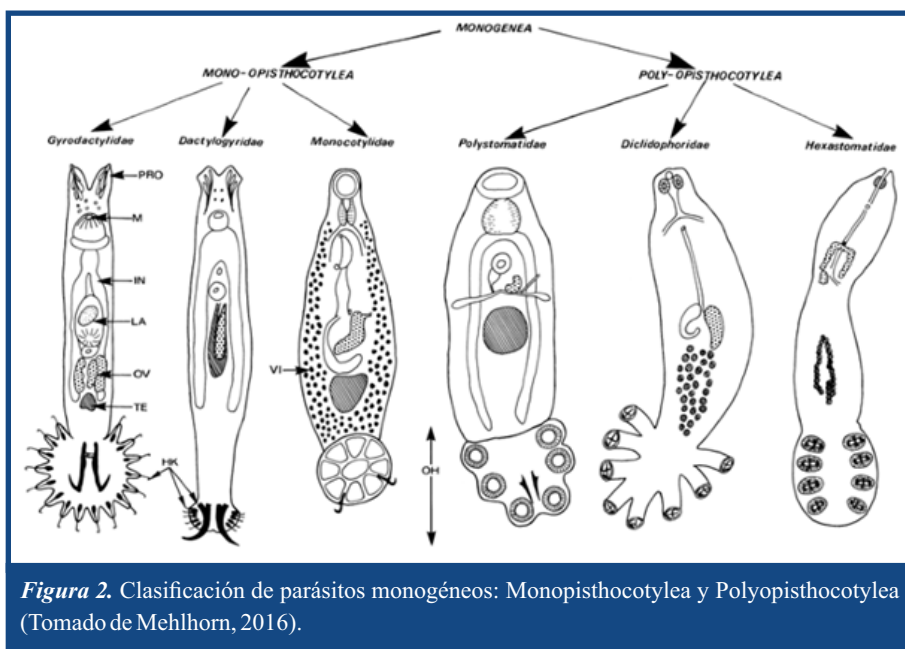


OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Monogeneos

Los monogeneos pertenecen al *Phylum* Platyhelminthes, es decir, gusanos planos que afectan principalmente a peces y anfibios (Paululat & Purschke, 2025), no obstante, también se han reportado en mamíferos como los hipopótamos (Rubtsova *et al.*, 2018). Estos platelmintos poseen órganos de fijación complejos: uno anterior (prohaptor), adhesivo y pareado, y uno posterior (opisthaptor), formado por ventosas, pinzas y ganchos (Dărăbuș *et al.*, 2024). Este último es de valor taxonómico y se utiliza para dividirlos en dos subgrupos: Polyopisthocotylea (opisthaptor complejo) y Monopisthocotylea (opisthaptor sencillo) (Pulido-Flores, 2024) (Figura 2).



El tamaño de los monogeneos varía según la especie, pero generalmente los adultos alcanzan entre 0.3 y 20 mm (Drago & Núñez, 2017). Poseen sistema digestivo, sistema osmorregulatorio e incluso sistema nervioso formado por dos ganglios cerebrales ubicados en la región anterior (Pulido-Flores, 2024). La mayoría de estos parásitos se clasifican como ectoparásitos. No obstante, existen algunas excepciones, como *Polystomum integerrimum* en la vejiga urinaria de ranas y *Aspidogaster conchicola* en el intestino de peces y reptiles (Mehlhorn, 2016). Se alimentan de sangre, moco y tejido epitelial de sus hospederos,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

generando lesiones, daño e incluso mortalidad masiva en tilapias y robalos en la acuicultura (Grano-Maldonado *et al.*, 2018; Enríquez-Benavides *et al.*, 2025). Los monogenos se distribuyen por todo el mundo, tanto en ambientes dulceacuícolas como en marinos, lo que les permite infectar a un gran número de hospederos (Paululat & Purschke, 2025). Podemos encontrar especies ovíparas *Neobenedenia* sp., y vivíparas *Gyrodactylus* sp., dotadas de ovarios y testículos. Ambas formas de reproducción son muy eficientes y, al combinarse con su ciclo de vida directo, las convierten en amenazas potenciales para los sistemas acuícolas (Pulido-Flores, 2024).

Ciclo de vida de monogeneos

Los monogeneos tienen un ciclo de vida directo, es decir, solo necesitan de un hospedero para completarlo, a diferencia de otros platelmintos, como los digeneos, que requieren más de uno (Blasco-Costa & Poulin, 2017). Su ciclo de vida se divide en tres fases: adulto, oncomiracidio y huevo (Figura 3) (Drago & Núñez, 2017). El parásito monogeneo adulto se encuentra fijo al hospedero ya sea en branquias o en piel, por medio de su órgano de sujeción (opisthaptor) dotado de ganchos (Hoai, 2020; Jia *et al.*, 2025). Estos liberan huevos cuya forma varía según la especie, pero generalmente es tetraédrica u ovalada (Figura 4), y poseen un apéndice alargado que permite la sujeción al sustrato (Drago & Núñez, 2017). El huevo entra en un periodo de incubación que puede durar de 3 a 7 días dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales. Se ha demostrado que parámetros como la salinidad y la temperatura afectan el tiempo de desarrollo de la larva (Grano-Maldonado *et al.*, 2011; Repullés-Albelda *et al.*, 2012; Maciel *et al.*, 2017; Hoai, 2020). Del huevo emerge una larva ciliada, conocida como oncomiracidio (fase infectiva), que puede nadar para buscar a su hospedero (Drago & Núñez, 2017).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

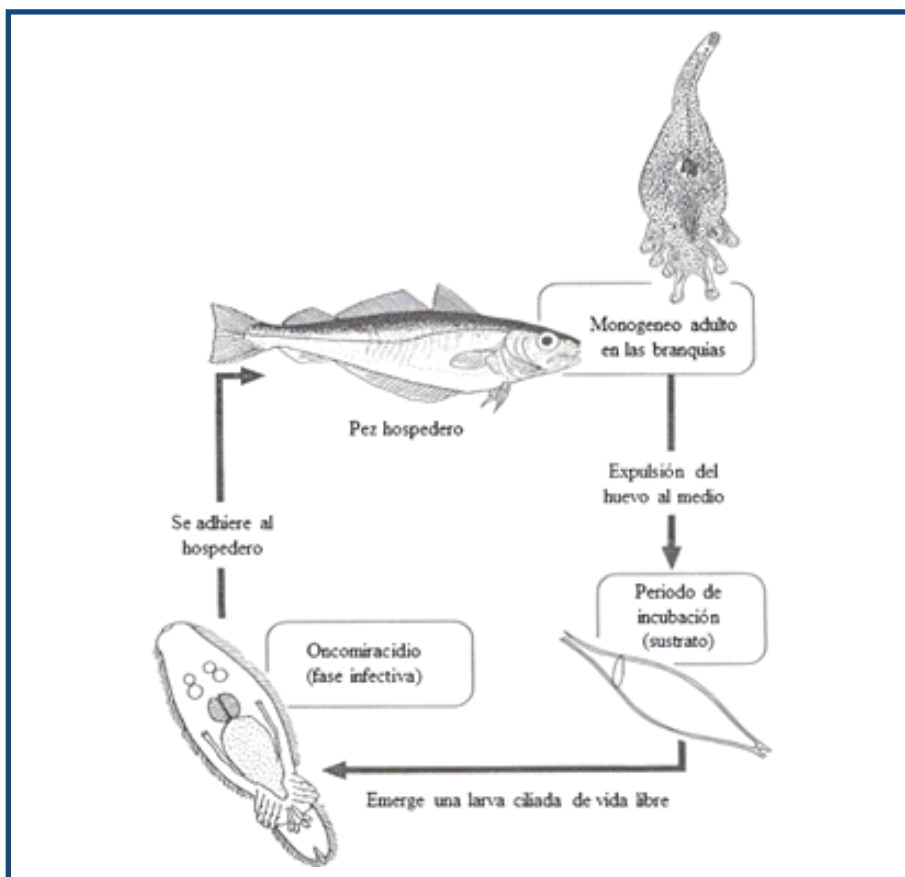


Figura 3. Ciclo de vida de monogeneo ovíparo Mackenzie *et al.*, 1995 (modificado por Grano-Maldonado, 2004)



Figura 4. Diversidad morfológica de huevos de monogeneos (Drago & Núñez, 2017).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

El oncomiracidio, o larva, tiene forma alargada y sus cilios se disponen en tres zonas: anterior, media y posterior. En el extremo anterior, posee uno o dos pares de ocelos, según la especie. En esta fase, ya es posible diferenciar el tracto digestivo, identificando la boca, la faringe e intestinos (Llewellyn, 1963). Los oncomiracidios tienen un periodo corto para encontrar a su hospedero; de lo contrario, morirán. Una vez en el hospedero, estas larvas pierden sus cilios y empieza su desarrollo hacia la fase adulta (Drago & Núñez, 2017). En los sistemas de acuacultura, el confinamiento de los peces facilita que los oncomiracidios encuentren a sus hospederos (Grano-Maldonado et al., 2011; Enríquez-Benavides et al., 2025).

Monogeneos en la acuacultura

En acuacultura, es muy frecuente la presencia de agentes patógenos y parásitos, especialmente aquellos de ciclo de vida directo, como crustáceos, protozoarios y monogeneos. Estos últimos son los que causan mayor daño (Whittington & Chisholm, 2008) y se propagan rápidamente debido a su ciclo de vida, lo que se traduce en altas tasas de mortalidad y grandes pérdidas económicas en estos sistemas (Grano-Maldonado et al., 2018). Entre las especies reportadas recientemente como causantes de mortalidad se encuentran *Gyrodactylus* sp., *Cichlidogyrus* sp. (López-Ceseña et al., 2024), *Rhabdosynochus viridisi* (Enríquez-Benavides et al., 2025), entre otras. Estas infecciones por monogeneos se han reportado en peces de gran importancia comercial a nivel mundial como la tilapia (*Oreochromis niloticus*) (López-Ceseña et al., 2024), el salmón (*Salmo salar*) (Mo et al., 2024), la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) (Hansen et al., 2022), y la carpa (*Cyprinus carpio*) (Roohi et al., 2019), así como en peces cuyo cultivo en México es emergente como el botete (*Shoeroides annulatus*) (Grano-Maldonado et al., 2011) y el róbalo (*Centropomus viridis*) (Enríquez-Benavides et al., 2025).

Para remediar y controlar estas situaciones, se ha propuesto un gran número de tratamientos de diversos compuestos como formalina (Tancreado et al., 2019; Enríquez-Benavides et al., 2025), medicamentos (López-Ceseña et al., 2024; Enríquez-Benavides et al.,



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

2025), extractos de plantas (Trasviña-Moreno *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2021) y cloruro de sodio (de Araújo *et al.*, 2023; Bocanegra *et al.*, 2024), entre otros. Sin embargo, existe una gran limitante, ya que aún persiste el desconocimiento del ciclo de vida de muchas de estas especies. Esta falta de información crea un sesgo al momento de aplicar tratamientos por ignorancia de la fase infectiva (Hoai, 2020). En este contexto, es fundamental proponer soluciones reales para prevenir y controlar infecciones parasitarias, evitando el daño a los cultivos y al medio ambiente (Buchmann, 2022).

Técnica de hilos de algodón

El método estándar para el estudio de los monogeneos implica la extracción directa de los adultos del pez. Este procedimiento conlleva el sacrificio del animal, especialmente cuando los parásitos se encuentran fuertemente adheridos a las branquias (Adawy *et al.*, 2016; Lim *et al.*, 2016; Cheng *et al.*, 2023). Si bien esto funciona para el estudio de la fase adulta, omite el huevo y la fase infectiva que (oncomiracidio), lo que limita efectividad de los tratamientos (Hoai, 2020). Como alternativa a este problema, Grano-Maldonado propuso en 2004 una técnica de colección de huevos mediante hilos de algodón. Este método no invasivo permite incubar huevos y, con ello, obtener oncomiracidios (Grano-Maldonado *et al.*, 2004). Esta técnica se ha implementado a lo largo de los años en diferentes investigaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Estudios publicados empleando la técnica de hilos colectores de huevos desde (2004-2025)

*Familia de parásitos						
Título del trabajo	Parásito	Hospedero	Familia	Localidad	Tipo de trabajo	Referencia
DICLIDOPHORIDAE*						
Ciclo de vida de <i>Heterobothrium ecuadori</i> (Meserve, 1938) Stroton, 1946 (Monogenea: Dicliphoridae) ectoparasito de botete diana <i>Shoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842).	<i>Heterobothrium ecuadori</i>	<i>Shoeroides annulatus</i>	Tetraodontidae	Mazatlán, México	Tesis Maestría	Grano-Maldonado (2004)
Development of <i>Heterobothrium ecuadori</i> (Monogenea: Dicliphoridae) in Bullseye Puffer Fish <i>Sphoeroides annulatus</i> under Experimental Conditions	<i>Heterobothrium ecuadori</i>	<i>Sphoeroides annulatus</i>	Tetraodontidae	Mazatlán, México	Artículo	Grano-Maldonado <i>et al.</i> (2010)
Egg morphology, larval development and description	<i>Heterobothrium ecuadori</i>	<i>Sphoeroides annulatus</i>	Tetraodontidae	Mazatlán, México	Artículo	Grano-Maldonado <i>et al.</i> (2011)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Diclidophoridae) parasitising
the bullseye
pufferfish, *Sphoeroides*
annulatus

In vitro effect of low salinity
on egg hatching and larval
survival of *Heterobothrium*
ecuadori (Monogenea)
infecting bullseye puffer
fish *Sphoeroides annulatus*

Heterobothrium ecuadori *Sphoeroides annulatus* Tetraodontidae Mazatlán, México Artículo Grano Maldonado *et al.* (2015)

Efficacy of praziquantel and
a combination anthelmintic
(Adecto®) in bath treatments
against *Tagia ecuadori* and
Neobenedenia melleni
(Monogenea), parasites of
bullseye puffer fish

Tagia ecuadori *Sphoeroides annulatus* Tetraodontidae Mazatlán, México Artículo Morales-serna *et al.* (2018)

(= *Heterobothrium ecuadori*)

ANCYROCEPHALINAE*

Effectiveness of treatments
against eggs and adults of
Haliotrema sp. and
Euryhaliotrema sp.
(Monogenea):

Haliotrema sp. *Lutjanus guttatus* Lutjanidae Mazatlán, México Artículo Fajer *et al.* (2007)

Ancyrocephalinae)
infecting red snapper,
Lutjanus guttatus

CALCEOSTOMATIDAE*

First report of *Calceostoma*
glandulosum (Monogenea)
in *Argyrosomus regius*:
morphological and
molecular characterization
and temperature effects on
life cycle

Calceostoma glandulosum *Argyrosomus regius* Sciaenidae Olhão, Portugal Artículo Ribeiro *et al.* (2025)

CAPSAIDAE*

Efficacy of praziquantel
and a combination
anthelmintic (Adecto®) in
bath treatments against
Tagia ecuadori and
Neobenedenia melleni
(Monogenea), parasites of
bullseye puffer fish

Neobenedenia melleni *Sphoeroides annulatus* Tetraodontidae Mazatlán, México Artículo Morales-Serna *et al.* (2018)

Effects of temperature on
the life cycle of
Neobenedenia sp.
(Monogenea: Capsalidae)
from *Seriola rivoliana*
(Almaco jack) in Bahía de
La Paz, BCS México

Neobenedenia sp. *Seriola rivoliana* Carangidae La Paz, Baja California Sur Artículo Valles-Vega *et al.* (2019)

Efecto de la temperatura
sobre el sistema inmune de
Seriola rivoliana frente a la
infestación de
Neobenedenia sp.

Neobenedenia sp. *Seriola rivoliana* Carangidae La Paz, México Tesis doctoral Valles-Vega (2020)

Proteomic analysis of
Neobenedenia sp. and
Rhabdosynochus viridizi
(Monogenea,
Monopisthocotylea):
Insights into potential
vaccine targets and
diagnostic markers for
finfish aquaculture

Neobenedenia sp. *Centropomus viridis* Centropomidae Mazatlán, México Artículo Caña-Bozada *et al.* (2024)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



from *Seriola rivoliana*
(Almaco jack) in Bahía de
La Paz, BCS México

Efecto de la temperatura
sobre el sistema inmune de
Seriola rivoliana frente a la
infestación de
Neobenedenia sp.

Neobenedenia sp.

Seriola rivoliana

Carangidae
La Paz,
México

Tesis doctoral
Valles-Vega
(2020)

Proteomic analysis of
Neobenedenia sp. and
Rhabdosynochus viridisi
(Monogenea,
Monopisthocotylea):
Insights into potential
vaccine targets and
diagnostic markers for
finfish aquaculture

Neobenedenia sp.

Centropomus viridis

Centropomidae
Mazatlán,
México

Artículo
Caña-Bozada
et al. (2024)

Control of *Neobenedenia*
sp. infestations in the ocean
tank at Gran Acuario
Mazatlán

Neobenedenia sp.

Caranx
caninus, *Chaetodipterus*
zonatus y *Lutjanus*
colorado

Carangidae,
Ephippidae y
Lutjanidae
Mazatlán,
México

Informe de
caso
Morales-Serna
et al. (2025)

DIPLECTANIDAE*

Proteomic analysis of
Rhabdosynochus viridisi
Neobenedenia sp. and
Rhabdosynochus viridisi
(Monogenea,
Monopisthocotylea): Insights
into potential vaccine targets
and diagnostic markers for
finfish aquaculture

Rhabdosynochus viridisi

Centropomus
viridis

Centropomidae
Mazatlán,
México

Artículo
Caña-Bozada *et al.*
(2024)

Metazoan parasites of the red
grouper, *Epinephelus morio*,
in a pilot aquaculture system
in Yucatán, Mexico

Pseudorhabdosynochus
yucatanensis

Epinephelus
morio

Serranidae
Mérida,
Yucatán

Artículo
Canul-Cámara *et al.*
(2025)

Effective control and
treatment
of *Rhabdosynochus viridisi*
(Monogenea: Diplectanidae)
in *Centropomus viridis*
(Teleostei: Centropomidae)
in marine aquaculture

Rhabdosynochus viridisi

Centropomus
viridis

Centropomidae
Mazatlán,
México

Artículo
Enriquez-
Benavides *et al.*
(2025)

Respuesta histológica e
inmune en el pez
Centropomus viridis
causadas por el parásito
Rhabdosynochus viridisi

Rhabdosynochus viridisi

Centropomus
viridis

Centropomidae
Mazatlán,
México

Artículo
López-Moreno *et al.*
(2025)

Transcriptomic analysis of
immune-related genes in
Pacific white snook
(*Centropomus viridis*) gills
infected with the
monogenean parasite
Rhabdosynochus viridisi

Rhabdosynochus viridisi

Centropomus
viridis

Centropomidae
Mazatlán,
México

Artículo
Mirabent-Casals *et al.*
(2025)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► DISCUSIÓN

Las aportaciones científicas más sobresalientes en el estudio de los huevos de monogenos fueron realizadas por Llewelyn (1963), Kearn (1986) y Whittington *et al.* (2000). De estos estudios (Kearn *et al.*, 1992) se desprende que la presencia de filamentos en los huevos facilita su captura al enredarse fácilmente en cualquier material. Sin embargo, el uso de materiales ha sido variado. En la literatura se han reportado otras técnicas de colecta de huevos; por ejemplo, se sumergió un trozo de red de malla (0.5×0.5 mm) de 5 cm² en cada acuario y se revisó diariamente bajo un estereomicroscopio (Hoai & Hudson, 2014). Esta técnica se implementó durante una estancia en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) con el Dr. Juan Carlos Urreola. En ese estudio, que abordaba parásitos en peces de cultivo marino, se empleaban hilos de plástico (plástico) en los tanques. No obstante, estos hilos tendían a concentrar una gran cantidad de materia orgánica junto con los huevos, lo que dificultaba su observación. Posteriormente, esta técnica se adaptó mediante el uso de un hilo de algodón durante la investigación de los ciclos de vida en botetes (Grano-Maldonado 2004). Este cambio permitió concentrar grandes cantidades de huevos y poca materia orgánica. A partir de entonces, en México, se ha empleado la técnica para el estudio de monogeneos de diferentes familias, específicamente Ancyrocephalinae (Fajer *et al.*, 2007), Calceostomatidae (Ribeiro *et al.*, 2025), Capsalidae (Morales-serna *et al.*, 2018; Valles-Vega *et al.*, 2019; Valles-Vega, 2020; Caña-Bozada *et al.*, 2024; Morales-Serna *et al.*, 2025), Diclidophoridae (Grano-Maldonado 2004; Grano-Maldonado *et al.*, 2010; Grano-Maldonado *et al.*, 2011; Grano-Maldonado *et al.*, 2015; Morales-Serna *et al.*, 2018) y Diplectanidae (Caña-Bozada *et al.*, 2024; Enríquez-Benavides *et al.*, 2025; López-Moreno *et al.*, 2025; Mirabent-Casals *et al.*, 2025). Esta técnica se reporta con mayor frecuencia en artículos científicos y también se ha empleado en trabajos de investigación de posgrado. Por ejemplo, fue utilizada originalmente por Grano-Maldonado (2004) en una tesis de maestría y, posteriormente, en un estudio de doctorado, para determinar el efecto de la temperatura sobre el sistema inmune de *Seriola rivoliana* bajo infección por *Neobenedenia* sp. (Valles-Vega, 2020).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Esta técnica se destaca porque permite la colecta de huevos y su incubación posterior para obtener larvas. Por ende, se utiliza con monogéneos ovíparos, siendo frecuentemente usada para el estudio de tres especies: *Neobenedenia* sp. (Morales-serna *et al.*, 2018; Valles-Vega *et al.*, 2019; Valles-Vega, 2020; Caña-Bozada *et al.*, 2024; Morales-Serna *et al.*, 2025), *Rhabdosynochus viridisi* (Caña-Bozada *et al.*, 2024; Enríquez-Benavides *et al.*, 2025; López-Moreno *et al.*, 2025; Mirabent-Casals *et al.*, 2025) y *Heterobothrium ecuadoi* (Grano-Maldonado 2004; Grano-Maldonado *et al.*, 2010; Grano-Maldonado *et al.*, 2011; Grano-Maldonado *et al.*, 2015; Morales-Serna *et al.*, 2018). Las investigaciones realizadas con hilos de algodón han aportado información importante para comprender los ciclos de vida de los monogéneos y proponer alternativas para su control. Esta técnica fue implementada en otros países, como Portugal (Ribeiro *et al.*, 2025), durante estancias académicas (Figura 2), lo que permitió determinar las fases larvares de monogéneos en peces marinos. Esto resalta la importancia de las estancias académicas para compartir conocimiento científico de vanguardia.

► CONCLUSIÓN

La técnica de los hilos de algodón, al permitir la obtención de las etapas de vida libre, es clave para la investigación y el desarrollo de estrategias de control y bioseguridad que protejan los cultivos sin causar estrés ni daño a los peces. La técnica ha sido de gran importancia para el estudio de los parásitos monogéneos, contribuyendo a comprender su desarrollo, biología y reproducción, los cuales causan graves daños en la acuicultura. Sin duda, este método no invasivo ofrece herramientas y posibilidades para desarrollar una amplia variedad de investigaciones que contribuyan a resolver problemas reales.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► LITERATURA CITADA

- Abba, A. M., Abdulkarim, B., Omenesa, R. L., Abdulhamid, Y., & Mudassir, I. (2018). Study on physico-chemical parameters and prevalence of fish parasites in Jibia Reservoir, Katsina State, Nigeria. *UMYU Journal of Microbiology Research*, 3(2), 1–6. <https://www.ajol.info/index.php/ujmr/article/view/286561/269995>
- Adawy, R., Meged, R., & Sorour, S. (2016). Some studies on Monogenea infections in gills of marine water fishes in Egypt. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 62(151), 1–11. <https://doi.org/10.21608/avmj.2016.166636>
- Ageng'o, F. O., Waruiru, R. M., Wanja, D. W., Nyaga, P. N., Hamisi, M. M., Khasake, C. N., & Chadag, M. V. (2024). Relationship between water quality parameters and parasite infestation in farmed *Oreochromis niloticus* in selected rift Valley Counties, Kenya. *Aquaculture Research*, 2024(1), 6139798. <https://doi.org/10.1155/2024/6139798>
- Angel, D., Jokumsen, A., & Lembo, G. (2019). Aquaculture production systems and environmental interactions. En G. Lembo & E. Mente (Eds.), *Organic Aquaculture* (pp. 147-190). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05603-2_6
- Bellay, S., De Oliveira, E. F., Almeida-Neto, M., & Takemoto, R. M. (2020). Ectoparasites are more vulnerable to host extinction than co-occurring endoparasites: evidence from metazoan parasites of freshwater and marine fishes. *Hydrobiologia*, 847(13), 2873–2882. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04279-x>
- Bellay, S., De Oliveira, E. F., Almeida-Neto, M., Mello, M. A., Takemoto, R. M., & Luque, J. L. (2015). Ectoparasites and endoparasites of fish form networks with different structures. *Parasitology*, 142(7), 901–909. <https://doi.org/10.1017/S0031182015000128>
- Blasco-Costa, I., & Poulin, R. (2017). Parasite life-cycle studies: a plea to resurrect an old parasitological tradition. *Journal of Helminthology*, 91(6), 647–656. <https://doi.org/10.1017/S0022149X16000924>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Bocanegra, G. T., Rojas, C. A., de Sousa, A. L., Guimaraes, L. C., & Morey, A. M. (2024).** Sodium chloride and formalin to control monogenoids of *Colossoma macropomum* in the Peruvian Amazonia. *Ciência Animal*, 34(1), 88-a.
- Buchmann, K. (2022).** Control of parasitic diseases in aquaculture. *Parasitology*, 149(14), 1985-1997. <https://doi.org/10.1017/S0031182022001093>
- Caña-Bozada, V. H., Huerta-Ocampo, J. Á., Bojórquez-Velázquez, E., Elizalde-Contreras, J. M., May, E. R., & Morales-Serna, F. N. (2024).** Proteomic analysis of *Neobenedenia* sp. and *Rhabdosynochus viridisi* (Monogenea, Monopisthocotylea): Insights into potential vaccine targets and diagnostic markers for finfish aquaculture. *Veterinary Parasitology*, 329, 110196. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110196>
- Canul-Cámara, M. G., Durruty-Lagunes, C. V., Solórzano-García, B., & Pérez-Ponce de León, G. (2025).** Metazoan parasites of the red grouper, *Epinephelus morio*, in a pilot aquaculture system in Yucatán, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 53(5). <https://doi.org/10.3856/vol53-issue5-fulltext-3483>
- Cebrián-Camisón, S., Martínez-de la Puente, J., Ruiz-López, M. J., & Figuerola, J. (2025).** Do specialist and generalist parasites differ in their prevalence and intensity of infection? A test of the niche breadth and trade-off hypotheses. *International Journal for Parasitology*, 55(2), 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2024.11.009>
- Cheng, J., Zou, H., Li, M., Wang, J., Wang, G., & Li, W. (2023).** Morphological and molecular identification of *Dactylogyrus gobiocypris* (Monogenea: Dactylogyridae) on gills of a Model Fish, *Gobiocypris rarus* (Cypriniformes: Gobionidae). *Pathogens*, 12(2), 206. <https://doi.org/10.3390/pathogens12020206>
- Colón-Llavina, M. M., Mattiucci, S., Nascetti, G., Harvey, J. T., Williams, E. H., & Mignucci-Giannoni, A. A. (2019).** Some metazoan parasites from marine mammals stranded in California. *Pacific Science*, 73(4), 461-473. <https://doi.org/10.2984/73.4.3>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Combes, C. (2020). *The art of being a parasite*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226778723>
- CONAPESCA. (2024). *Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2024: Ficha estadística mojarra, 2012-2024*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2024/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2024.pdf
- Dărbăuș, G., Ujvari, K. R., & Imre, M. (2024). Parasitism with protozoa and monogeneans in fish from the natural waters of Romania. *Microorganisms*, 12(8), 1519. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12081519>
- De Araújo, P. A., Maciel-Honda, P. O., de Oliveira Costa-Fernandes, T., Dos Santos, G. G., & Martins, M. L. (2023). Efficacy of chlorine, sodium chloride and trichlorfon baths against monogenean *Dawestrema cycloancistrum* parasite of pirarucu *Arapaima gigas*. *Journal of Fish Diseases*, 46(2), 113-126. <https://doi.org/10.1111/jfd.13725>
- Drago, F., & Núñez, V. (2017). Clase Monogenea. En F. Drago (Ed.), *Macroparásitos* (pp. 69-82). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/62010>
- Enríquez-Benavides, L. E., López-Ceseña, J. Á. G., Rodríguez-Montes-de Oca, G. A., Abad-Rosales, S. M., Maciel-Ibarra, D. A., Rodríguez-Vázquez, E. A., & Grano-Maldonado, M. I. (2025). Effective control and treatment of *Rhabdosynochus viridisi* (Monogenea: Diplectanidae) in *Centropomus viridis* (Teleostei: Centropomidae) in marine aquaculture. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 53(3). <https://doi.org/10.3856/vol53-issue3-fulltext-3338>
- Fajer-Ávila, E. J., Velásquez-Medina, S. P., & Betancourt-Lozano, M. (2007). Effectiveness of treatments against eggs, and adults of *Haliotrema* sp. and *Euryhaliotrema* sp. (Monogenea: Ancyrocephalinae) infecting red snapper, *Lutjanus guttatus*. *Aquaculture*, 264(1-4), 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.035>



- FAO. (2024).** *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024: La transformación azul en acción.* <https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- FAO. (2024).** *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2024.* <https://doi.org/10.4060/cd2971en>
- Geisen, S., Mitchell, E. A., Adl, S., Bonkowski, M., Dunthorn, M., Ekelund, F., & Lara, E. (2018).** Soil protists: a fertile frontier in soil biology research. *FEMS Microbiology Reviews*, 42(3), 293–323.
- Grano Maldonado, M. I. (2004).** *Ciclo de vida de Heterobothrium ecuadori (Meserve, 1938) Stroston, 1946 (Monogenea: Diclidophoridae) ectoparásito de botete diana Shoeroides annulatus (Jenyns, 1842)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000600405>
- Grano-Maldonado, M. I., Aguirre-Villaseñor, H., Betancourt-Lozano, M., & Fajer-Ávila, E. J. (2015).** In vitro effect of low salinity on egg hatching and larval survival of *Heterobothrium ecuadori* (Monogenea) infecting bullseye puffer fish *Sphoeroides annulatus*. *Aquaculture Research*, 46(6), 1339–1343. <https://doi.org/10.1111/are.12300>
- Grano-Maldonado, M. I., Rodríguez-Santiago, M. A., García-Vargas, F., Nieves-Soto, M., & Soares, F. (2018).** An emerging infection caused by *Gyrodactylus cichlidarum* Paperna, 1968 (Monogenea: Gyrodactylidae) associated with massive mortality on farmed tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) on the Mexican Pacific coast. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(5), 961–968. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue5-fulltext-9>
- Grano-Maldonado, M. I., Roque, A., & Fajer-Ávila, E. J. (2010).** Development of *Heterobothrium ecuadori* (Monogenea: Diclidophoridae) in Bullseye Puffer Fish *Sphoeroides annulatus* under experimental conditions. *Fish Pathology*, 45(4), 175–178. <https://doi.org/10.3147/jsfp.45.175>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Grano-Maldonado, M. I., Roque, A., Aguirre, H., & Fajer-Avila, E. (2011).** Egg morphology, larval development and description of the oncomiracidium of *Heterobothrium ecuadori* (Monogenea: Diclidophoridae) parasitising the bullseye pufferfish, *Sphoeroides annulatus*. *Helminthologia*, 48(1), 51–55. <https://doi.org/10.2478/s11687-011-0009-3>
- Hansen, H., Leshko, E., Rusch, J. C., Samokhvalov, I., Melnik, V., Muge, N., & Parshukov, A. (2022).** *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (Monogenea, Gyrodactylidae) spreads further—a consequence of rainbow trout farming in Northern Russia. *Aquatic Invasions*, 17(2). <https://doi.org/10.3391/ai.2022.17.2.06>
- Hoai, D. T., & Hutson, K. S. (2014).** Reproductive strategies of the insidious fish ectoparasite, *Neobenedenia* sp. (Capsalidae: Monogenea). *PLoS One*, 9(9), e108801. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108801>
- Hoai, T. D. (2020).** Reproductive strategies of parasitic flatworms (Platyhelminthes, Monogenea): the impact on parasite management in aquaculture. *Aquaculture International*, 28(1), 421–447. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00471-6>
- Jia, T., Meng, F. Y., Xu, W. J., & Fan, L. X. (2025).** Parasitic life and environment of monogenean: geometric morphometric study of haptor anchors in seven *Diplorchis* species (Monogenea: Polystomatidae). *BMC Zoology*, 10(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40850-025-00226-2>
- Jiang, Q., Bhattarai, N., Pahlow, M., & Xu, Z. (2022).** Environmental sustainability and footprints of global aquaculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106183. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106183>
- Kearn, G. (1986).** The eggs of Monogeneans. *Advances in Parasitology*, 25, 175–273. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60344-9](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60344-9)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Kearn, G. C., Ogawa, K., & Maeno, Y. (1992).** The oncomiracidium of *Heteraxine heterocerca*, a monogenean gill parasite of the yellowtail *Seriola quinqueradiata*. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, 35(6), 347–350.
- Lazard, J., Baruthio, A., Mathé, S., Rey-Valette, H., Chia, E., Clément, O., & René, F. (2010).** Aquaculture system diversity and sustainable development: fishfarms and their representation. *Aquatic Living Resources*, 23(2), 187–198. <https://doi.org/10.1051/alr/2010018>
- Lester, R. J. G., & Moore, B. R. (2015).** Parasites as valuable stock markers for fisheries in Australasia, East Asia and the Pacific Islands. *Parasitology*, 142(1), 36–53. <https://doi.org/10.1017/S003118201400016X>
- Lim, S. Y., Ooi, A. L., & Wong, W. L. (2016).** Gill monogeneans of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) from the wild and fish farms in Perak, Malaysia: infection dynamics and spatial distribution. *SpringerPlus*, 5(1), 1609. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3266-2>
- Liu, H. R., Liu, Y. M., Hou, T. L., Li, C. T., & Zhang, Q. Z. (2021).** Antiparasitic efficacy of crude plant extracts and compounds purified from plants against the fish monogenean *Neobenedenia girellae*. *Journal of Aquatic Animal Health*, 33(3), 155–161. <https://doi.org/10.1002/aah.10128>
- Llewellyn, J. (1963).** Larvae and larval development of monogeneans. *Advances in Parasitology*, 1, 287–326. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60506-0](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60506-0)
- López-Ceseña, J. A. G., Rodríguez-Montes de Oca, G. R., Hernández, A. B., Soto, M. N., & Grano-Maldonado, M. I. (2024).** Tratamiento para el control de *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp. asociados con mortalidad en tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Ciencias del Mar UAS*, 1(2), 30–58.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



López-Moreno, D., Yazdi, Z., Morales-Serna, F. N., Martínez-Brown, J. M., Ibarra-Castro, L., García-Gasca, A., & Soto, E. (2024). Respuesta histológica e inmune en el pez *Centropomus viridis* causadas por el parásito *Rhabdosynochus viridisi*. *Revista MVZ Córdoba*, 29(2). <https://doi.org/10.21897/rmvz.3381>

Maciel, P. O., Muniz, C. R., & Alves, R. R. (2017). Eggs hatching and oncomiracidia lifespan of *Dawestrema cycloancistrum*, a monogenean parasitic on *Arapaima gigas*. *Veterinary Parasitology*, 247, 57–63.

Mehlhorn, H. (2016). Worms (Helminths). In *Animal parasites: Diagnosis, treatment, prevention* (pp. 251–498). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46403-9_5

Mirabent-Casals, M., Caña-Bozada, V. H., Morales-Serna, F. N., Martínez-Brown, J. M., Medina-Guerrero, R. M., Hernández-Cornejo, R., & García-Gasca, A. (2025). Transcriptomic analysis of immune-related genes in Pacific white snook (*Centropomus viridis*) gills infected with the monogenean parasite *Rhabdosynochus viridisi*. *Parasitology International*, 104, Article 102981. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2024.102981>

Mo, T. A. (2024). The battle against the introduced pathogenic monogenean *Gyrodactylus salaris* in Norwegian Atlantic salmon rivers and fish farms. *Journal of Fish Diseases*, 47(9), Article e13981. <https://doi.org/10.1111/jfd.13981>

Morales-Serna, F. N., Chapa-López, M., Martínez-Brown, J. M., Ibarra-Castro, L., Medina-Guerrero, R. M., & Fajer-Ávila, E. J. (2018). Efficacy of praziquantel and a combination anthelmintic (Adecto®) in bath treatments against *Tagia ecuadori* and *Neobenedenia melleni* (Monogenea), parasites of bullseye puffer fish. *Aquaculture*, 492, 361–368. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.043>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Morales-Serna, F. N., López-Moreno, D., Velázquez Garay, J. A., & Rendón-Martínez, L. A. (2025).** Control of *Neobenedenia* sp. infestations in the ocean tank at Gran Acuario Mazatlán. *Parasitologia*, 5(2), Article 16. <https://doi.org/10.3390/parasitologia5020016>
- Nielsen, C. (2003).** Defining phyla: Morphological and molecular clues to metazoan evolution. *Evolution & Development*, 5(4), 386–393. <https://doi.org/10.1046/j.1525-142X.2003.03046.x>
- Paululat, A., & Purschke, G. (2025).** Platyhelminthes (Flatworms). In *Metazoa–Morphology and evolution of animals: A practical guide to the dissection and comparative study of animals* (pp. 27–47). Springer Berlin Heidelberg.
- Poulin, R., & Kamiya, T. (2015).** Parasites as biological tags of fish stocks: A meta-analysis of their discriminatory power. *Parasitology*, 142(1), 145–155. <https://doi.org/10.1017/S003118201400016X>
- Pulido-Flores, G. (2024).** Monogenea (Class). *Concepts in animal parasitology, Ectoparasites* (Vol. 5, pp. 733–742). Zea Books. <https://doi.org/10.32873/unl.dc.ciap060>
- Repullés-Albelda, A., Holzer, A. S., Raga, J. A., & Montero, F. E. (2012).** Oncomiracidial development, survival and swimming behaviour of the monogenean *Sparicotyle chrysophrii* (Van Beneden and Hesse, 1863). *Aquaculture*, 338, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.02.003>
- Revilla, D., García-Ándres, A., & Sánchez-Juárez, I. (2015).** Identification of key productive sectors in the Mexican economy. *Expert Journal of Economics*, 3(1), 22–39.
- Ribeiro, M. C., Lourenço-Marques, C., Baptista, T., Pousão-Ferreira, P., & Soares, F. (2025).** First report of *Calceostoma glandulosum* (Monogenea) in *Argyrosomus regius*: Morphological and molecular characterization and temperature effects on life cycle. *Aquaculture Research*, 2025, Article 9397751. <https://doi.org/10.1155/are/9397751>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Ridgway, R. L.** (2013). *Biological control by augmentation of natural enemies: Insect and mite control with parasites and predators* (11th ed.). Springer Science Business Media.
- Roohi, J. D., Asl, A. D., Pourkazemi, M., & Shamsi, S.** (2019). Occurrence of dactylogyrid and gyrodactylid Monogenea on common carp, *Cyprinus carpio*, in the Southern Caspian Sea Basin. *Parasitology International*, 73, Article 101977. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2019.101977>
- Rubtsova, N. Y., Heckmann, R. A., Smit, W. J., Luus-Powell, W. J., Halajian, A., & Roux, F.** (2018). Morphological studies of developmental stages of *Oculotrema hippopotami* (Monogenea: Polystomatidae) infecting the eye of *Hippopotamus amphibius* (Mammalia: Hippopotamidae) using SEM and EDXA with notes on histopathology. *The Korean Journal of Parasitology*, 56(5), 463–471. <https://doi.org/10.3347/kjp.2018.56.5.463>
- Tancredo, K. R., Marchiori, N. D., Pereira, S. A., & Martins, M. L.** (2019). Toxicity of formalin for fingerlings of *Cyprinus carpio* var. *koi* and *in vitro* efficacy against *Dactylogyrus minutus* Kulwiec, 1927 (Monogenea: Dactylogyridae). *Journal of Parasitic Diseases*, 43(1), 46–53. <https://doi.org/10.1007/s12639-018-1056-1>
- Trasviña-Moreno, A. G., Ascencio, F., Angulo, C., Hutson, K. S., Avilés-Quevedo, A., Inohuye-Rivera, R. B., & Pérez-Urbiola, J. C.** (2019). Plant extracts as a natural treatment against the fish ectoparasite *Neobenedenia* sp. (Monogenea: Capsalidae). *Journal of Helminthology*, 93(1), 57–65. <https://doi.org/10.1017/S0022149X17001122>
- Valles-Vega, G. I.** (2020). *Efecto de la temperatura en el sistema inmune de *Seriola rivoliana* contra la infestación de *Neobenedenia* sp.* [Effect of temperature on the immune system of *Seriola rivoliana* against *Neobenedenia* sp. infestation] [Doctoral dissertation, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR-IPN)]. Repositorio Institucional CIBNOR.

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Valles-Vega, I., Ascencio, F., Sicard-González, T., Angulo, C., Fajer-Avila, E. J., Inohuye-Rivera, R. B., & Pérez-Urbiola, J. C.** (2019). Effects of temperature on the life cycle of *Neobenedenia* sp. (Monogenea: Capsalidae) from *Seriola rivoliana* (Almaco jack) in Bahía de La Paz, BCS, México. *Parasitology Research*, 118(12), 3267–3277. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06460-1>
- Whittington, I. D., & Chisholm, L. A.** (2008). Diseases caused by Monogenea. In *Fish diseases* (Vol. 2, pp. 697–737). CRC Press.
- Whittington, I. D., Chisholm, L. A., & Rohde, K.** (2000). The larvae of Monogenea (Platyhelminthes). *Advances in Parasitology*, 44, 139–232. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60232-8](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60232-8)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revisión Científica

The role of Phytoplankton and climate change in marine ecosystems: from a biologist's point of view.

El papel del Fitoplancton y el cambio climático en los ecosistemas marinos: desde el punto de vista de un biólogo.

1. Jazmín Juárez-Lizárraga

0009-0007-1789-6594

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n, Mazatlán Sinaloa, 82000, México

2. Jennifer Z. Borrego-Durán

0000-0002-9600-7711

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n, Mazatlán Sinaloa, 82000, México

3. Jesús M. Quintero-Alvarez

0009-0002-7642-2931

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n, Mazatlán Sinaloa, 82000, México
Corresponding author: jesusmanuel45@hotmail.com

latindex



CREATIVE COMMONS

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



The role of Phytoplankton and climate change in marine ecosystems: from a biologist's point of view.

El papel del Fitoplancton y el cambio climático en los ecosistemas marinos: desde el punto de vista de un biólogo.

► ABSTRACT

The purpose of the present manuscript is pointing out the current state of knowledge of role of Phytoplankton and affections by climatic change. In this review we describe the ecological, biological and chemical importance of phytoplankton and its key role on trophodynamics in food webs. Thus, the manuscript abords some effects on phytoplankton by climatic change: Phytoplankton composition, Biomass reduction, migration of phytoplankton to poles, Acidification of oceans and proliferation of certain species and finally the proliferation of harmful algal blooms. Some mitigation and remediation actions are: use of clean and renewable energy, reduction of CO₂ emissions, reduction of nutrient runoffs to basin and recycling are some actually strategies in use to reduce the impact of human activities to climatic change.

Keywords: phytoplankton, climatic change, CO₂ emissions, Ocean Acidification, harmful algal blooms



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► RESUMEN

El propósito del presente manuscrito es puntualizar el estado de conocimiento de la función del Fitoplancton y sus afecciones por el cambio climático. En esta revisión, describimos la importancia ecológica, biológica y química del fitoplancton y su rol en la trofodinámica en las cadenas alimenticias. Así también se aborda los efectos del cambio climático sobre el fitoplancton: composición del fitoplancton, la reducción en biomasa, migración del fitoplancton hacia los polos, acidificación de los océanos y la aparición de ciertas especies y la proliferación de los florecimientos algales nocivos. Algunas medidas de mitigación y remediación son: el uso el uso de energía limpia y renovable, la reducción de las emisiones de CO₂, reducción de efluentes con nutrientes en las cuencas y el reciclado son algunas de las estrategias actuales para reducir el impacto de las actividades humanas sobre el cambio climático.

Palabras Clave: Fitoplancton, Cambio climático, Emisiones de CO₂, Acidificación del Océano, Florecimientos algales nocivos.

► INTRODUCCIÓN

Sea water contain several dissolved species including small cells called plankton. Plankton consists of two different taxa: phytoplankton and zooplankton. Phytoplankton is well represented by diatoms and dinoflagellates as calcarean microalgae (coccolithophores), green and yellow microalgae: pelagophytes and prasinophytes. And also, zooplankton species, which feed on phytoplankton Zooplankton is another component of ecological and biological importance for food webs (Field et al., 1998). They are found in superficial layer of the water column wherein the solar radiation is common until it reaches 200 m. These conditions include the production of oxygen, recycling from several nutrients, removal of CO₂ from the atmosphere and producing organic biomass through primary production (Winder & Sommer, 2012).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Zooplankton are animals (i.e. Krill), and phytoplankton are plants. As most plants do, phytoplankton can produce oxygen by photosynthesis when sufficient light is available, i.e., in the photic layer of the ocean during the daytime. The oxygen first comes to the water and eventually into the air through the sea surface, thus contributing to the total oxygen budget in the atmosphere. This contribution appears to be massive: It is estimated that about 70% of the Earth atmospheric oxygen is produced by the ocean phytoplankton (Harris, 1986; Moss, 2010).

Plankton not only is a key element of the marine food web, but also have a significant effect on the climate (Charlson et al., 1987; Williamson & Gribbin, 1991) and the composition of the atmosphere, in particular on the amount of oxygen (Harris, 1986; Moss, 2009). Comparing the phytoplankton biomass to land and wet plants, phytoplankton represent just a few 1% which corresponds to global biomass of the world. However, is more efficient in the production of O_2 and the best in capture atmospheric CO_2 .

This biological carbon pump exports approximately 5–12 gigatonnes of carbon per year, from the surface to the mesopelagic layer, from which approximately 0.2 Gigatonnes is stored in sediment for millennia (Ciais et al., 2013), thus contributing to the vertical gradient of carbon in the ocean.

Correspondingly, one can expect that a decrease in the rate of the oxygen production by phytoplankton may have catastrophic consequences for life on Earth, possibly resulting in mass extinction of animal species, including the mankind. Therefore, identification of potential threats to the oxygen production is literally an issue of vital importance.

For these reasons phytoplankton in our world is a keystone to limnetic, marine, and brackish water are supported in and provides food source to all living organisms including to human beings.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



1.- Phytoplankton in oceans

1.1 Base of Food Web

In nature, phytoplankton are composed by chlorophyll cells and are responsible for the photosynthesis process, in order to produce organic compound since inorganic compounds (Equation 1). According to Pimm & Cohen (1991), phytoplankton is considered as the first step of food chain and plays a key role in the transferring of nutrients and energy helping to support ecological ecosystems.

Hypothetically a food chain is compound by several steps as primary producers, primary consumers, secondary consumers, tertiary consumers, omnivorous and apex predators. Primary producers are phytoplankton, green plants, seaweeds and phytobenthos, they are capable of transferring nutrients to upper steps e.g. primary consumers: Zooplankton, Filtering feeders: bivalves, detritivores biota: crabs and snails, small fishes until enormous whales (Pershing & Stamieszkin, 2020). Trying to figure it out the number of plankton required to keep in good health to these giants of oceans, practically is impossible to quantify the budget of organic matter to consume by these big whales. Indicating unequivocally the importance of phytoplankton in aquatic ecosystems. In Figure 1, different type of phytoplankton and Zooplankton located in nearly coast of Mazatlan Bay are showed.

Also is known about the scarcity of plankton and the negative impact of food webs, inclusive provoking a cascading effect wherein some trophic nodes are dissolved by the absent of plankton capable of supporting the food webs (Murphy et al., 2019). Therefore, is vital to monitoring the level of nutrients (carbon, nitrogen and phosphorous) in order to reduce the excess of nutrients and diminishing presence of toxic phytoplankton that may produce deleterious effects in biota and death even.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

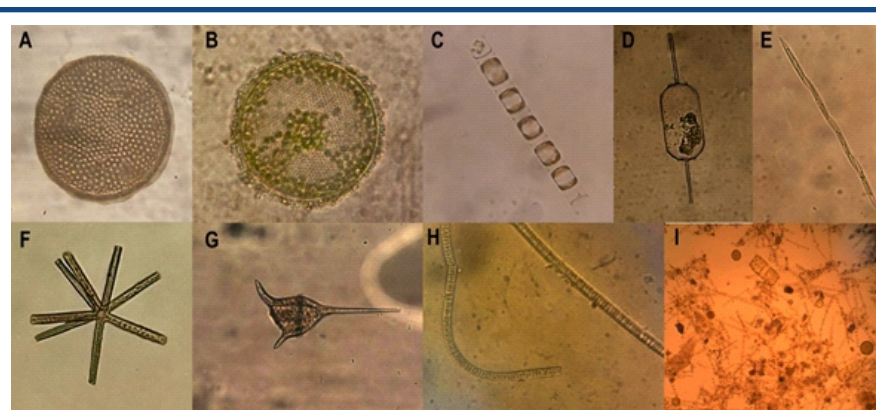
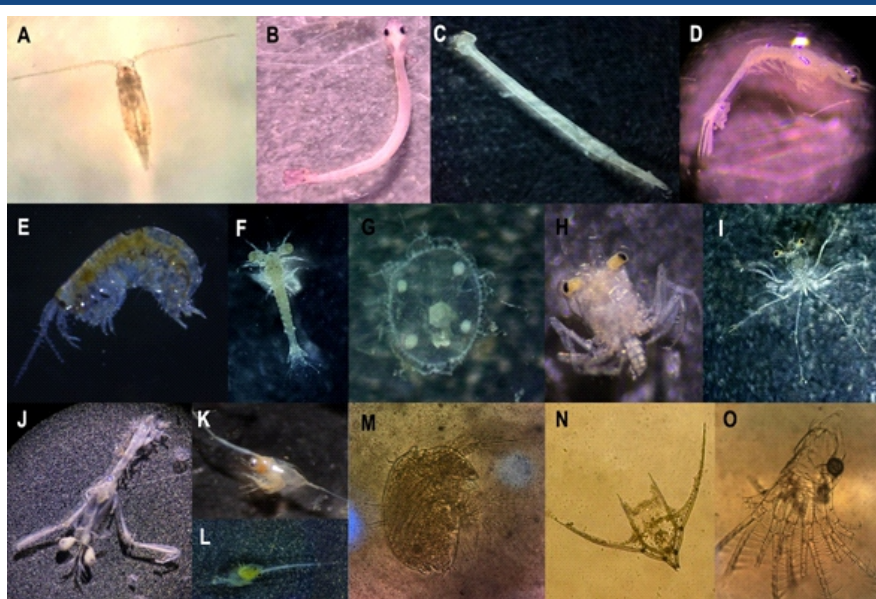


Fig. 1. Phytoplankton: A. *Coscinodiscus* sp., B. *Coscinodiscus granii*, C. *Skeletonema costatum*, D. *Ditylum brightwelli*, E. *Pseudo-nitzschia pungens*, F. *Thalassionema nitzschioides*, G. *Ceratium* sp., H. Filamentous cyanobacteria, I. Mix of phytoplankton 10X objective.



A. Copepode, B Fish larva, C. Chaetognatha, D Shrimp postlarvae, E. Amphipods, F. Shrimp zoea, G. Jellyfish larva, H. Megalopa of brachiura, I. Lobster Phyllosoma J. Stomatopod, K. Zoeae of brachiura, L. Zoea of brachiura, M. nauplius, N. Equinoderm larvae, O. Barnacle exuvium.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

1.1 Oxygen production

Due to physiological condition as primary producers; phytoplankton, macroalgae and cyanobacteria are capable of produce oxygen as a waste subproduct in the following reaction:



The photosynthesis reaction starts with two keys reactive: 6 molecules of CO_2 and 6 molecules of H_2O molecules in presence of light (400-700 nm), as a result the formation of sugar (glucose: energy) and a sub product six molecules of appreciated oxygen. In this way, primary producers transform the old and toxic atmosphere to an oxidative atmosphere capable to support life in both: terrestrial crust and oceans.

In the global oxygen production, oceans apport to atmosphere about 50 and 85 % of oxygen per year to earth planet. The O_2 annual budget is at least 27.000 million of tons per year. In other words: six of seven oxygen molecules come from oceans. The “responsible” of these productions are microalgae and cyanobacteria (Dwivedi & Ahmad, 2023).

On June 6th 2024, Sweetman et al. (2024) reported evidence of “dark oxygen production” at abyssal sea floor using chamber experiments and polymetallic nodules-covered abyssal seafloor, in which O_2 increased over two days more than 3 times the background concentrations, which from *ex situ* incubations, attributing to polymetallic nodules. They hypothesized the sea water electrolysis may contribute to this dark oxygen production.

2.- Key factors which affect the phytoplanktonic composition:

Phytoplankton dynamics are linked to several factors as annual fluctuations of temperature, water column stratification, light availability, and consumption by predation: grazing (Sommer et al., 1989; Cloern, 1996).

Temperature directly affects plant metabolism, which consists of both photosynthetic and respiratory activity, while metabolic rates of primary producers are primarily limited by photosynthesis (Dewar et al., 1999).

Vertical mixing is one of the key variables that conditions the growth performance of phytoplankton within the water column (Diehl et al., 2002; Salmaso, 2005), because mixing processes are usually



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

accompanied by changes in resource availability of light and nutrients. Vertical mixing of natural waters is largely determined by meteorological variables. Heat exchange processes and wind action create two opposing tendencies—the tendency to stratify and suppress mixing, and the tendency for inputs of turbulent kinetic energy to promote mixing (Wetzel, 2001). The seasonal cycle of summer stratification and winter mixing is a product of the time varying nature of these two tendencies.

2.1 Effects of global warming on phytoplankton composition

As mention in previous paragraphs, water mixing also affects nutrient availability for phytoplankton growth. Enhanced water column stratification suppresses the upward flux nutrients from deep-waters layer trough vertical mixing resulting in more nutrient-depleted conditions in surface water (Livingstone, 2003; Schnittner et al., 2005). Also altering mixing regimens affects the competitive advantage of specifical algal cell type, that are better competitor for nutrients (Falkowski & Oliver, 2007) and are able to maintain their vertical position in the water column (Huisman et al., 2004) (Fig. 2).

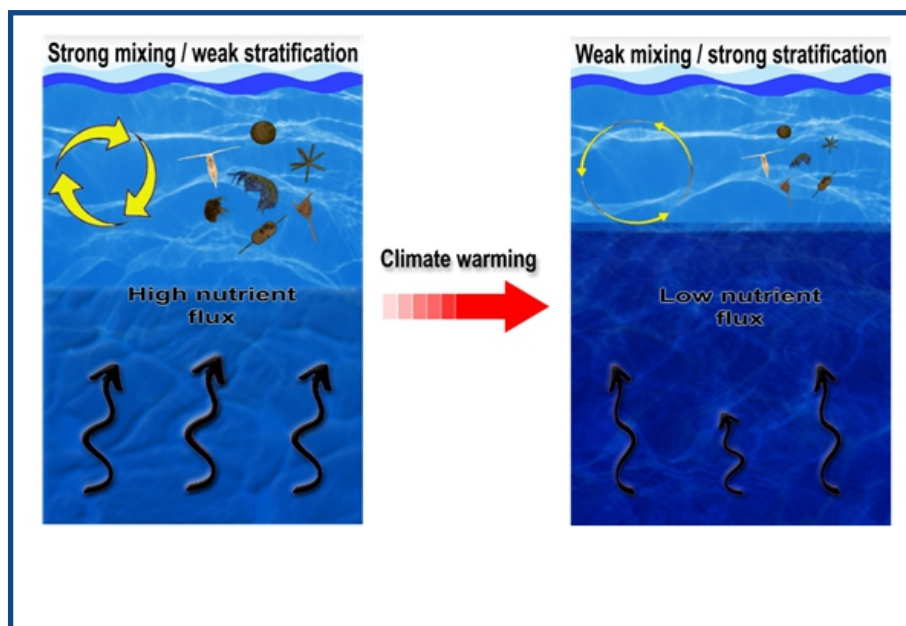


Fig. 2. Global warming effect on water column stratification (yellow arrows), associated nutrient distribution (black arrows) and plankton communities, modified from Winder & Sommer (2012).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



In eutrophic ecosystems, there is a reduction of vertical mixing will shift the competitive advantage between buoyant cyanobacteria and sinking phytoplankton species (Huisman et al., 2004). Intense stratification can also increase hypolimnetic oxygen with oxygen depletion which has increased consequences for internal nutrient loading both for lake and oceans. Also, climatic change may increase the phosphorous natural budget due to anoxic conditions resulting from the eutrophication process.

Climatic change effect is observed in the frequent of plentiful rains and droughts since 1970's. provoking changes in the nutrient profiles in runoffs to aquatic environments (IPCC, 2007). Increasing the runoff, also may modify the nutrient ratios in certain type of systems depending on some factors: biogeochemical cycles, adaptation and type of phytoplankton.

For example, phytoplankton and cyanobacteria biomass is related to air temperature that controls the export of nitrogen and dissolved organic carbon from basin. Indicating that climatic change affects the balance between phytoplankton and bacterial production (Jansson et al., 2010).

For coastal region, like Mazatlan city, enhanced upwelling due to increasing temperature gradient between land and sea which will increase nutrient availability and stimulate the phytoplankton production (Rabalais et al., 2002). The main factors that commonly cause hypoxia are stratification and excess nutrient supply. Strong density stratification isolates deeper layers from the surface, where the most important inputs (gas exchange and photosynthesis) occur. A large nutrient supply induces high primary production and algal blooms in the surface and causes hypoxia in two ways: the resulting turbidity limits light penetration and inhibits primary production in deeper layers, and the organic matter excess depletes the available oxygen when it is consumed and oxidated (Fennel & Testa, 2019). This phenomenon is seen particularly in estuarine and costal lagoon, wherein high mortalities of fish occurred by depletion of oxygen in the aquatic systems.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



2.2 Climate effects on phytoplankton profile

The abundance of phytoplankton, distribution, size and structure of phytoplankton depends on some factors as resource availability, density dependence and predation that shape the phytoplankton profile.

Despite this complexity of interacting processes, some widespread climate-related responses have emerged, and the mechanisms involved in climate-related changes are becoming better understood (Richardson, 2008; Adrian et al., 2009). Impacts of climate change on plankton are mainly manifested as shifts in seasonal dynamics, species composition, and population size structure.

2.3 Global warming and phytoplankton biomass reduction

Global warming affects on phytoplankton proliferation and biomass by the stratification of the water column, this implicates an unadequate flux of nutrients and posteriorly the mix of those nutrients reducing the availability of nutrients and the proliferation of phytoplankton.

Behrenfeld et al. (2009) by using satellite data pointed out a significant decrease in phytoplankton and primary production in tropical and subtropical oceans due an ocean stratification caused by warmer surface water, which prevents nutrient-rich water from mixing upwards.

2.4 Global warming and changes in size and phytoplankton structure

Daufresne et al. (2009) found that global warming benefits smaller organisms in aquatic ecosystems by causing a general reduction in the body size of aquatic life. This change in body size occurs across multiple levels of biological organization, from individuals to entire communities. The researchers concluded that this trend is a universal ecological response to global warming, along with shifts in species ranges and seasonal shifts in life cycle event



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



3. Phytoplankton and migrations to poles

There is evidence of restricting of marine plankton assemblages under global warming. Beneditti et al. (2021) use an ensemble of species distribution models for a total of 336 phytoplankton and 524 zooplankton species to determine their present and future habitat suitability patterns. For the end of this century, under a high emission scenario, they pointing out an overall increase in plankton species driven by ocean warming, and a poleward shift of the species distributions at a median speed of 35 km/decade.

Phytoplankton species richness is projected to increase by more than 16% over most regions except for the Arctic Ocean. In contrast, zooplankton richness is projected to slightly decline in the tropics, but to increase strongly in temperate to subpolar latitudes. In these latitudes, nearly 40% of the phytoplankton and zooplankton assemblages are replaced by poleward shifting species. This implies that climate change threatens the contribution of plankton communities to plankton-mediated ecosystem services such as biological carbon sequestration.

Furthermore, Agarwal et al. (2024), detected a change in the color in the oceans. From tropical regions related to the increase or diminish of diverse types of phytoplankton. This change of color in chlorophyll indicates a structural change in phytoplanktonic composition.

Also, Cael et al. (2023) analyzed more than 20 years of continuous data were thought to be needed to detect a trend driven by climate change. They show that climate-change trends emerge more rapidly in ocean color (remote-sensing reflectance, R_{rs}). The focus in a 20-year time series from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) aboard the Aqua satellite, and find significant trends in R_{rs} for 56% of the global surface ocean, mainly equatorward of 40°.

The climate-change signal in R_{rs} emerges after 20 years in similar regions covering a similar fraction of the ocean in a state-of-the-art ecosystem model, which suggests that observed trends indicate shifts in ocean colour-and, by extension, in surface-ocean ecosystems-that are driven by climate change. On the whole, low-latitude oceans have become greener in the past 20 years.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

4. Acidification of oceans and phytoplankton:

The constant and increasing levels of CO_2 provokes the acidification in oceans. Furthermore, being the habitat for many species, oceans are like carbon sinkers dumpers absorbing 30% of the CO_2 that human release to atmosphere. Some chemical compounds are involving CO_2 , H_2O and HCO_3^- , the chemical volatility of HCO_3^- produce an excess of H^+ which reacts with CO_3^{2-} becoming acid conditions to oceans. Since the Industrial Revolution, the average pH of surface ocean waters has fallen by approximately 0.1 pH units, which represents a roughly 30% increase in acidity (Middelburg et al., 2020).

Dutkiewicz et al., (2015) used a numeric method in order to show the impact of oceanic acidification and global warming in the structure of phytoplankton, resulting effects for the next 2100 years. 96 species were tested under future adverse conditions instead a single reaction by specie. They found a global phytoplankton restructure by acidification. Some species non calcareous like cyanobacteria will be benefit by increasing of CO_2 and but no good prognostic was shown for calcarous cells.

Calcarous phytoplankton (called coccolitophores) they will be detrimental by decreasing the pH scale. Provoking acid conditions, affecting to this kind of phytoplankton, its growth and consequently survival. Therefore, migration of phytoplankton to avoid adverse conditions forcing to them to look for better locations for its proliferation (poles) (Middelburg et al., 2020).

Finally, the acidification and global warming provoke an alteration in high scale, resulting in alterations and breaking down of some trophic relationship (prey-predator), occasioning a trophic collapse in sensitive food webs and alteration in biogeochemical process.

5. Harmful algal bloom (HABs)

The harmful algal blooms occurs when microscopic algal colonies (phytoplankton, diatoms, dinoflagellates and cyanobacterias) growth so fast and uncontrolled way until reach high concentration (thousands or millions of cellules per mililiter (Well et al., 2021).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



They are not harmful for its fast growing (often coloring the surface water of red or green colors), is because the provoke:

1.- Toxins: toxic compounds (phycotoxines) occasioning deleterious effect in biota and humans.

2.- Hypoxia environments: As soon as harmful phytoplankton died, cyanobacteria readily consume high level of dissolved oxygen to digest them, provoking “death or anoxic zones” where in oxygen levels are depleted.

Considering of HABs as a unique factor that allow the hyper production of this cells is not enough, is required to considers some factors as: increasing CO₂ in sea waters, increasing of temperature, high volumes of nitrogen, iron and phosphorous and acidification of sea. All together provoke the proliferation of these blooms of algae with the consequences previously mentioned.

Its is important to mention that Well et al. (2021) provide a good approach and show the interaction of climatic change and HABs. This material is basic to immersed into HABs and climatic change.

► REFERENCES

- Adrian, R., O'Reilly, C. M., Zagarese, H., Baines, S. B., Hessen, D. O., Keller, W., Livingstone, D.M., Sommaruga, R., Straile, D., Donk, E.V., Weyhenmeyer, G.A., Winder, M. (2009).** Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and oceanography*, 54 (6 part 2), 2283 - 2297 . https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.6_part_2.2283
- Agarwal, V., Chávez-Casillas, J., Inomura, K., Mou, C.B. (2024).** Patterns in the temporal complexity of global chlorophyll concentration. *Nature Communications* 15, 1522 <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45976-8>
- Behrenfeld, M. J., Westberry, T. K., Boss, E., O'malley, R. T., Siegel, D. A., Wiggert, J. D., Franz, C.R., McClain C.R., Feldman, G.C., Doney, S.C., Moore, J.K., Dall'Ólmo G., Milligan A. I., Lima, I., Mahowald, N. (2009).** Satellite-detected fluorescence reveals global physiology of ocean phytoplankton. *Biogeosciences*, 6(5), 779-794. <https://doi.org/10.5194/bg-6-779-2009>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Benedetti, F., Vogt, M., Elizondo, U. H., Righetti, D., Zimmermann, N. E., & Gruber, N. (2021).** Major restructuring of marine plankton assemblages under global warming. *Nature communications*, 12(1), 5226. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25385-x>
- Cael, B. B., Bisson, K., Boss, E., Dutkiewicz, S., & Henson, S. (2023).** Global climate-change trends detected in indicators of ocean ecology. *Nature*, 619(7970), 551-554. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06321-z>
- Cloern, J. E. (1996).** Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: a review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Reviews of Geophysics*, 34(2), 127-168. <https://doi.org/10.1029/96RG00986>
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., & House, J. I. (2014).** Carbon and other biogeochemical cycles. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 465-570). Cambridge University Press.
- Daufresne, M., Lengfellner, K., & Sommer, U. (2009).** Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(31), 12788-12793. <https://doi.org/10.1073/pnas.0902080106>
- Dewar, R. C., Medlyn, B. E., & Mcmurtrie, R. E. (1999).** Acclimation of the respiration/photosynthesis ratio to temperature: insights from a model. *Global change biology*, 5(5), 615-622. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.199>
- Diehl, S., Berger, S., Ptacnik, R., & Wild, A. (2002).** Phytoplankton, light, and nutrients in a gradient of mixing depths: field experiments. *Ecology*, 83(2), 399-411.
- Dutkiewicz, S., Morris, J. J., Follows, M. J., Scott, J., Levitan, O., Dyhrman, S. T., & Berman-Frank, I. (2015).** Impact of ocean acidification on the structure of future phytoplankton communities. *Nature Climate Change*, 5(11), 1002-1006. <https://doi.org/10.1038/nclimate2722>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



- Dwivedi, S., & Ahmad, I. Z. (2023).** Cyanobacteria in Ocean. *Current Status of Marine Water Microbiology*, 47-66.
- Falkowski, P. G., & Oliver, M. J. (2007).** Mix and match: how climate selects phytoplankton. *Nature reviews microbiology*, 5(10), 813-819. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1751>
- Fennel, K., & Testa, J. M. (2019).** Biogeochemical controls on coastal hypoxia. *Annual review of marine science*, 11(1), 105-130. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010318-095138>
- Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., & Falkowski, P. G. (1998).** Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281(5374), 237-240. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237>
- Huisman, J., Sharples, J., Stroom, J. M., Visser, P. M., Kardinaal, W. E. A., Verspagen, J. M., & Sommeijer, B. (2004).** Changes in turbulent mixing shift competition for light between phytoplankton species. *Ecology*, 85(11), 2960-2970.
- IPCC, (2007).** Intergovernmental Panel on Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editors: Core Writing Team, Pachauri, R. K., & Reisinger, A. Publisher: IPCC, Geneva, Switzerland.
- Livingstone, D. M. (2003).** Impact of secular climate change on the thermal structure of a large temperate central European lake. *Climatic change*, 57(1), 205-225. <https://doi.org/10.1023/A:1022119503144>
- Middelburg, J. J., Soetaert, K., & Hagens, M. (2020).** Ocean alkalinity, buffering and biogeochemical processes. *Reviews of Geophysics*, 58(3), e2019RG000681. <https://doi.org/10.1029/2019RG000681>
- Murphy, C. A., Arismendi, I., Taylor, G. A., & Johnson, S. L. (2019).** Evidence for lasting alterations to aquatic food webs with short-duration reservoir draining. *PLoS One*, 14(2), e0211870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211870>
- Moss, B. (2010).** *Ecology of fresh waters: a view for the twenty-first century*. John Wiley & Sons



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

- Pershing, A. J., & Stamieszkin, K. (2020).** The North Atlantic ecosystem, from plankton to whales. *Annual Review of Marine Science*, 12(1), 339-359. DOI: [10.1146/annurev-marine-010419-010752](https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010419-010752)
- Pimm, S. L., Lawton, J. H., & Cohen, J. E. (1991).** Food web patterns and their consequences. *Nature*, 350(6320), 669-674. <https://doi.org/10.1038/350669a0>
- Jansson, C., Wulschleger, S. D., Kalluri, U. C., & Tuskan, G. A. (2010).** Phytosequestration: carbon biosequestration by plants and the prospects of genetic engineering. *Bioscience*, 60(9), 685-696. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.9.6>
- Rabalais, N. N., Cai, W. J., Carstensen, J., Conley, D. J., Fry, B., Hu, X., ... & Zhang, J. (2014).** Eutrophication-driven deoxygenation in the coastal ocean. *Oceanography*, 27(1), 172-183. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2014.21>
- Richardson, A. J. (2008).** In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 65(3), 279-295. <https://doi.org/10.1093/ICESJMS/FSN028>
- Salmaso, N. (2005).** Effects of climatic fluctuations and vertical mixing on the interannual trophic variability of Lake Garda, Italy. *Limnology and Oceanography*, 50(2), 553-565.
- Schmittner, A., Oschlies, A., Giraud, X., Eby, M., & Simmons, H. L. (2005).** A global model of the marine ecosystem for long-term simulations: Sensitivity to ocean mixing, buoyancy forcing, particle sinking, and dissolved organic matter cycling. *Global Biogeochemical Cycles*, 19(3). <https://doi.org/10.1029/2004GB002283>
- Sommer, U., 1989.** Plankton Ecology: Succession in Plankton Communities. Springer, Berlin Sweetman, AK, Smith, AJ, de Jonge, DSW *et al.* Evidencia de producción de oxígeno oscuro en el fondo marino abisal. *Nat. Geosci.* 17, 737-739 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01480-8>
- Wells, M., Burford, M., Kremp, A., Montresor, M., Pitcher, G., Richardson, A., ... & Chapra, S. (2021).** Guidelines for the study of climate change effects on HABs. <https://doi.org/10.25607/OBP-1692>.



- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: lake and river ecosystems*. gulf professional publishing.
- Winder, M., & Sommer, U. (2012). Phytoplankton response to a changing climate. *Hydrobiologia*, 698(1), 5-16. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1149-2>
- Zhang, Z. (2025). *Responses of Marine Diatoms to Changing pCO₂: Elemental Homeostasis and Metal Toxicity* (Doctoral dissertation, Hong Kong University of Science and Technology (Hong Kong)).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revisión Científica

Camarón: el llamado oro del mar

Shrimp: The Gold of the Sea



1. Yanira Leyva Vázquez



0000-0002-8957-905X

Programa de Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos. Facultad de Ciencias del Mar, UAS. AP. 610. CP 82000. Mazatlán, Sinaloa. Autor de correspondencia: yanira_facimar@uas.edu.mx



2. Guillermo Rodríguez Domínguez



0000-0002-5612-5131

Universidad Politécnica de Escuinapa. Camino Al Gausimal s/n., Noroeste de Zona Ejidal. Escuinapa de Hidalgo, Sinaloa, CP 82400. México.



3. Horacio Alberto Muñoz Rubí

Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable. Calzada Sábalo-Cerritos, Estero el Yugo s/n AP 177. Mazatlán, Sinaloa.



4. Jorge Saúl Ramírez Pérez

Facultad de Ciencias del Mar, UAS. AP. 610. CP 82000. Mazatlán, Sinaloa



5. Juan Francisco Arzola González



0000-0003-3349-1021

Programa de Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos. Facultad de Ciencias del Mar, UAS. AP. 610. CP 82000. Mazatlán, Sinaloa.



Camarón: el llamado oro del mar

Shrimp: The Gold of the Sea

► RESUMEN

Se presenta un panorama general de la pesca del camarón en Sinaloa, su captura histórica comercial y sus diferentes artes de captura por los pescadores ribereños y de altamar. Es importante entender la complejidad de problemas biológicos y sociales que involucran en conjunto a los pescadores y autoridades responsables del manejo de la pesquería del camarón en las costas del noroeste de México. Solamente así, se podrían tomar las mejores decisiones biológicas y administrativas sobre la pesquería del camarón: el llamado *oro de mar*.

Palabras clave: Pesquería de camarón, capturas, manejo pesquero

► ABSTRACT

This paper presents an overview of Sinaloa's shrimp fishery, including its historical commercial catches and the various fishing gears used by both small-scale (artisanal) and industrial fleets. Understanding the complexity of the biological and social issues that jointly involve fishers and the authorities responsible for managing the shrimp fishery along the northwestern coast of Mexico is essential. Only through such understanding can informed biological and administrative decisions be made concerning the shrimp fishery: the so-called *gold of the sea*.

Keywords: Shrimp fishery, catch, Fisheries management



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► INTRODUCCIÓN

México presenta franjas litorales con una extensión de 8,475 km a lo largo del Océano Pacífico y de 3,294 km a lo largo del Océano Atlántico y Golfo de México, de manera que la pesca constituye una de las principales actividades en nuestro país. La pesquería más importante por su valor económico e impacto social es el camarón, el llamado “oro del mar”, aunque en volumen se encuentra posicionado en tercer lugar en la producción pesquera, conforme a su valor, se posiciona en primer lugar, con una participación del 43% del valor total de producción pesquera en México, superando los 20 mil 333 millones de pesos en 2024. En lo que refiere a las exportaciones ocupa el tercer lugar, lo que lo convierte como uno de los productos pesqueros nacionales más importantes que se comercializan en el ámbito internacional, siendo Estados Unidos de América, y Japón sus principales destinos. representando ingresos mayores a los 142 y 6.8 millones de dólares respectivamente (CONAPESCA, 2024).

De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera (CNP) (2017), en el Pacífico mexicano, los estados de Sinaloa y Sonora son los principales productores con el 43 y 38% de la captura, respectivamente. Esta captura está representada por las siguientes especies: *Penaeus vannamei* “camarón blanco”, *Penaeus stylirostris* “camarón azul”, *Penaeus californiensis* “camarón café” y *Penaeus brevisrostris* “camarón rojo o cristal”, el camarón azul domina en aguas protegidas y el camarón café en altamar (DOF, 2018), aunque el camarón azul, figura como el más importante y la especie preeminente para la mayoría de los pescadores del noroeste de México ya que alcanza las mayores tallas (Figura 1).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Figura 1. Camarón (Penaeus stylirostris) en el Pacífico mexicano.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Un poco de historia

La pesca del camarón en Sinaloa data desde épocas prehispánicas, un ejemplo de ello son las construcciones de artes de pesca artesanal de los llamados “tapos”, estas estructuras funcionan como una barrera por su construcción de carrizos tejidos. En los meses donde las mareas son más fuertes, el mar empuja hacia las marismas o esteros gran cantidad de peces y camarones, y cuando la marea empieza a bajar, los pescadores rápidamente colocan los “tapos” atravesando los canales de las salidas de agua y así evitar que estos animales salgan, pero permitiendo el flujo del agua. Lo anterior refleja el gran conocimiento de los pescadores indígenas sobre el comportamiento de los camarones, los efectos de la Luna, las corrientes, vientos y mareas de los esteros y marismas, tan es así, que estas artes de pesca aún son elaboradas y utilizadas por los pescadores del sur de Sinaloa y norte de Nayarit (Morán-Angulo y Flores-Campaña, 2015).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Por otro lado, el surgimiento de la pesca industrial de camarón inicia en 1921, cuando se empezaron a realizar los primeros embarques en el puerto de Topolobampo. En 1925 surgió la primera Ley de Pesca y pocos años después, con la Ley de Pesca de 1932, se les da prioridad a los pescadores de las comunidades pesqueras para explotar el camarón, dando origen a las organizaciones pesqueras (cooperativas).

En esta década llegan las primeras embarcaciones japonesas a las costas de Sinaloa, lo que significó un desarrollo importante en la pesca industrial de camarón, estas embarcaciones, además de que tenían mayor capacidad para la captura del camarón, traían consigo un sistema de pesca llamado “trawl” (chango); este sistema es lo que se conoce como pesca de arrastre en el que se tiran las redes, se arrastran en el fondo del océano y se traen consigo todo lo que puedan atrapar. En ese tiempo, ya había unos 800 pescadores mexicanos trabajando en la pesca del camarón. Aunque al principio los japoneses no querían enseñar ni transferir conocimiento de las técnicas y equipos de pesca, cedieron como condición de permanecer en nuestro país, de tal manera que su sistema de pesca perduraría, al punto que hoy en día se conservan gran parte de las técnicas y forma de organización del trabajo dentro del barco camaronero, sentando así las bases para la conformación del oficio de la pesca industrial del camarón en Sinaloa (Peláez-González, 2017).

¿Quiénes intervienen en la pesca de camarón?

En Sinaloa, la explotación pesquera la realizan principalmente dos flotas: la flota ribereña o flota artesanal y la flota industrial también llamada de altamar. La pesca realizada por la flota ribereña ocurre en los esteros, estuarios, lagunas y aguas marinas costeras y se dirige principalmente a los juveniles. Particularmente en el sur de Sinaloa, los pescadores construyen barreras llamadas “tapos” en los esteros para evitar que los camarones juveniles se dirijan hacia el mar abierto (Arzola-González y Flores-Campaña, 2008). En dichos tapos, la pesca se realiza con atarrayas, en embarcaciones menores muy pequeñas llamadas canoas (Figura 2). En el resto del estado la flota ribereña utiliza artes de pesca conocidos como chinchorros, atarrayas, atarrayas



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



“suriperas” y redes camaroneras de arrastre también conocidas como “changos”, según la NOM-002-SAG/PESC-2013, el chinchorro de línea es una red de enmalle de forma rectangular conformada por un paño de red de hilo monofilamento cuyos lados más largos están unidos a cabos o líneas de soporte denominadas “relingas”. Llevan flotadores en la relinga superior y plomos en la inferior, confiriéndole a la red la cualidad de mantener el paño extendido y de poderse desplazar en el agua en función de la corriente, con la relinga inferior tocando el fondo (lecho de la zona de pesca). Las atarrayas son un arte de pesca del tipo activo (movibles durante su operación), que forma un círculo de red cuando está extendida y lleva una línea de plomos a lo largo de su perímetro (Figura 3), la atarraya “suripera” también conocida como “dragona” también es un arte de pesca del tipo activo construida con paño de red, consta de una guía denominada “falda” de forma similar a una semiatarraya (semicono), cuya parte más ancha lleva una línea de plomos y va rozando el fondo durante la operación de pesca. Al final de la parte más angosta del semicono, tiene dos o más bolsos o copos de red llamados mataderos, donde se concentran las capturas también. Por último, las redes camaroneras de arrastre consisten en redes de forma cónica que forman un bolso que al remolcarse deslizándolas sobre el fondo marino filtran el agua reteniendo los organismos que se encuentran a su paso. Las capturas con estas artes de pesca realizadas por los ribereños se dirigen principalmente a los juveniles de etapa tardía, pre-adultos y adultos y se utilizan a bordo de embarcaciones menores denominadas pangas (de 7 m de largo) con motor fuera de borda. La pesca industrial se realiza en mar abierto y se dirige a los adultos utilizando embarcaciones mayores o barcos (de 18 a 23 m de largo) equipados con dos redes de arrastre (changos) pero de mayor dimensión que la de los ribereños y cuentan con una autonomía mínima de 20 días en el mar (Leyva-Vázquez *et al.*, 2021).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Figura 2. Embarcación menor “canoa”, al fondo el arte de pesca artesanal “tapo” en el sur de Sinaloa. Laguna Huizache-Caimanero.



Figura 3. Pesca artesanal con atarraya en bahía.

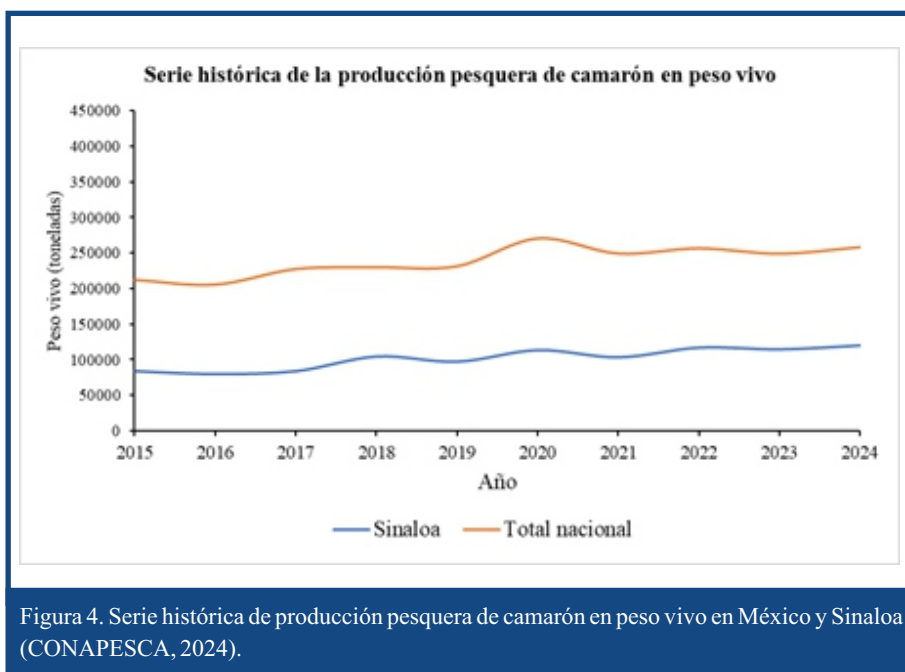


OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Camarón en números

Hasta el año 2024, Sinaloa reporta una población pesquera integrada por 54,941 pescadores, 71 plantas procesadoras, 404 embarcaciones mayores activas y 12,558 embarcaciones ribereñas activas dedicadas a la captura de diversas especies (CONAPESCA, 2024). En el caso particular de la pesca de camarón en México, existen 685 embarcaciones mayores registradas a nivel nacional, de las cuales, 310 corresponden a la flota de altura sinaloense. Asimismo, de las 49,964 embarcaciones ribereñas que operan en el Litoral del Pacífico mexicano, 12,558 pertenecen a la pesca ribereña de Sinaloa. En el año 2024, Sinaloa aportó más del 46% del valor total de la producción nacional en peso vivo, con una captura estimada de 120,610 toneladas, en comparación con las 258,577 toneladas de camarón producidas a nivel nacional (Figura 4) (CONAPESCA, 2024). Esta participación confirma el papel preponderante del estado en la pesca de camarón y en la economía pesquera nacional.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Por eso este recurso camaronero es llamado “el oro del mar”, y no solo por su valor económico y social sino también porque es un producto distinguido para el paladar de muchos comensales dada su versatilidad en su preparación y a sus diferentes presentaciones. Se puede comer de una infinidad de formas, y preparar de manera sencilla y fácil, desde crudos o cocidos o elaborados en platillos sofisticados o gourmet.

Retos de la pesquería

Esta pesquería se considera de tipo secuencial, es decir, en su fase juvenil el camarón es capturado por los pescadores artesanales en los esteros y lagunas costeras, mientras que en su fase adulta es capturado por la flota industrial, lo que refleja la gran complejidad de su manejo, ya que se aplican diferentes artes y zonas de pesca, lo que genera también conflicto social entre ambos sectores.

El problema de la sobrepesca; la CNP establece que este recurso se encuentra aprovechado al máximo sustentable y recomiendan no incrementar el esfuerzo pesquero, es decir, no se autorizan nuevos permisos de pesca de camarón. Aunque el gobierno federal ha impulsado la reducción del esfuerzo pesquero mediante la implementación de un programa de retiro voluntario de embarcaciones camaroneras, los resultados han sido limitados. Entre 2011 y 2016 se logró el retiro de únicamente 80 embarcaciones (CONAPESCA, 2017), lo que refleja un avance moderado en la desincorporación de la flota activa. No obstante, entre 2015 y 2024 se observa una disminución más significativa en el número de embarcaciones mayores, que pasó de 1,102 a 685 unidades (CONAPESCA, 2023), lo cual podría estar más asociado a factores económicos, tecnológicos y de rentabilidad que han influido en la dinámica del sector camaronero.

La pesca furtiva es otro problema que resulta entre algunas cosas la falta de vigilancia por parte de la autoridad y falta de oportunidades para el sector pesquero. Cabe mencionar que la pesca del camarón se rige por la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SAG/PESC-2013 la cual tiene por objeto establecer las especificaciones técnicas, criterios y procedimientos para regular la pesca de camarón, con el propósito de contribuir a la preservación, conservación y aprovechamiento



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



sustentable de las poblaciones de las distintas especies en los sistemas lagunares estuarinos, bahías, marismas y aguas marinas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos (DOF, 2013), y se requiere para su extracción de Permiso de Pesca Comercial o Concesión de Pesca para el Camarón; hoy en día hay muchos pescadores que se dedican a la pesca de este recurso que no están regularizados aumentando así la problemática por la falta de un ordenamiento planificado.

Cada año, la pesca del camarón se realiza durante seis meses, y en los meses restantes entra en vigor la veda para proteger la reproducción y el crecimiento con fechas variables, generalmente entre marzo y septiembre de cada año, esta veda es establecida por la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA) con los resultados de las investigaciones y monitoreos biológicos realizados por investigadores del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentable (IMIPAS). La veda es un periodo de tiempo que tiene la finalidad de garantizar el crecimiento, la supervivencia del camarón y proteger a los reproductores, así mismo, propiciar que los camarones alcancen mayores tallas y con ello mayores precios.

Una de las mayores controversias en la captura de este crustáceo es la pesca incidental o captura de fauna de acompañamiento del camarón (FAC), es decir se captura una gran cantidad de organismos que no son la pesca objetivo tales como peces, moluscos y otros crustáceos, aunque la mayoría es aprovechada por los pescadores. Es importante señalar que el arte de pesca que más se utiliza en las lagunas el centro de Sinaloa es la suripera, este arte de pesca es más selectivo que los mencionados anteriormente y ha demostrado que hay mayor rendimiento en la captura de camarón con bajas capturas incidentales de fauna y, cuando sucede, esta puede ser liberada al medio ambiente sin daño alguno.

Además, este arte utiliza una especie de vela llamada burra y cuando no hay viento la tiran al mar para moverse también con la corriente, con esto aumenta el ahorro de combustible y por ende se minimiza el daño al ambiente. En el caso de los changos de los barcos, estos cuentan con dispositivos excluidores de peces y Dispositivos Excluidores de Tortugas (DET) lo que refleja la buena voluntad en disminuir el impacto



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



ecológico de estas artes de pesca. Sin embargo, otros desafíos que enfrenta la pesquería precisamente es el uso inadecuado de los DET dando como resultado el cierre de mercado y suspensión de importaciones de camarón por parte de Estados Unidos, en los años 2010, 2018 y 2021, presuntamente la flota de altamar no cumplió con los estándares de certificación internacionales, en la instalación, operación o supervisión de los DET, lo que provocó grandes pérdidas económicas para ambos sectores (sector ribereño y de altamar) pues se penalizó el camarón proveniente del medio silvestre, además de las tensiones diplomáticas orientadas a recuperar la certificación mediante auditorías, capacitación y reforzamiento de la vigilancia marítima (Sosa-Nishizaki *et al.*, 2022).

Es importante señalar que, a pesar de que existen mecanismos de certificación voluntaria como los estándares del Marine Stewardship Council (MSC), se generan conflictos sociales y comerciales debido a datos pobres o insuficientes, a la sobrepesca o a los impactos ambientales, por lo que es necesario, entre otras cosas, fortalecer la gestión pesquera, modernizar las artes de captura y mejorar la trazabilidad para asegurar el acceso a los mercados internacionales.

► CONCLUSIÓN

La pesquería del camarón, llamado oro del mar en las costas del noroeste de México, a pesar de estar golpeada por la sobrepesca se ha mantenido y sigue siendo el sustento de miles de familias, sin embargo, se requiere de un esfuerzo tanto de los pescadores como de la autoridad correspondiente para llegar a su aprovechamiento sustentable, donde se pueda seguir aprovechando este recurso de manera responsable, respetando la normatividad y seguir innovando y probando nuevas artes de pesca que sean más amigables con el ambiente.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► LITERATURA CITADA

Arzola-González, J.F., & Flores-Campaña, L.M. (2008).
Alternativas para el aprovechamiento de los crustáceos decápodos del estero El Verde, Camacho, Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia*, 24(1): 41-48.

Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), (2017).
Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. México: https://www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2017/ANUARIO_ESTADISTICO_2017.pdf.

Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), (2024).
Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. México: https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2024/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2024.pdf.

Diario Oficial de la Federación (DOF), (2013). Norma oficial mexicana NOM-002-sag/pesc-2013, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Pesquera. Diario Oficial de La Federación. México: México. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5306294.

Diario Oficial de la Federación (DOF), (2018). Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de La Federación. México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/334832/DOF_-_CNP_2017.pdf.

Leyva-Vázquez, Y., Arzola-González, J.F., Rodríguez-Domínguez, G., Aragón-Noriega, E.A., Ortega-Lizárraga, G.G., Muñoz-Rubí, H., Ramírez-Pérez, J.S., & Chávez-Herrera, D. (2021). Biometría y longitud de migración de *Penaeus stylirostris* (Crustacea: Penaeidae) en tres zonas de captura de la costa de Sinaloa, México. *Revista Científica FCV-LUZ*, 31(1): 17-24.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Morán-Angulo, R.E., & Flores-Campaña, L.M. (2015). La Pesca en Sinaloa: breve historia y búsqueda del episteme. *Revista Científica Ra Ximhai*. Los Mochis, Sinaloa. 11(3): 57-72.

Peláez-González, C. (2017). *Vivir entre mar y tierra: Cambio social y continuidad del oficio de la pesca industrial del camarón en Sinaloa*. Tesis Doctoral en Ciencia Social con especialidad en Sociología, El Colegio de México, Centro de Estudios Sociológicos.

Sosa-Nishizaki, O., Muñoz-Peña, S., & Sánchez-Ramírez, M. (2022). Conservation challenges for sea turtles in Mexico: An integrative review. *Ocean & Coastal Management*, 216, 105–156.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original