

# Revista Ciencias del Mar, UAS

Enero - Marzo 2024

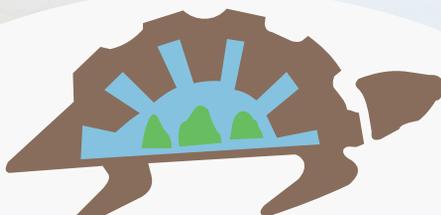
Núm. 2 Vol.1



U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



E-ISSN (en trámite)



# CIMMAR

## Revista

DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Número 2, Volumen 1, E-ISNN (en trámite)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA



## DIRECTORIO INSTITUCIONAL

- Dr. Robespierre Lizárraga Otero  
Encargado del Despacho de la Rectoría
- Dr. Jorge Milán Carrillo  
Secretario Académico Universitario
- Dr. Manuel Iván Tostado Ramírez  
Vicerrector de la Unidad Regional Sur
- Dr. Mario Nieves Soto  
Director 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. Guillermo Rodríguez Domínguez  
Editor en jefe

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega  
Editor asociado

L.I. Nerika Azucena Benitez Pardo  
Gestora de la Revista

Dr. David Arturo Delgado Esquivel  
Corrector de Estilo

Ernesto Alfonso Chávez Aranguré  
Diseño gráfico y maquetación

El Consejo Editorial de CIMAR 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 (en trámite)

## 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

Dr. Martín Gabriel Frías Espericueta, 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

## 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, Guillermo Rodríguez Domínguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo Núm. (en trámite), ISSN: (en trámite).

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

Geomorfología y Evolución del estero El Chisguete, Baja California Sur, México  
Geomorphology and Evolution of El Chisguete estuary, Baja California Sur, Mexico

7-29

### ARTÍCULO CIENTÍFICO

Tratamiento para el control de *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp. asociados con mortalidad en tilapia (*Oreochromis niloticus*)  
Treatment to control *Gyrodactylus* sp. and *Cichlidogyrus* sp. associated with mortality in tilapia (*Oreochromis niloticus*)

30-58

### NOTA CIENTÍFICA

Registro de invertebrados esclerobiontes, incluido el poliqueto anfínomido *Amphinome rostrata* (Pallas, 1766), en Bahía de Banderas, Pacífico central mexicano  
Record of esclerobiont invertebrates, including the amphinomid polychaete *Amphinome rostrata* (Pallas, 1766), from Bahía de Banderas, Central Mexican Pacific

59-66

### NOTA CIENTÍFICA

Composición nutrimental de la medusa bola de cañón (*Stomolophus* sp. 1)  
Nutritional composition of the cannonball jellyfish (*Stomolophus* sp. 1)

67-83

### NOTA CIENTÍFICA

Uso de R para ajustar un modelo de crecimiento individual como en Microsoft Excel  
Using R to fit an individual growth model similar to Microsoft Excel

84-102

### NOTA CIENTÍFICA

El cultivo de camarón *Penaeus* spp. en México con diferente salinidad en el agua  
The culture of shrimp *Penaeus* spp. in Mexico with different salinity in the water

103-121



# Revista CIMAR, UAS

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR E-ISSN (en trámite)



 Artículo Científico

## Geomorfología y Evolución del estero El Chisguete, Baja California Sur, México

## Geomorphology and Evolution of El Chisguete estuary, Baja California Sur, Mexico



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 origina



1. Saúl Chávez López



0000-0002-5427-8337

Programa de Planeación y Conservación Ambiental, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. México.

Autor de correspondencia: [schavez04@cibnor.mx](mailto:schavez04@cibnor.mx)



2. Miguel Ángel Imaz Lamadrid



0000-0002-6653-0835

Departamento Académico de Ingeniería en Pesquerías, Universidad Autónoma de Baja California Sur. México.



---

## Geomorfología y Evolución del estero El Chisquete, Baja California Sur, México

---

---

## Geomorphology and Evolution of El Chisquete estuary, Baja California Sur, Mexico

---

### ► RESUMEN

El estero El Chisquete forma parte del complejo lagunar Santo Domingo-Magdalena-Almejas, es uno de los ecosistemas lagunares con mayor biodiversidad, importancia pesquera y atractivo ecoturístico en el estado, lo que justifica analizar su geomorfología y evolución, empleando las metodologías de cambios geomorfológicos y morfodinámicos.

El estero destaca de entre otros cuerpos de agua marginales, por el desarrollo de dos barreras. Su geomorfología está constituida por depósitos terrígenos en la llanura aluvial y, hacia su franja costera, por depósitos de origen marino y eólico; dando forma a marismas, pantanos de manglar, dunas, barreras y playas, que se acoplan como ecosistemas vecinos. En general el estero es somero, con profundidad media de un metro, y su hidrodinámica está condicionada por las corrientes de marea y oleaje de tipo local.

El proceso morfodinámico de las barreras oriental (E) y occidental (W), para el periodo analizado (1973-2022), muestra una tasa evolutiva ( $\Delta S / \Delta T$ ) de  $0.027 \text{ km}^2$  y  $0.0034 \text{ km}^2$  respectivamente. Por lo que mantiene un buen estado de conservación, en donde sus cambios se presentan como una remodelación de origen natural. Lo que permite emplear el estado evolutivo de las barreras como geoindicador ambiental.

**Palabras claves:** estero, geomorfología, morfodinámica, sedimentos, evolución.



## ► ABSTRACT

El Chisguete Estuary forms part of the Santo Domingo – Magdalena – Almejas lagoon complex. It is one of the state's lagoon ecosystems with the greatest biodiversity, fishing, and ecotourism attractions. This justifies the analysis of its geomorphology and evolution, employing geomorphologic and morphodynamics methodologies.

The estuary stands out among other marginal water bodies by its developing two barriers. Terrigenous deposits constitute its geomorphology in the alluvial plain, while deposits towards its coastal margin are marine and wind originated. This forms marshes, mangrove swamps, dunes, barriers, and beaches, which become neighboring ecosystems. In general, the estuary is shallow, with a mean one-meter depth. Moreover, tide currents and local wave action condition its hydrodynamics.

The morphological processes of the east (E) and west (W) barriers for the analyzed period (1973 – 2022) show an evolutionary rate ( $\Delta S / \Delta T$ ) of  $0.027 \text{ km}^2$  and  $0.0034 \text{ km}^2$ , respectively. Therefore, it maintains a good preservation state, where its changes are presented as a remodeling of natural origin. This makes it possible to use the evolutionary state of the barriers as an environmental geo-indicator.

**Keywords:** estuary, geomorphology, morphodynamics, sediments, evolution.

## ► INTRODUCCIÓN

El complejo lagunar Santo Domingo-Magdalena-Almejas se encuentra en la costa occidental del estado de Baja California Sur, en conjunto cubre un área aproximada de  $2200 \text{ km}^2$ . En él se encuentran alrededor de 50 cuerpos de agua marginales, separados en su mayoría del complejo lagunar principal por barreras o islotes de manglar; a los cuales se les refiere como esteros, (terrenos bajos pantanosos que suelen inundarse por efecto de la marea). De estos destaca el estero El Chisguete por su mayor dimensión y por la génesis y evolución de dos barreras arenosas que lo separan parcialmente de la porción lagunar de Bahía Magdalena. De acuerdo con Lankford (1977), el estero El Chisguete corresponde a



un antiguo valle, formado por procesos no marinos durante el descenso del nivel del mar e inundado por la transgresión del Holoceno, el cual se ha modificado por procesos de la zona litoral.

En estos procesos, los cambios que se efectúan en la costa a través del tiempo se traducen en la evolución de la misma, como resultado de las interacciones de los agentes dinámicos como el viento, oleaje, corrientes, mareas y otros fenómenos condicionados por las interrelaciones continente-océano-atmosfera; que son el aspecto fundamental, junto con la presencia o ausencia de suministro de material sedimentario, y cuyo efecto se verá reflejado en la costa de acuerdo a ciertas estructuras geomorfológicas que la caracterizan (Chávez, 2022).

De estas estructuras geomorfológicas las playas, dunas y barreras arenosas, son elementos típicos de costas sedimentarias, en cuya génesis y evolución se requiere de abundante material sedimentario y una dinámica litoral lo suficientemente intensa para generar el transporte transversal y longitudinal de sedimentos que las mantienen (Chávez, 2020). Así, entre el suministro de sedimentos aportado principalmente desde las cuencas hidrográficas y la hidrodinámica litoral se establece el balance sedimentario que da origen a las costas acumulativas y progradantes, que al estar integradas por material no consolidado y no cohesivo, suelen ser especialmente frágiles a cambios en el potencial suministro de sedimentos, así como por las alteraciones y modificaciones realizadas por el hombre, ya sea de forma directa en la franja costera o indirectas alejadas de la costa (Chávez, 2020).

En este contexto el objetivo de analizar la geomorfología y evolución del estero El Chisguete contribuye a un mejor entendimiento físico del complejo lagunar, en donde el estado evolutivo de las barreras arenosas representa un geoindicador ambiental (Chávez, 2022). Lo cual, si consideramos que el complejo lagunar Santo Domingo-Magddalena-Almejas es uno de los ecosistemas lagunares con mayor biodiversidad, importancia pesquera y atractivo ecoturístico en el Estado de Baja California Sur (Funes, Gómez, Palomares, 2007), justifica el presente trabajo dado el acelerado incremento poblacional y diversificación de actividades económicas basadas principalmente en el turismo; en donde la falta de planeación y ordenamiento repercuten negativamente en el medio ambiente.

## ▶ ÁREA DE ESTUDIO

El complejo lagunar Santo Domingo-Magdalena-Almejas del cual forma parte el estero El Chisguete (Figura 1), se encuentra en la subprovincia fisiográfica discontinuidad Llanos de Magdalena, la cual se extiende con topografía suave integrando una llanura aluvial desde las estribaciones de la subprovincia Sierra de la Giganta en el oriente, hasta la línea de costa del océano Pacífico al occidente (INEGI, 1996; CRM, 1999).

La región tiene un clima muy seco, semicálido con una temperatura media anual de 20 a 22 °C y precipitación total anual menor de 100 mm (INEGI, 1996; CRM, 1999). Las lluvias importantes se producen asociadas con la incidencia de ciclones y tormentas tropicales entre los meses de mayo a octubre con énfasis en septiembre (Serra, 1971; Latorre, Penilla, 1988). Estos fenómenos meteorológicos pueden considerarse importantes en su momento por la cantidad de lluvia que aportan, la cual supera en ocasiones los valores medios anuales, pero pierden importancia a una escala de tiempo más amplia por su carácter aleatorio (Salinas, Lluch, Hernández, 1992).

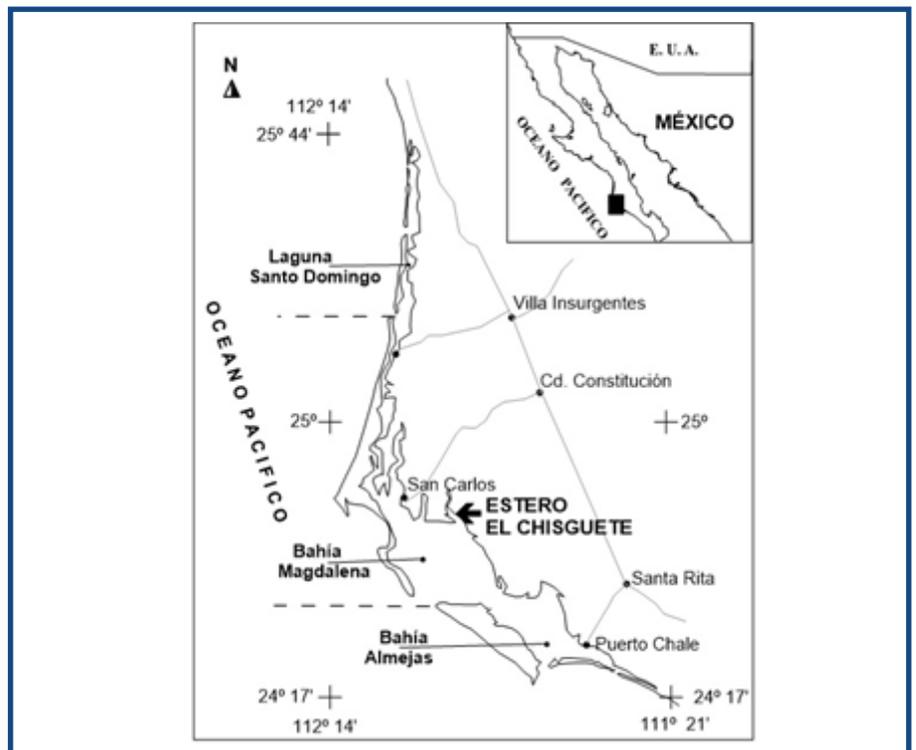


Figura 1. Localización del área de estudio.



Las condiciones de aridez en la región se reflejan en la vegetación de tipo de matorrales xerófilos (CRM, 1999) y en la escasa red hidrográfica integrada por arroyos intermitentes de segundo orden, de los cuales ninguno desemboca en el estero El Chisguete.

Los vientos en la región son provenientes de dos complejos de circulación: el giro anticiclónico del Pacífico Norte, causante de los vientos alisios del noroeste y el Ecuatorial, que se extiende a lo largo de Centroamérica en sentido sureste (Bakun, Nelson 1977; Zaytsev, Cervantes, Montante, Gallegos, 2003).

La persistencia de los vientos del noroeste durante todo el año genera oleaje que incide sobre la costa (Funes, et al., 2007; Orzo, Zaytsev, Saldivar, 2007), con una componente hacia el sur que se hace evidente en la evolución de las barreras arenosas del complejo lagunar Santo Domingo-Magdalena-Almejas; cuya porción emergida se integra por dunas activas con diferentes estados de desarrollo, con alturas que van de 1 hasta 10 metros, formando barjanas con orientación preferencial noroeste-sureste, infiriendo la dirección de los vientos dominantes de la región.

Las mareas son mixtas semidiurnas, con nivel de pleamar media de 0.66 m y nivel de bajamar media inferior de -0.87 m, con respecto al nivel medio del mar (Lankford, 1977). En cuerpos de agua costeros con comunicación abierta con el océano, como en el presente caso, la marea es producida por cooscilación con el océano adyacente. Esto quiere decir que las variaciones del nivel del mar dentro del cuerpo de agua adyacente se deben principalmente a las variaciones del nivel del mar en la entrada que los comunica y no a la atracción gravitatoria del Sol y la Luna (Marinone, Lavin, 1977; Ripa, Velázquez, 1993). Por lo que la hidrodinámica al interior del complejo lagunar se encuentra principalmente asociada al forzamiento de las corrientes de flujo y reflujos de la marea (Obeso, Gaviño, Jiménez, 1999; Orzo, et al., 2007), a través de seis entradas mediante las cuales se efectúa el intercambio de agua con mar abierto (Figura 1). Así una vez que la onda de marea ha entrado al complejo lagunar su comportamiento es fuertemente



influenciado por la geometría local (longitud, anchura, batimetría, etc.) y en donde el marcado cambio vertical de las mareas ocasiona que durante bajamar queden expuestas amplias áreas lagunares, principalmente en los cuerpos de agua marginales (esteros). Por lo que de acuerdo con Contreras y Casillas (1992), las propiedades fisicoquímicas y ecológicas de los cuerpos de agua con características similares, dependen fundamentalmente de la dinámica de la marea, que determina en buena medida el balance hidrodinámico entre el complejo lagunar y la zona oceánica adyacente.

## ► MATERIAL Y MÉTODOS

En el trabajo se emplearon las metodologías de cambios geomorfológicos (U.S. Army, 1995) y morfodinámicos por el método de regresión lineal (RL), que requieren documentos históricos, destacando los mapas, fotografías aéreas e imágenes de satélite (Jiménez, Gracia, Sanchez, Stive, Girolamo, 2000), que permiten abordar ambas metodologías a escalas temporales de largo plazo (décadas a centenares de años) y espaciales del orden de kilómetros (Sánchez, Jiménez, 1994). Como plataforma de trabajo se empleó el software MapInfo 9.5 y Surfer 8 y para los datos estadísticos y la elaboración de gráficos la hoja de cálculo Excel 2007.

El mapa base se preparó con cartas raster y vectoriales escalas 1: 50,000, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2003), elaboradas con fotografías aéreas del año de 1993 (G12C57, G12C67), cuya línea de costa se encuentra referida al nivel medio del mar (nmm).

Para la delimitación de unidades geomorfológicas, se empleó el mapa base e imágenes pancromáticas SPOT del año 2010, con verificación durante el trabajo de campo en noviembre de 2021, empleando un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, iQue M5).

El trabajo al interior del estero, se efectuó a bordo de una lancha con motor fuera de borda. La batimetría se efectuó mediante 10 secciones orientadas E-W empleando GPS y sonar DEPTHMATE portable modelo SM5. Durante esta misma campaña se colectaron 20 muestras de sedimentos empleando draga Van Veen de 0.05 m<sup>2</sup> :16 al interior del

estero y dos en las dunas de cada una de las barreras, ubicadas a ambos lados de la entrada del estero.

La velocidad y dirección de la corriente se midió empleando cuerpos de deriva, cronometro y brújula, durante diferentes periodos de flujo y reflujos de mareas.

En laboratorio para el análisis granulométrico de las 20 muestras se emplearon las técnicas de tamizado descritas en Lewis (1984) a intervalos de un cuarto de phi ( $\phi$ ) y para los parámetros estadísticos (media, desviación estándar, sesgo y curtosis) y nomenclatura de los sedimentos se empleó el método de los momentos descrito en Fredman y Sanders (1978).

Para estimar la velocidad crítica de iniciación de movimiento y transporte de partículas sedimentarias por corriente, se empleó el diagrama de Hjulström (Sedimentología para todos, 2022) y el parámetro de Shields que se muestra en la ecuación uno y dos (CERC, 1984).

$$D_* = D_{50} [(S-1) g / \delta^2]^{1/3} \quad \text{ecuación (1)}$$

$$\Theta_{cr} = (V_{*cr})^2 / (S-1) g D_{50} \quad \text{ecuación (2)}$$

En donde:

$D_*$  es el parámetro de partícula,  $D_{50}$  tamaño promedio de sedimentos,  $S = \rho_s$  densidad del sedimento,  $g$  aceleración de la gravedad,  $\delta$  Viscosidad cinemática del fluido,  $\Theta$  Parámetro adimensional de Shields,  $V_{*cr}$  velocidad tangencial crítica.

En cuanto al cálculo de altura de ola e iniciación de movimiento de sedimentos, se empleó la ecuación de Hallermeier (ecuación tres) y el gráfico de velocidad máxima del fondo a partir de la teoría de ola de pequeña amplitud (ecuación cuatro) relación periodo de ola profundidad (CERC, 1984), así como la información de oleaje reportado por los autores referidos en el texto.

$$V_{\max(-d)} = (8[S-1]gD_{50})^{0.5} \quad \text{ecuación (3)}$$

$0.1 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$  (condiciones de campo)

$$V_{\max(-d)} T / H \quad \text{ecuación (4)}$$

En donde:  $V_{\max(-d)}$  es la velocidad de pico crítica cerca del lecho,  $S$  densidad del sedimento,  $g$  aceleración de la gravedad,  $D_{50}$  tamaño promedio de sedimentos,  $T$  periodo de ola y  $H$  altura de ola.

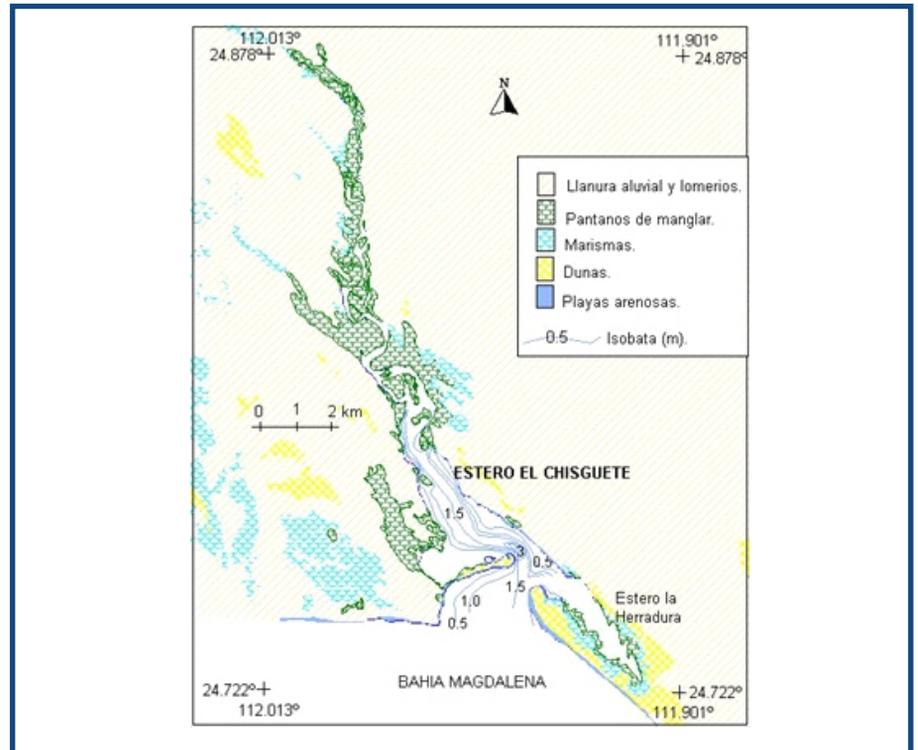


Para el análisis evolutivo (morfoodinámica) se digitalizaron líneas de costa empleando fotografías aéreas de INEGI del año de 1973, zona 47A, línea 7 fotografías 9, 10, 11; línea 8 fotografías 29, 30, 31, cartas topográficas raster de INEGI 1983: G12C57, G12C67, fotografías aéreas de INEGI 1993, vuelo SINFA, zona G 12-10-11, línea 48 fotografías 3, 4, 5; línea 49 fotografías 7, 8, 9, imagen satelital 2003, IMG-Here.com-Hybrid (SAS Planet, 2003), imágenes pancromáticas SPOT E55593001003302T2A00007, E55593011008122T2A00002. EADS, del año 2010 e imagen satelital 2022, IMG-Bing (SAS Planet, 2022).

## ▶ RESULTADOS

### **Batimetría y geomorfología**

El estero El Chisguete, está orientado en dirección noroeste-sureste, forma un embudo con su mayor amplitud en la boca con la que mantiene comunicación con Bahía Magdalena. El estero es somero, con profundidad media de un metro y máxima de tres, formando una depresión en el canal de mareas (Figura 2). Dicho canal, se interna en el estero siguiendo un curso de meandros, mejor definidos en la porción norte del estero. Sus partes convexas indican depositación de sedimentos, favoreciendo el establecimiento de pantanos de manglar, que a su vez funcionan como trampas de sedimentos; dando lugar a la formación de islotes y zonas de bajos, propiciando que el canal de mareas tienda a desplazarse lateralmente, así como al azolvamiento del estero. Lo anterior se evidencia en la porción norte, con las zonas de marismas aledañas a los pantanos de manglar, que en su momento formaron parte de estos, y en donde la elevación del suelo y la prolongada falta de inundación que actualmente solo se da durante mareas sicigias ha favorecido la formación de costras de minerales evaporíticos, dando paso a la pérdida de manglar como parte de un proceso evolutivo natural. Hacia la porción media y sur del estero el azolvamiento queda evidenciado con las amplias áreas expuestas durante periodos de bajamar. Los sedimentos que caracterizan a las unidades geomorfológicas de pantanos de manglar y marismas son limo-arcillosos (lodo), con alto contenido de materia orgánica lo que infiere de acuerdo con el diagrama de Hjulström, ambientes de baja energía, en donde las velocidades de las corrientes asociada al flujo y reflujos de marea se aproximan a cero.



*Figura 2.* Batimetría y geomorfología.

Como parte de las unidades geomorfológicas en la región aledaña al estero El Chisguete, se encuentra la llanura aluvial (Figura 2), con predominio de depósitos cuaternarios, presenta pendiente suave y lomeríos de hasta diez metros de altura, los cuales corresponden a dunas estabilizadas con vegetación xerófila. La red hidrográfica en la región del estero es nula, ya que los pocos arroyos que descienden desde las sierras pierden continuidad en la llanura, por lo que ninguno desemboca al mar.

Las playas arenosas se restringen a la parte media este del estero y se prolongan hasta la boca del estero La Herradura, así como formando las caras externas de las barreras arenosas (flechas de barrera) a ambos lados de la boca del estero El Chisguete; en donde como parte emergida de dichas barreras se encuentra el mejor desarrollo de dunas multidireccionales activas, con alturas de 0.5 a 1.5 m, integradas al igual que las playas por arena fina de muy bien clasificada en dunas y moderadamente clasificada en playas (2.5-3.0 Ø).

El desarrollo y evolución de las barreras destaca en la geomorfología del estero (Figura 2); la ubicada en la porción occidental (E) presenta un desarrollo en dirección noreste y la ubicada en la porción oriental (W) hacia el noroeste, cuyo mejor desarrollo y evolución ha dado lugar a la formación de una pequeña laguna conocida como estero La Herradura.

Dada la importancia del desarrollo y evolución de las barreras en la geomorfología del estero El Chisguete, esto se retoma en el apartado de morfodinámica.

### **Sedimentos**

Los sedimentos dentro del estero corresponden a arenas de fina muy bien clasificada a media, mal clasificada (Figura 3, 4), cuyas características son similares a los sedimentos de las dunas activas; lo que sugiere que estas son una fuente importante de aporte de sedimentos al estero. La distribución de isolíneas de tamaño promedio, clasificación y asimetría (Figura 3, 4, 5), indican que la distribución de sedimentos al interior del estero se encuentra influenciada por la batimetría; la arena fina en el rango de 2.0 a 2.5  $\phi$ , de bien a moderadamente clasificada y casi simétrica se distribuye siguiendo el curso del canal de mareas; mientras que la arena fina en el rango de 2.5 a 3.0  $\phi$ , de bien a moderadamente clasificada y muy asimétrica hacia sedimentos finos, se encuentra a ambos lados del canal de mareas. La arena media (1.0 a 2.0  $\phi$ ), mal clasificada y muy asimétrica hacia sedimentos gruesos, se encuentra formando concentraciones aisladas; en donde dicha asimetría es conferida por la presencia de abundantes conchas o fragmentos de estas.

En este contexto resulta conveniente mencionar que la simetría o sesgo (SK  $\phi$ ) es un parámetro que se considera particularmente sensible a la influencia del medio ambiental; como lo es el nivel de energía requerido para transportar partículas sedimentarias (Chávez y Álvarez, 2006). Dicho nivel de energía se refleja en los cambios morfológicos, generados por los agentes impulsores, destacando la acción del viento y la onda de mareas. La acción del viento, caracterizado a través de dos mecanismos; uno directo que consiste en su acción sobre la costa emergida y otro indirecto como agente generador de oleaje e inductor de la circulación en la costa (Jiménez, 1997); cuyo efecto directo se ve reflejado en el establecimiento de campos de dunas y el indirecto en la generación de oleaje que induce el transporte longitudinal de sedimentos y la morfodinámica de las barreras del estero El Chisguete. Mientras que la energía de la onda de marea se genera mediante las corrientes de flujo y refluo y se refleja en la distribución de sedimentos al interior del estero.

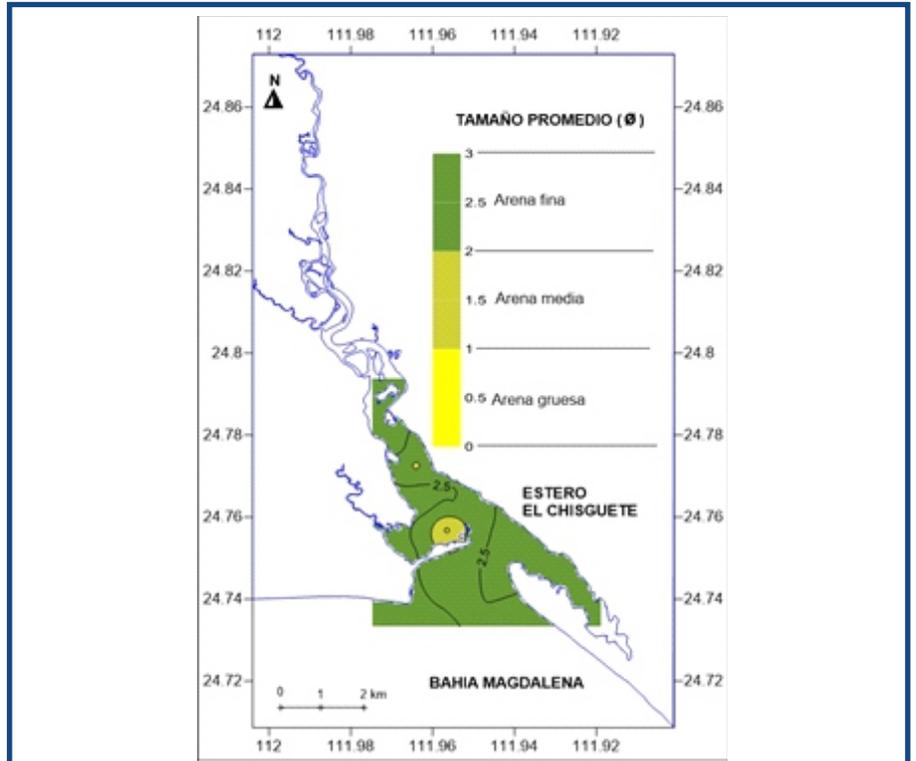


Figura 3. Tamaño promedio de los sedimentos.

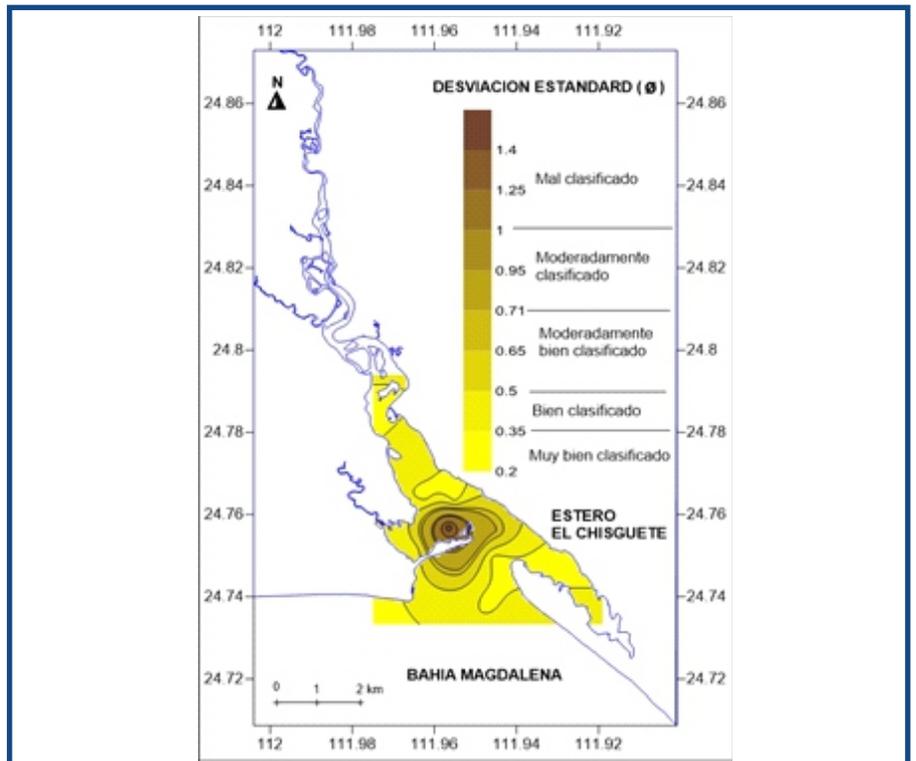
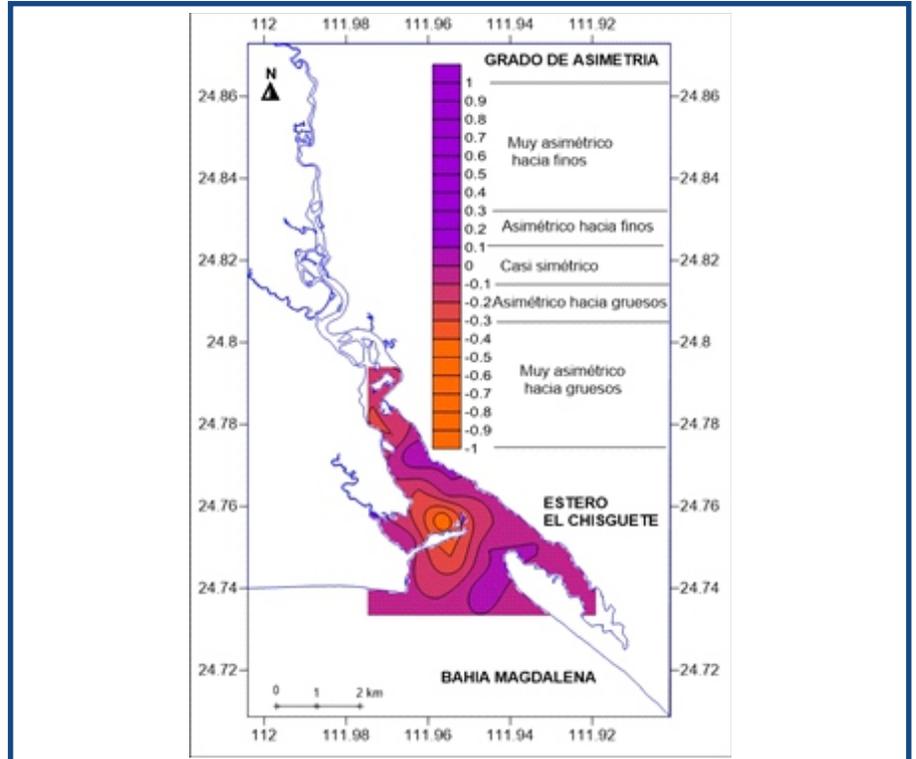


Figura 4. Desviación estándar de los sedimentos.



*Figura 5.* Grado de asimetría o sesgo (SK Ø) de los sedimentos.

Los registros de dichas corrientes en el estero indican una tendencia durante el flujo de marea hacia el noroeste, con velocidades de entre 20 a 100  $\text{cm s}^{-1}$  y durante el reflujó hacia el suroeste, con velocidades de 15 a 55  $\text{cm s}^{-1}$ , observándose las mayores velocidades para ambos casos en el canal de mareas.

De acuerdo con el parámetro de Shields, para erosionar del lecho partículas en el rango de 2.0 a 3.0 Ø (arena fina; 0.25 a 0.125 mm), el valor crítico de velocidad de corriente es de 17  $\text{cm s}^{-1}$ , cuyo orden de magnitud es consistente con la velocidad obtenida en el diagrama de Hjulström de 20  $\text{cm s}^{-1}$ , para erosionar y mantener en movimiento dichas partículas. Por lo que de acuerdo con lo anterior las corrientes de marea son el principal agente hidrodinámico al interior del estero y tienen capacidad para erosionar y transportar los sedimentos antes referidos, con mayor eficiencia durante los periodos de flujo de marea; tal como lo manifiesta la tendencia del desarrollo hacia el interior del estero de las barreras arenosas a ambos lados de la boca del estero.



## Morfodinámica

Como se ha referido anteriormente, las barreras a ambos lados de la boca del estero El Chisguete son elementos típicos de costas sedimentarias, en cuya génesis se requiere de abundante material sedimentario y una dinámica litoral lo suficientemente intensa para mantener su evolución y conservación (Chávez, 2020). En dicha dinámica litoral, el oleaje se considera como el agente energético más importante, por ser las costas sedimentarias altamente modificables por la movilización del material, debido a las corrientes transversal y longitudinal, inducidas durante el proceso de rotura del oleaje; siendo el transporte longitudinal el más importante, ya que es el principal responsable de los cambios morfodinámicos (acreción-erosión) en planta y por lo tanto de los cambios a largo plazo de las playas (Chávez 2022).

En el estero El Chisguete pese a ser un cuerpo de agua marginal, la génesis de las barreras a ambos lados de la boca (E-W), se ha visto favorecida por encontrarse formando parte de Bahía Magdalena, que es la laguna costera de mayores dimensiones del complejo lagunar; lo que permite que los vientos del norte y noroeste que prevalecen en la región generen oleaje local y una dinámica litoral suficientemente intensa para movilizar el suministro de sedimentos.

Según Saldívar (2007), el oleaje en la boca principal de Bahía Magdalena muestra alturas significantes de 0.6 a 1.1 m., con periodos de 9 a 18 segundos; suficiente para movilizar sedimentos en el rango de 2 a 3  $\phi$  (arena fina), ya que de acuerdo con la estimación realizada de altura de ola para la iniciación de movimiento (ecuación de Hellermeier) a una profundidad de (h) de 0.5 m, el oleaje mínimo requerido para movilizar dichos sedimentos es de (H) 0.12 m, con periodo (T) de 6 segundos.

Un aspecto a destacar del oleaje en Bahía Magdalena, es que este se propaga en trenes de onda paralelos en la zona de mayor profundidad, los cuales conforme se acercan al frente de playa del estero y disminuye la profundidad, se refractan incidiendo en ángulo oblicuo en la línea de costa a ambos lados del estero (Figura 6); lo que condiciona un eficiente transporte longitudinal de sedimentos y por lo tanto, favorece el proceso de evolución y mantenimiento de las barreras arenosas a ambos lados del estero El Chisguete.



*Figura 6.* Incidencia de los trenes de olas en la entrada del estero El Chisguete.

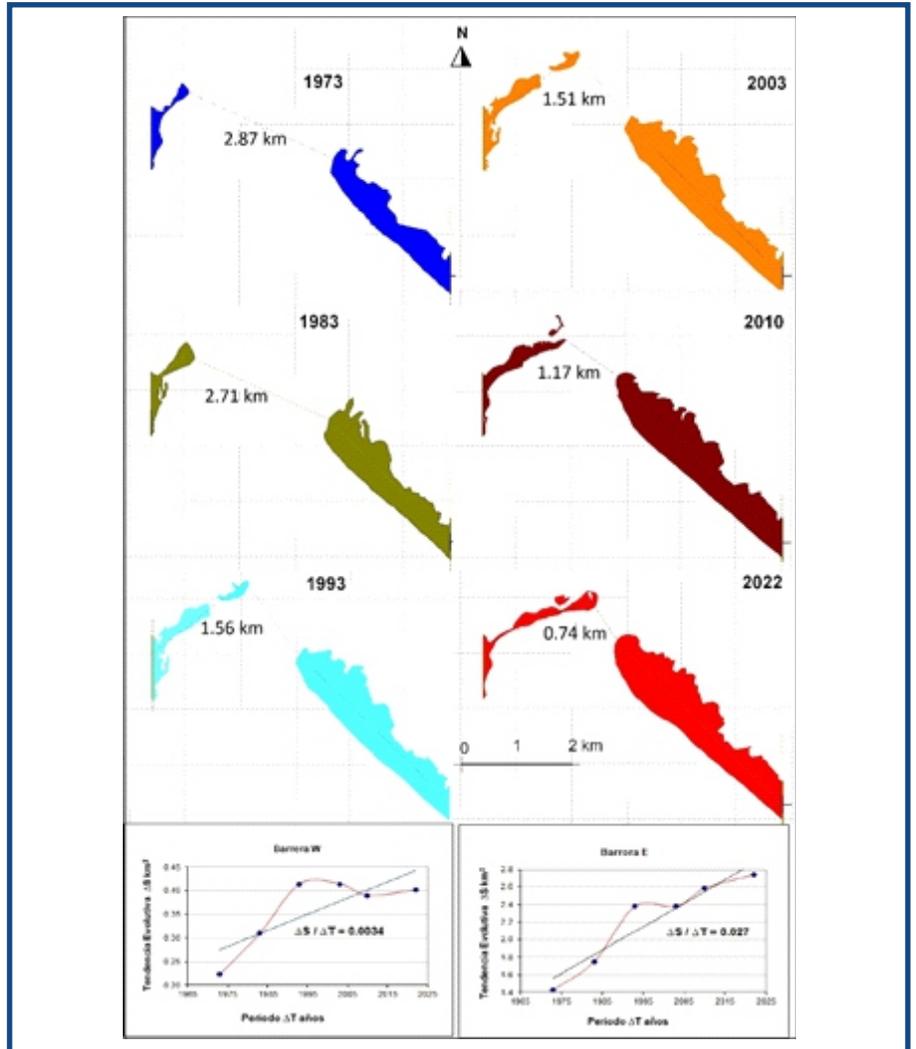
Dicho proceso se resume en la tabla I y figura 7, como cambios morfodinámicos, lo que permite identificar las variaciones en tiempo y espacio para el periodo de 1973-2022. Los principales cambios en la geomorfología del estero se observan en la reducción de amplitud de la boca, pasando de 2.87 km en 1973 a 0.74 km en 2022. Esta reducción se da como respuesta en el incremento de longitud de las barreras, cuyo proceso morfodinámico se presenta en los gráficos de la figura 7; en los que se observa periodos de depositación y erosión, con tendencia en lo general en incremento tanto en la longitud como de área de las barreras.

*Tabla I.* Resumen morfodinámico, de las barreras occidental (W) y oriental (E) del estero El Chisguete, para el periodo de 1973 – 2022.

Año	Barrera W Área (km <sup>2</sup> )	Barrera W Perimetro (km)	Longitud (km)	Barrera E Área (km <sup>2</sup> )	Barrera E Perimetro (km)	Longitud (km)	Boca (km)
1973	0.22	4.06	0.95	1.43	8.65	2.99	2.87
1983	0.31	5.09	1.12	1.75	9.60	3.14	2.71
1993	0.41	6.62	2.18	2.38	10.83	3.88	1.56
2003	0.41	6.62	2.19	2.38	10.82	3.96	1.51
2010	0.39	6.21	1.71	2.58	11.30	4.25	1.17
2022	0.40	7.46	2.25	2.74	10.88	4.27	0.74



De acuerdo con Chávez (2022), la respuesta evolutiva de las barreras arenosas en la región peninsular de Baja California se da asociada a la incidencia aleatoria de huracanes; con periodos de poca incidencia erosión y mayor incidencia acreción, lo que explica el comportamiento variable en tiempo tanto en magnitud como en tipo de respuesta de las barreras. Sin embargo, es de hacer notar, según la información de la tabla I y los polígonos de referencia de la figura 7, la diferencia en la respuesta evolutiva entre las barreras oriental y occidental; ya que la barrera en la porción oriental de la boca del estero (E) muestra un mejor desarrollo y estabilidad, siguiendo la tendencia de un eje en dirección sureste-noroeste, el cual aumentó del año de 1973 al 2022 en 1.3 km y en área de la barrera a 1.3 km<sup>2</sup>. Mientras que la barrera occidental (W) muestra un desarrollo inestable, evidenciado por el desplazamiento de su eje de sur a norte con tendencia rotatoria en el sentido de las manecillas del reloj (figura 8); ya que para el año de 1973 la dirección de su eje, era en sentido sur suroeste-noreste y para el 2022 la dirección ha cambiado en dirección de oeste suroeste-este noreste (45°), en cuyo proceso la barrera incrementó su longitud en 1.3 km y su área en 0.18 km<sup>2</sup>. Dicho incremento no ha sido continuo, ya que este se encuentra asociado para el año de 1993 a la formación de un islote frente a la barrera (figura 7); el cual para el año 2010, parte de su material sedimentario ha sido incorporado a la barrera W.



*Figura 7.* Cambios morfodinámicos, de las barreras occidental (W) y oriental (E) del estero El Chisquete, para el periodo de 1973–2022.

Resulta conveniente destacar que el desplazamiento y la tendencia rotatoria del eje evolutivo de la barrera W, se ha visto asociado a la erosión de la línea de costa al sur de la barrera (figura 8); lo que implica reducción o interrupción del suministro de sedimentos hacia la porción occidental del estero; manifestando que la intensidad de los agentes dinámicos actuantes en la franja costera (viento, mareas, oleaje) se han mantenido con la misma intensidad y en donde el material erosionado es aportado mediante el transporte longitudinal hacia la barrera por lo que ha mantenido a la fecha su evolución progradante.

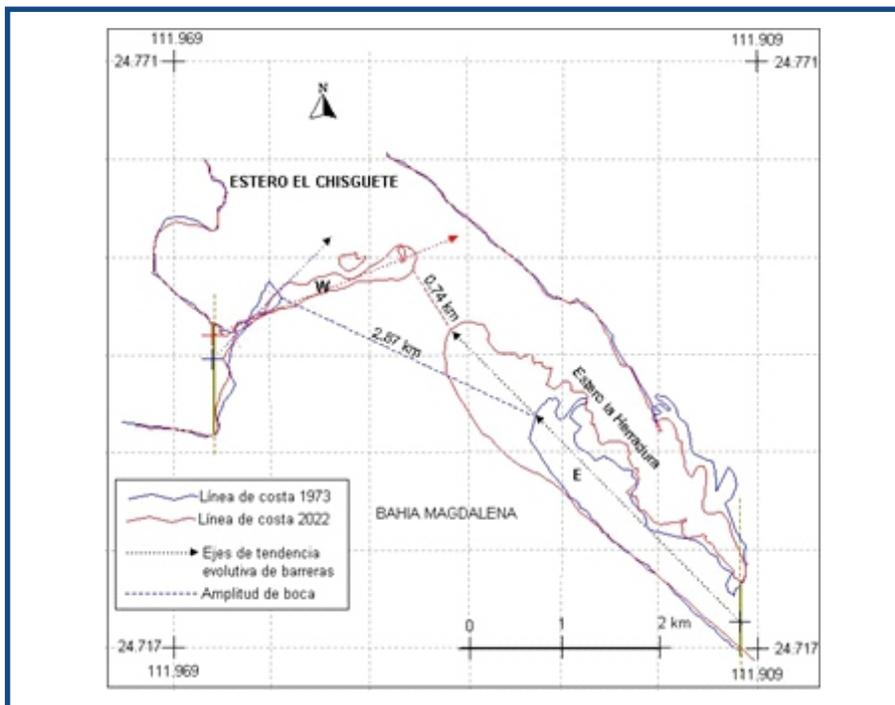
De acuerdo con lo anterior, para los periodos de tiempo analizados,



ambas barreras (figura 7) muestran un comportamiento evolutivo variable en el tiempo, tanto en magnitud como en tipo de respuesta erosión-acreción. Por lo que, de acuerdo con Chávez (2022), al segregar los datos en épocas equivale a evaluar el comportamiento no-lineal del complejo, manifestando, que la respuesta de los agentes que actúan sobre la costa no se puede interpretar como una causa y efecto constante, ya que dicha respuesta se da de manera diferenciada, tanto en tiempo como en espacio.

El proceso morfodinámico antes descrito para las barreras E y W, se resume en la figura 8, la cual corresponde a los cambios morfológicos registrados entre la primer y última línea de costa de los polígonos de las barreras, disponibles al momento de realizar el presente trabajo; lo que representa el resultado integrado de la acción de los diferentes agentes dinámicos actuantes con su consecuente tipo de respuesta. Por lo que a medida que aumenta el lapso entre las líneas de costa se produce un filtrado de los procesos a corto plazo (Crowell, Leatherman, Buckley, 1993), permitiendo estimar, de forma más o menos directa, el comportamiento evolutivo a largo plazo de las barreras (Chávez, 2022). Resultando de acuerdo a los gráficos de la figura 7, una tasa evolutiva ( $\Delta S / \Delta T$ ) de acreción en el periodo de 49 años para la barrera E en  $0.027 \text{ km}^2$  y para la barrera W en  $0.0034 \text{ km}^2$ ; lo que equivaldría a un “incremento lineal neto” si lo hubiese de 27000 y 3400  $\text{m}^2/\text{año}$  respectivamente.

La información anterior destaca para ambas barreras un estado evolutivo acumulativo y progradante, en donde las variaciones observadas a la fecha manifiestan un proceso de remodelación de origen natural, cuya tendencia en la dirección de sus ejes indica el transporte longitudinal neto, el cual aporta sedimentos hacia el interior del estero; por lo que la evolución de las barreras está contribuyendo al azolvamiento del canal de mareas, reducción de la boca y por tanto la comunicación con Bahía Magdalena.



**Figura 8.** Mapa morfodinámico de las barreras occidental (W) y oriental (E) del estero El Chisguete, para el periodo de 1973 – 2022.

## ► DISCUSIÓN

La geomorfología y evolución en la región aledaña y en el estero El Chisguete, se encuentra controlada por procesos y agentes dinámicos exógenos. Destacando en la llanura aluvial los depósitos terrígenos Cuaternarios y como agentes dinámicos, el viento y los escurrimientos pluviales asociados principalmente a la incidencia aleatoria de depresiones, tormentas tropicales y huracanes; los cuales producen escurrimientos torrenciales aportando material sedimentario hacia la franja costera. En el estero predominan los depósitos de origen marino y eólico, y como agentes dinámicos al interior del estero las corrientes de flujo y refluo de mareas; cuyo efecto se ve reflejado en la distribución de sedimentos y formación de bajos arenosos, que quedan expuestos durante los periodos de bajamar. Hacia la entrada del estero, además de las corrientes de marea, destaca como agente dinámico el oleaje de tipo local, que ha generado el transporte longitudinal de sedimentos, dando origen y mantenimiento evolutivo a las barreras arenosas a ambos lados



del estero, y en cuya parte emergida se aprecia la acción del viento con el desarrollo de campos de dunas; por lo que desde el punto de vista geomorfológico el estero corresponde a una laguna costera restringida.

En este contexto entre el aporte sedimentario y la hidrodinámica se establece un balance sedimentario, que ha dado origen a los ambientes de depósito de marismas, pantanos de manglar, barreras, dunas y playas y que de manera natural se acoplan estrechamente como ecosistemas vecinos, que en conjunto dan forma a costas sedimentarias complejas (Chávez, 2023), lo cual caracteriza a todo el complejo lagunar Santo Domingo-Magdalena-Almejas.

En cuanto a la morfodinámica, y pese a que el aporte sedimentario se encuentra condicionado a la aleatoriedad de incidencia de fenómenos meteorológicos, el balance sedimentario se ha mantenido para el periodo analizado (1973-2022), tal como lo manifiesta el desarrollo acumulativo y progradante de las barreras, así como la acumulación de sedimentos que forman bajos arenosos y el asolvamiento del canal de mareas del estero El Chisquete. En este sentido es conveniente mencionar que los procesos acumulativos y progradantes caracterizan a las costas sedimentarias por lo que, desde el punto de vista geológico, las lagunas costeras se consideran como ambientes efímeros por su tendencia natural al azolvamiento; sin embargo, como en el presente caso, el incremento de las barreras, reducción de la entrada y azolvamiento del canal de mareas en una laguna en donde en su costa se encuentre una ciudad, los procesos de azolvamiento representarían un problema; puesto que este surge cuando la evolución costera no es la esperada por el hombre (Sánchez, Jiménez, 1994). Cabe mencionar que las principales evidencias de impacto ambiental en las costas, se encuentran asociadas a la tendencia de crecimiento poblacional e incremento de las áreas urbanas (Chávez, 2022, 2023). Dicho incremento generalmente se da carente de planificación y ordenamiento, lo que se traduce en las cuencas hidrográficas en la pérdida de escurrimiento efectivo hacia la costa y por tanto de aporte y balance sedimentario, esto se refleja en la pérdida parcial o total de los ambientes de depósito, o bien ecosistemas costeros, y en la erosión de barreras arenosas y línea de costa como respuesta inducida por la actividad humana (Chávez, 2020).



Considerando la información anterior, y aun cuando a lo largo del complejo lagunar Santo Domingo-Magdalena-Almejas se ha intensificado la actividad humana, a la fecha, hacia la periferia del estero El Chisguete, no se encuentra ningún asentamiento humano de importancia; por lo que podemos concluir, desde el punto de vista de los aspectos físico-morfodinámicos, que el estero mantiene un buen estado de conservación en donde los cambios en el periodo analizado (1973-2022), se presentan como una remodelación de origen natural. Lo que permite emplear el estado evolutivo de las barreras arenosas (acumulativo y progradante) como geoindicador ambiental, y discriminar en futuros cambios, los causados por efectos naturales de los inducidos por la actividad humana.

## ► BIBLIOGRAFÍA

- Bakun, A., & Nelson, C. S. (1977).** Climatology of upwelling related processes off Baja California. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*. Rep. 19:107-127.
- CERC. (1984).** Shore Protection Manual. U.S. Army Coastal Engineering Research Center.  
<https://luk.staff.ugm.ac.id/USACE/USACE-ShoreProtectionManual1.pdf>
- Chávez, L. S., & Álvarez, A. AD. (2006).** Batimetría, sedimentos y ambientes de depósito en la laguna costera de Guásimas Sonora, México. *Investigaciones Geográficas*, 60, 7-21.
- Chávez, L. S. (2020).** Efecto antrópico en la geomorfología y morfodinámica de la franja costera de la Laguna de La Paz, Baja California Sur, México. *Investigaciones Geográficas*, (e60084), 1- 15. doi: [dx.doi.org/10.14350/ig.60084](https://doi.org/10.14350/ig.60084)
- Chávez, L. S. (2022).** Evolución reciente de la barrera El Mogote como indicador ambiental, Baja California Sur, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 18(1), 6-21. doi: [1033154/rlrn.2022.01.02](https://doi.org/10.1033154/rlrn.2022.01.02)
- Chávez, L. S. (2023).** Franja costera y sus ecosistemas: problemática e importancia. *Recursos Naturales y Sociedad*, 9(1), 49-63. doi: [10.18846/renaysoc.2023.09.09.01.0005](https://doi.org/10.18846/renaysoc.2023.09.09.01.0005)
- Contreras, E. F., & Casillas, G. JR. (1992).** Importancia del intercambio mareal en lagunas costeras. *Universidad y Ciencia*, 9(18), 22-27.
- CRM. (1999).** *Monografía Geológico-Minera del estado de Baja California Sur* (1 ed.). Cd. México: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Crowell, M., Leatherman, S. P., & Buckley, M. K. (1993).** Shoreline change rate analysis: long term versus short term data. *Shore and Beach*, 61(2), 13-20.
- Fredman, G. M. & Sanders, J.E. (1978).** *Principles of sedimentology* (1 ed.). Indianapolis, US: John Wiley & Sons.



**Funes, R. R., Gómez, G. J., & Palomares, G. R. (2007).** *Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena* (1 ed.). Cd. México: CICIMAR-IPN.

**INEGI. (1973).** *Fotografías aéreas zona 47A, línea 7*, fotografías 9, 10, 11; línea 8 fotografías 29, 30, 31. 1: 70, 000. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**INEGI. (1983).** Carta topográfica Las Delicias G12C57 [Mapa]. 1: 50, 000. Segunda impresión. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**INEGI. (1983).** Carta topográfica Puerto Alcatraz G12C67 [Mapa]. 1: 50, 000. Segunda impresión. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**INEGI. (1993).** Fotografías aéreas, vuelo SINFA, zona G 12-10-11, línea 48 fotografías 3, 4, 5; línea 49 fotografías 7, 8, 9. 1: 70, 000. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**INEGI. (1996).** *Estudio Hidrológico del estado de Baja California Sur* (1 ed.). Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

**INEGI. (2003).** Carta topográfica Las Delicias G12C57 [Mapa]. 1: 50, 000. Primera impresión. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**INEGI. (2003).** Carta topográfica Puerto Alcatraz G12C67 [Mapa]. 1: 50, 000. Primera impresión. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**Jiménez, J. A. (1997).** Evolución costera en el Delta del Ebro. Un proceso a diferentes escalas de tiempo y espacio. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=243819>

**Jiménez, J. A., Gracia, V., Sánchez, A. A., Stive, M. J. F., & Girolamo, P. (2000).** *Costal Monitoring and Data Analysis Along The Abruzzo Coast*. Barcelona España. Universitat Politecnica de Catalunya.

**Lankford, R. R. (1977).** Coastal Lagoon of México. Their Origin and Clasification. En Wiley, M. (Ed.), *Estuarine Processes* (pp. 182-215). New York: Academic Press, Inc.

**Latorre, C., & Penilla, L. (1988).** Influencia de los Ciclones en la Precipitación de Baja California Sur. *Atmósfera*, 1(2), 99-112.

**Lewis, D.W. (1984).** *Practical Sedimentology*. (1 ed.). New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.

**Marinone, S. G. & Lavin, M. F. (1977).** Mareas y corrientes residuales en el Golfo de California. En M. F. Lavin (Ed.), *Contribuciones a la Oceanografía Física en México* (pp. 113 – 139). Ensenada, B. C. México: Unión Geofísica Mexicana.

**Obeso, N. M., Gaviño, R. JH., & Jiménez, I. AR. (1999).** Modelación de la marea en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Almejas, B.C.S., México. *Océánides*, 14 (2), 79-88.

**Orzo, S. M., Zaytsev, O., & Saldivar, R.M. (2007).** Condiciones hidrofísicas en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Almejas. En Funes, R. R., Gómez, G. J., Palomares, G. R. (Ed.), *Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena* (pp. 1- 28). Cd. México: CICIMAR-IPN.

**Ripa, P., & Velázquez, G. (1993).** Modelo unidimensional de la marea en el Golfo de California. *Geofísica Internacional*, 32(1), 41-56. doi: 10.22201/igeof.00167169p.1993.32.1.1151



- Saldívar, R. M. (2007).** *Variabilidad hidrodinámica en los canales del sistema lagunar Magdalena-Almejas. (Tesis Maestría).* Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S. México. <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14204>
- Salinas, Z. C. Lluch, C. D. Hernández, V. S. (1992).** Anomalías de Precipitación en Baja California Sur Durante 1990. *Atmósfera*, 5, 79-93.
- Sánchez, A. A. & Jiménez, A. J. (1994).** Ingeniería de playas (I): Conceptos de morfología costera. *Ingeniería del Agua*, 1 (2), 97-114.
- SAS Planet. (2003).** Imagen satelital. IMG-Here.com-Hybrid. <https://mappinggis.com/2014/09/como-descargar-imagenes-de-google-bing-etc/>
- SAS Planet. (2022).** Imagen satelital. IMG-Bing. <https://mappinggis.com/2014/09/como-descargar-imagenes-de-google-bing-etc/>
- Sedimentología para todos (2022).** Movimiento de los sedimentos, aplicando el diagrama de Hjulström. <http://sedimentologia4all.blogspot.com/2016/03/el-diagrama-de-hjulstrom-nos-relaciona.html>
- Serra, S. (1971).** Hurricanes and Tropical Storms of the West Coast of México. *Monthly Weather Review*. 99(4), 302-308.
- SPOT. (2010).** Imagen satelital pancromática E55593001003302T2A00007. EADS, Matra Systemes & Information.
- SPOT. (2010).** Imagen satelital pancromática E55593011008122T2A00002. EADS, Matra Systemes & Information.
- U.S. Army. (1995).** Coastal Geology. Engineer Manual, 1110-2-1810. [https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM\\_1110-2-1810.pdf](https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-1810.pdf)
- Zaytsev, O., Cervantes, D. R., Montante, O., & Gallegos, G. A. (2003).** Coastal upwelling activity of the Pacific shelf of Baja California Peninsula. *Journal of Oceanography*, 59, 489-502. doi: 10.1023/A:1025544700632



# Revista CIMAR, UAS

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR E-ISSN (en trámite)



## Artículo Científico

### Tratamiento para el control de *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp. asociados con mortalidad en tilapia (*Oreochromis niloticus*)

### Treatment to control *Gyrodactylus* sp. and *Cichlidogyrus* sp. associated with mortality in tilapia (*Oreochromis niloticus*)



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 origina

1. José Ángel Gibrian López-Ceseña

0009-0001-9064-5608

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

2. Gustavo Rodríguez-Montes de Oca

0000-0002-5809-4586

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

3. Asahel Benítez-Hernández

0000-0001-6015-2274

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

4. Mario Nieves-Soto

0000-0003-1670-8938

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

5. Mayra I. Grano-Maldonado

0000-0001-7519-379X

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

Autor de correspondencia:  
[granomayra@uas.edu.mx](mailto:granomayra@uas.edu.mx)



---

## Tratamiento para el control de *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp. asociados con mortalidad en tilapia (*Oreochromis niloticus*)

---

---

## Treatment to control *Gyrodactylus* sp. and *Cichlidogyrus* sp. associated with mortality in tilapia (*Oreochromis niloticus*)

---

### ► RESUMEN

La acuicultura se ha desarrollado exponencialmente, sin embargo, uno de los problemas que enfrenta es la presencia de ectoparásitos causantes de mortalidad y pérdidas económicas. En un sistema de cultivo ubicado en Sinaloa, México se observó que *Oreochromis niloticus* presentaba características de infestación por parásitos tales como lesiones con sangrado, frotado en las paredes del tanque y nado errático. El presente estudio tuvo como objetivos: identificar los ectoparásitos presentes en *O. niloticus*; evaluar la efectividad de Dermogard® Aqua un protector cutáneo para el control de ectoparásitos y realizar una búsqueda bibliográfica global sobre tratamientos de control para monogéneos. Se realizaron muestras de frotis de piel y branquias identificando una coinfección por monogéneos: *Gyrodactylus* sp. (*Gyrodactylydae*) en piel y *Cichlidogyrus* sp. (*Ancyrocephalidae*) en branquias. Se establecieron cinco tratamientos experimentales: T1 (1h), T2 (3h), T3 (6h), T4 (12h) y T5 (24h) y un control (CT), con una densidad de 10 peces por tanque. La concentración utilizada de Dermogard® Aqua fue de 0.1g /L para todos los tratamientos. El tratamiento más efectivo fue T3 (6h) ( $p < 0.05$ ) reduciendo hasta en un 89 % la presencia de monogéneos en comparación con el tratamiento control. China se posiciona como los países líderes en estudios para controlar monogéneos.

**Palabras clave:** Acuicultura, monogéneos, Sinaloa, México, coinfección, protector cutáneo



## ► ABSTRACT

Aquaculture has developed exponentially, however, one of the problems it faces is the presence of ectoparasites that cause mortality and economic losses. In a culture system located in Sinaloa, Mexico, it was observed that Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* presented characteristics of parasite infestation such as lesions with bleeding, rubbing on the walls of the tank and erratic swimming. The aims of this study were: i) to identify the ectoparasites present in *O. niloticus*; ii) to evaluate the effectiveness of Dermogard® Aqua, a skin protector for ectoparasites control, and iii) to conduct a global literature search on control treatments for monogeneans. Skin and gill smear samples were taken, identifying a co-infection with monogeneans: *Gyrodactylus* sp. (Gyrodactylydae) on skin and *Cichlidogyrus* sp. (Ancyrocephalidae) on gills. Five experimental treatments were established: T1 (1h), T2 (3h), T3 (6h), T4 (12h) and T5 (24h) and a control (CT), with a density of 10 fish per tank. The concentration of Dermogard® Aqua used was 0.1g/L for all treatments. The most effective treatment was T3 (6h) ( $p < 0.05$ ), reducing the presence of monogeneans by up to 89 % compared to the control treatment. China is positioned as the leading countries in studies to control monogeneans.

**Keywords:** Aquaculture, Monogenea, Sinaloa, Mexico, coinfection, skin protector

## ► INTRODUCCIÓN

Las actividades productivas primarias son fundamentales para lograr la seguridad alimentaria debido a la creciente demanda de alimento y aumento de la población (Cruz, Polanco, 2014). Uno de los sectores con mayor crecimiento en las últimas décadas es la acuicultura (hasta 10 % anual) (FAO, 2022). Este sector se desarrolló como complemento a la pesca, para el año 2020 la producción total de pescado a nivel mundial alcanzó los 178 millones de toneladas, donde un 47.1 % proviene de la acuicultura y más de la mitad de esta producción se destinó a consumo humano (FAO, 2022). Para el año 2021, México produjo más de 351 mil toneladas de organismos en sistemas acuícolas, posicionándose en el lugar 23 a nivel mundial en cuando a producción (CONAPESCA, 2021). La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es una de las especies

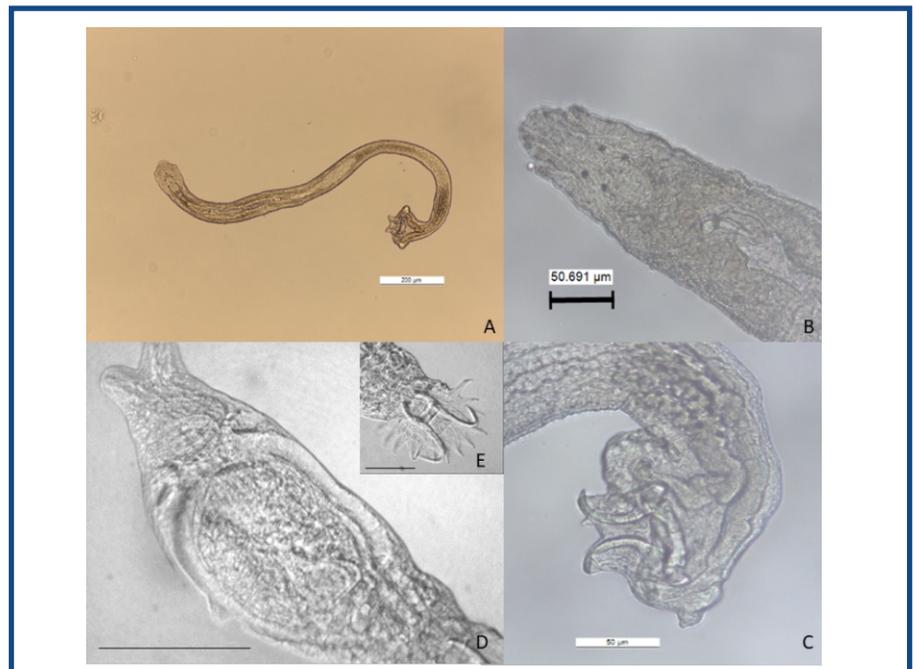


más cultivadas globalmente después de los ciprínidos *Hypophthalmichthys molitrix* y *Cyprinus carpio* (FAO, 2022), debido a características como su fácil adaptabilidad a perturbaciones en el ambiente, su tolerancia a diferentes salinidades y a densidades altas de cultivo, y a que presenta rápido crecimiento y maduración, entre otras (Pérez, Sáenz, Martínez, 2015 ; Rodríguez-Montes de Oca *et al.*, 2015; Leyva, Bautista-Rosales, Rosas-Ulloa, Silva-Carrillo, Ramírez-Acevedo, 2020; Bañuelos-Vargas *et al.*, 2021; Hernández-Sandoval *et al.*, 2023). De acuerdo con la FAO (2022) el cultivo de la tilapia produjo alrededor de 6.9 millones de toneladas, donde el 80 % de la producción tuvo lugar fuera de África, su lugar de origen. Países asiáticos como China, Indonesia y Bangladesh producen casi el 70% de toda la tilapia cultivada mundialmente. México, en 2021 fue considerado el tercero a nivel mundial junto con Indonesia y Sri Lanka por la misma organización alimentaria, con una producción total de tilapia de 77, 245 toneladas. En el caso de Sinaloa, para ese mismo año, se alcanzó una producción total superior a las 7 mil toneladas (CONAPESCA, 2021). Por su adaptabilidad y rápido crecimiento, la tilapia fue exportada de África hacia el continente americano (Casseiro, Júnio da Graca, Agostinho, 2018). Fue introducida a México desde Estados Unidos en 1964 en Temascal, Oaxaca y, para 2012, su cultivo se establece formalmente en el resto del país. A la fecha más de 40 países cultivan tilapia (DOF, 2012; Froese y Pauly, 2016), a pesar de ello, se le ha considerado como una “especie invasiva” por su gran adaptabilidad en el medio ambiente y eliminación de especies nativas e introducción de parásitos y microorganismos (Zambrano, Martínez-Meyer, Menezes, Peterson, 2006; Espinosa-Pérez, 2014; Mendoza, Ramírez-Martínez, Aguilera, Meaye-Del Castillo, 2014; Amador-del Ángel y Wakida-Kusunoki, 2014). Sin embargo, es indudable el potencial de cultivo de las tilapias y con ello el movimiento en todo el mundo. Aunado con el traslado de peces, se han introducido varios parásitos; entre los helmintos más importantes los monogéneos *Cichlidogyrus* spp y *Gyrodactylus* spp. (Martins, Azevedo, Ghiraldelli, Bernardi, 2010; Grano-Maldonado *et al.*, 2011a; Grano-Maldonado, Rodríguez-Santiago, García-Vargas, Nieves-Soto, Soares, 2018; Zhang *et al.*, 2019). En México los primeros reportes de estos parásitos los realizaron García-Márquez, Osorio-Sarabia y Constantino (1993) a



partir de su introducción se han reportado más de 30 especies de *Gyrodactylus* spp. (Jiménez-García, Vidal-Martínez, López-Jiménez, 2001; Pérez-Ponce de León *et al.*, 2010; Mendoza-Garfias, García-Prieto, Pérez-Ponce de León, 2017). Con esta introducción se ha reducido la rentabilidad de los cultivos causado pérdidas económicas debido a la alta mortalidad de los organismos en cultivo (Zanolo, Leonhardt, Souza, Yamamura, 2009; Valladão, Alves, Pilarski, 2016; Grano-Maldonado *et al.*, 2018; Overton *et al.*, 2019) y son considerados los parásitos que más generan problemas en los sistemas acuícolas (Wang *et al.*, 2023). Los monogéneos de las familias *Gyrodactylidae*, *Dactylogyridae* y *Ancyrocephalidae* son los principales causantes de mortalidad masiva en peces (González-Fernández, 2012; Padúa, Menezes-Filho, Andrade-Belo, Nagata, 2014; Oliveira-Hashimoto *et al.*, 2016; Grano-Maldonado *et al.*, 2018; Grano-Maldonado, Bron, Longshaw, Shinn, 2011b; Paredes-Trujillo, Velázquez-Abunader, Torres-Irineo, Romero, Vidal-Martínez, 2016; Paredes-Trujillo, Velázquez-Abunader, Papiol, del Río-Rodríguez, Vidal-Martínez, 2021; Forseth *et al.*, 2017; Kolarova, Zuskova, Velisek 2022) y sin lugar a duda, *G. salaris* ha sido la mayor amenaza a la acuicultura (Bakke, Cable, Harris, 2007; Forseth *et al.*, 2017). Las especies de monogéneos del género *Gyrodactylus* (*Gyrodactylidae*) tienen la característica más distintiva de los monogéneos, ser vivíparas, y esto les confiere alta reproductividad, por esta razón, se les llama también “muñecas rusas” pues un solo individuo alberga a tres generaciones listas para infectar (Bakke *et al.*, 2007). Estos organismos se encuentran en la piel y las cavidades bucal y branquial (Grano-Maldonado, 2014ab) y tienen diversas formas de transmisión (Grano-Maldonado *et al.*, 2011b; 2018). Así mismo, *Cichlidogyrus* sp. (*Ancyrocephalidae*), es un monogéneo branquial reconocido como ectoparásito de peces de agua dulce (Cruz-Laufer, Artois, Smeets, Pariselle, Vanhove, 2021) se ha registrado también en el Golfo de México (Montoya-Mendoza, Lango-Reynoso, Castañeda-Chávez, 2016; Jiménez-Sánchez, Sánchez-Nava, Rodríguez-Romero, Flores-Nava, 2019; Jiménez-García, Rojas-García, Mendoza-Franco 2020) y la península de Yucatán (Vidal-Martínez, Jiménez-Cueto, Simá-Álvarez, 2002). Se ha comprobado que tanto *Gyrodactylus* sp. como *Cichlidogyrus* sp. afectan los cultivos de tilapia por lo que en los últimos

años se ha trabajado en encontrar metodologías para su control o eliminación (Dotta, Brum, Jeronimo, Maraschin, Martins, 2015; Mandeng *et al.*, 2015; Montoya-Mendoza *et al.*, 2016; Essa, Yones, 2018; Grano-Maldonado *et al.*, 2018; Meneses *et al.*, 2018; Zhi *et al.*, 2018; Cruz-Laufer *et al.*, 2021) y coinfecciones *Gyrodactylus* – *Cichlidogyrus* sp. (Gillardin, Vanhove, Pariselle, Huyse, Volckaert, 2012; Paredes-Trujillo *et al.*, 2016; Le-Roux, Avenant-Oldewage 2010). Sin embargo, los estudios con tratamientos alternativos son muy escasos en México y el control de parásitos es imperativo para el bienestar de los peces en cultivo. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar un protector cutáneo para el control de la co-infección de *Cichlidogyrus* sp. y *Gyrodactylus* sp. este último, asociado con la mortalidad de tilapia cultivada en la Facultad de Ciencias del Mar en el estado de Sinaloa. En este contexto se realizó una búsqueda bibliográfica para resaltar las investigaciones mundiales promoviendo el uso de terapias alternativas debido al uso excesivo de químicos que no consideran el cuidado del medio ambiente, la salud animal y la salud humana (trabajador y el consumidor).



**Figura 1.** Fotografía en microscopía óptica de monogéneos en un sistema de cultivo de tilapia. A, B, C) *Cichlidogyrus* sp. Ectoparásito branquial. D, E) *Gyrodactylus* sp. Ectoparasito en piel. La imagen D es de 100 micras y la imagen E es de 50 micras

## ► MATERIAL Y MÉTODOS

### *Sistema de cultivo y diseño experimental.*

El sistema de cultivo constó de un total de 30 unidades experimentales de fibra de vidrio con un diámetro de 2 m y una capacidad de 400 L, los cuales fueron llenados con agua dulce, así mismo, contaban con un sistema de aireación constante por piedras difusoras (2.5 HP air blower Gast IMX model R4110-2 USA) y manguera transparente de 4 mm de diámetro. Se recolectaron un total de 300 peces infectados con una talla promedio de 12.2 ( $\pm 0.68$ ) cm y un peso de 32.2 ( $\pm 3.87$ ) g. A lo largo de todo el experimento se mantuvo la circulación de agua cerrada, es decir, no hubo recambios de agua. El diseño experimental constó de 5 tratamientos utilizando Dermogard® Aqua, un protector cutáneo que promueve la producción de mucus y un control negativo, cada uno por triplicado, las diferencias entre los tratamientos experimentales es el tiempo de exposición, específicamente 1 h (T1), 3 h (T2), 6 h (T3), 12 h (T4) y 24 h (T5), cuya concentración de Dermogard® Aqua fue de 0.1 g/L. Para el caso del control (CT) no se agregó el producto.

### *Tratamiento terapéutico.*

Previo al inicio del bioensayo los organismos fueron aislados en dos tanques con capacidad de 1000 L para asegurar un ayuno de 24 h, posterior a esto, se distribuyeron de forma aleatoria en los 30 tanques a una densidad de 10 peces por tanque, esto para cumplir con el principio estadístico de la aleatoriedad. Se procedió a pesar la cantidad necesaria de Dermogard® Aqua para cada tanque, utilizando una balanza electrónica de precisión Rhino/modelo BAPRE-3 ( $\pm 0.1$  g), una espátula y charolas de pesaje. Una vez terminado esto, se agregó el antiparasitario a todos los tanques dando por iniciada la fase experimental, cabe mencionar que durante el bioensayo se limitó el suministro de alimento para evitar el desgaste energético y variaciones en los parámetros de la calidad del agua. Estos últimos se tomaron al inicio del bioensayo y al final de cada uno de los tratamientos, midiendo específicamente temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y oxígeno disuelto (mg/L). Terminado el tiempo de cada uno de los tratamientos, se procedió al análisis de los organismos para determinar su efectividad.

### *Análisis de los organismos infectados post-tratamiento*

Al terminar cada uno de los tratamientos se retiraron a todos los organismos de los tanques para ser llevados al Laboratorio de Parasitología Acuática y Ambiental de la Facultad de Ciencias del Mar, donde se les dio muerte humanitaria de acuerdo a la NOM-033-SAG/ZOO-2014. Posterior a esto, se realizó frotis de piel y branquias para la identificación de los ectoparásitos e iniciar a realizar su conteo. Para ello, se fijaron en alcohol etílico 96° asegurando su conservación, los parásitos fueron vaciados en cajas Petri para su conteo bajo microscopio (Olympus SZ30) con ayuda de una pipeta Pasteur. Una vez terminado el conteo, los parásitos se guardaron en un frasco con alcohol etílico al 96°.

### *Análisis estadísticos*

A los datos obtenidos se les realizaron pruebas de normalidad, de estadística descriptiva y homocedasticidad, con la prueba de Levene. Una vez que se comprobó que los datos presentaron una distribución normal y fueron homocedásticos, se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) utilizando el paquete estadístico Statistica 7 (StatSoft, Inc. USA) probando el número de tratamientos como variables independientes. La prueba a posteriori de Tukey se realizó para determinar los efectos entre tratamientos (alimentos) con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

## ► RESULTADOS

En un periodo de 2 días, alrededor de 380 tilapias comenzaron a morir en diversos experimentos, por los signos que presentaban se realizó una evaluación parasitológica y se identificó la co-infección de los monogéneos *Cichlidogyrus* sp. (*Ancyrocephalidae*) en las branquias (Figura 1 A-C) y *Gyrodactylus* sp. (*Gyrodactylidae*) en la piel (Figura 1 D-E). Con respecto a las condiciones de cultivo (Tabla. I) la temperatura osciló entre los 28.7 y los 29.5 °C al inicio y final del experimento.

**Tabla I.** Parámetros fisicoquímicos del agua en los tratamientos para el control de *Gyrodactylus* y *Cichlidogyrus* con Dermogard® aAqua.

Tratamiento	Temperatura (°C)		Oxígeno disuelto (mg/L)	
	Inicio	Final	Inicio	Final
CT	28.9 ±0.04	28.9 ±0.06	6.16 ±0.1	6.12 ± 0.09
T1	28.8 ±0.03	29.3 ±0.04	6.05 ±0.09	5.99 ±0.06
T2	29.3 ±0.02	29.1 ±0.05	6.11 ± 0.12	5.55 ±0.08
T3	29.5 ±0.05	28.9 ±0.05	5.98 ±0.15	4.04 ±0.1
T4	28.7 ±0.06	29.1 ±0.03	5.99 ±0.08	3.02 ±0.07
T5	29.1 ± 0.4	29.2 ±0.6	6.1 ± 0.09	1.15 ±0.1

CST: Tratamiento control; T1: Tratamiento de 1h; T2: Tratamiento de 3 h; T3: Tratamiento de 6 h; T4: Tratamiento de 12; T5: Tratamiento de 24 h. Datos representan la media de 5 repeticiones de cada tratamiento ±SD, n=10.

Para el caso del oxígeno disuelto el rango inicial osciló entre 5.98 y 6.16 mg/L y al final de cada tratamiento si hubo variaciones con respecto a ello, oscilando entre los 6.12 y 1.15 mg/L siendo tendencia la disminución con respecto al tiempo de exposición al baño con el protector cutáneo, cabe mencionar que todos los tratamientos tuvieron una supervivencia del 100 % incluyendo el tratamiento control.

**Tabla II.** Número de *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp. encontrados en piel y branquias de *O. niloticus* post-tratamiento con Dermogard® aAqua.

Tratamiento	No. <i>Gyrodactylus</i> sp.*	No. <i>Cichlidogyrus</i> sp.**
CT	1750.2 ±22.4 <sup>f</sup>	959.2±8.9 <sup>e</sup>
T1	1563±34.1 <sup>e</sup>	841±4.8 <sup>d</sup>
T2	926.6±15.5 <sup>d</sup>	495±11.1 <sup>c</sup>
T3	199.4±1.5 <sup>c</sup>	122±4.2 <sup>b</sup>
T4	95.0±1.9 <sup>b</sup>	40.8±4.2 <sup>a</sup>
T5	17.4±1.8 <sup>a</sup>	30.2±3.1 <sup>a</sup>

CST: Tratamiento control; T1: Tratamiento de 1h; T2: Tratamiento de 3 h; T3: Tratamiento de 6 h; T4: Tratamiento de 12; T5: Tratamiento de 24 h \* piel \*\* branquias. Datos representan la media de 5 réplicas de tanques ±SD, n=10. Los super índices muestran las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) Tukey's test.

Se observa en la (Tabla. II) una tendencia hacia la disminución de parásitos respecto al tiempo de exposición, es decir, mientras más tiempo duraron los organismos inmersos en el baño con Dermogard® Aqua a una concentración de 0.1 g/L mayor es el número de parásitos desprendidos lo que resulta efectivo para el control de estos monogéneos.

**Tabla III.** Listado de investigaciones orientadas al control y eliminación de monogéneos en diferentes especies de peces de agua dulce durante la última década (2013-2023).

Parásito MONOGENEA	Hospedero	TRATAMIENTO				
		Tipo de tratamiento	Tratamiento	Efectividad	País	Referencia
GYRODACTILIDAE	CICHLIDAE					
<i>Gyrodactylus</i> sp.	<i>Oreochromis niloticus</i>	Dietético	6g de Aquate Fish (supra®)/Kg de alimento seco	Si	Brasil	Pádua <i>et al.</i> (2014)
<i>Gyrodactylus cihlidarum</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Químico	Formaldehído a 100 ppm y Mebendazol a 1 mg/L	Si	México	Grano-Maldonado <i>et al.</i> (2018).
<i>Gyrodactylus malalai</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	<i>Mitracarpus scaber</i> a 6 g/ Kg alimento	Si	Nigeria	Adeshina <i>et al.</i> (2021).
<i>Gyrodactylus</i> spp.	<i>Oreochromis</i> spp.	Fitotratamiento	Extracto de <i>Leucaena leucocephala</i> 0.82 mg/L por 1 h	Si	México	Compean-Martínez <i>et al.</i> (2021)
<i>Gyrodactylus</i> spp.	<i>Oreochromis</i> spp.	Químico	Dermogard® Aqua a 0.1 g/L	Si	México	<b>En este estudio</b>
Gyrodactilidae	Cyprinidae					
<i>Gyrodactylus</i> spp.	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto (cloroforno) de <i>Santalum album</i> a 40 mg/L por 48 h	Si	China	Tu <i>et al.</i> (2013)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Medicamento	Baño de mebendazol a 0.15 mg/L por 48 h	Si	China	Tu <i>et al.</i> (2015)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto metanólico de <i>Macleaya cordata</i> a 25.5 mg/L por 48 h	Si	China	Zhou <i>et al.</i> (2017)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Químico	Baño de ácido tricloroisocianúrico a 1 mg/L por 48 h	Si	China	Zhou <i>et al.</i> (2017)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Natural	Baño de arctigenina a 6 mg/L por 3 h	Si	China	Tu <i>et al.</i> (2018)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de acetato de etilo de <i>Cnidium monnieri</i> a 50 mg/L por 48 h	Si	China	Kaiqi <i>et al.</i> (2020)
<i>Gyrodactylus elegans</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de <i>Allium cepa</i> a 4.72 mg/mL por 3 min	Si	Turquía	Yavuzcan <i>et al.</i> (2020)
<i>Gyrodactylus elegans</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de <i>Allium sativum</i> a 8.37 mg/mL por 3 min	Si	Turquía	Yavuzcan-Yildiz <i>et al.</i> (2020)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de curdiona de <i>Curcuma zedoaria</i> a 4 mg/L por 48 h	Si	China	Zhang <i>et al.</i> (2020)



<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto metanólico de <i>Paris polyphylla</i> a 20 mg/L por 48 h	Si	China	Zhou <i>et al.</i> (2020)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Natural	Baño de dioscina a 0.5 mg/L por 48 h	Si	China	Zhou <i>et al.</i> (2020)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto metanólico de <i>Dioscorea collettii</i> a 10 mg/L por 48 h	Si	China	Zhou <i>et al.</i> (2021)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Natural	Baño de isoimperatonina de <i>Angelica dahurica</i> a 0.53 mg/L por 48 h	Si	China	Liu <i>et al.</i> (2022)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de aceite esencial de cúrcuma a 12 mg/L por 24 h	Si	China	Zhou <i>et al.</i> (2022)
<i>Gyrodactylus kobayashii</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de aceite esencial de palmarosa a 10 mg/L por 24 h	Si	China	Zhou <i>et al.</i> (2022)
<i>Ancyrocephalidae</i>		<i>Cichlidae</i>				
<i>Cichlidogyrus sclerosus</i> , <i>C. halli</i> , <i>C. thurstonae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	Propóleo y <i>Aloe barbadensis</i> en dieta al 0.5-1% por 15 días	Si	Brasil	Dotta <i>et al.</i> (2015)
<i>Scutogyrus longicornis</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	Propóleo y <i>Aloe barbadensis</i> en dieta al 0.5-1% por 15 días	Si	Brasil	Dotta <i>et al.</i> (2015)
<i>Cichlidogyrus tilapiae</i> <i>C. thurstonae</i> y <i>C. halli</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	Baño de <i>Mentha piperita</i> a 40 mg/L por 10 min	Si	Brasil	Olivera-Hashimoto <i>et al.</i> (2016)
<i>Scutogyrus longicornis</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	Baño de <i>Mentha piperita</i> a 40 mg/L por 10 min	Si	Brasil	Olivera-Hashimoto <i>et al.</i> (2016)
<i>Cichlidogyrus tilapiae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Natural	Dieta con inclusión de 15-30% de sorgo con inulina (2.5g)	Si	Egipto	Essa <i>et al.</i> (2018)
<i>Cichlidogyrus tilapiae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	Baño de <i>Ocimum gratissimum</i> a 320 mg/L por 5 min durante 3 días	Si	Brasil	Meneses <i>et al.</i> (2018)
<i>Cichlidogyrus sp.</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	Baño de <i>Piper betle</i> <i>Lim</i> a 0.125g/mL	Si	Indonesia	Moolulungo <i>et al.</i> (2019)
<i>Cichlidogyrus spp.</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Químico	Baño de formaldehído a 1.5 mL/L por 40 min	Si	México	Sandoval-Gio <i>et al.</i> (2019)
<i>Cichlidogyrus tubicirrus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Químico	Baño de formalina a 25 ppm por 72 h	Si	Egipto	Aly <i>et al.</i> (2020)
<i>Cichlidogyrus sp.</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Químico	Baño de formalina a 25 ppm por 72 h	Si	Egipto	Aly <i>et al.</i> (2020)
MONOGÉNEOS	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	Baño de <i>Mentha piperita</i> 35-50 mg/L por 1 h	No	Brasil	Dos-Anjos <i>et al.</i> (2020)
<i>Cichlidogyrus sp</i> y <i>Scutogyrus sp.</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Natural	Cama de ave como fertilizante a razón de 100 g/m <sup>2</sup>	Si	Brasil	Cavalcanti <i>et al.</i> (2021)
<i>Cichlidogyrus sp</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Químico	Dermogard® Aqua a 0.1 g/L	Si	México	<b>En este estudio</b>



<i>Dactylogyridae</i>	<i>Cichlidae</i>					
<i>Dactylogyryrus sp.</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Dietético	6g de Aquate Fish (supra®)/Kg de alimento seco	Si	Brasil	Pádua <i>et al.</i> (2014)
<i>Dactylogyryrus vastator</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fitotratamiento	Extracto de <i>Tridax procumbens</i> a 4-6 g/Kg en dieta	Si	Nigeria	Adeshina <i>et al.</i> (2021)
<i>Dactylogyryrus sp.</i>	<i>Oreochromis niloticus</i> , <i>O. aureus</i> , <i>O. mossambicus</i> y <i>O. hornorum</i>	Fitotratamiento	Baño de <i>Mentha x villosa</i> a 20 mL/L por 1 h	Si	Brasil	Jatoba <i>et al.</i> (2023)
<i>Dactylogyridae</i>	<i>Cyprinidae</i>					
<i>Dactylogyryrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de <i>Caesalpinia sappan</i> y <i>Lysima chitachristinae</i> a 125 y 150 mg/L por 48 h	Si	China	Huang <i>et al.</i> (2013)
<i>Dactylogyryrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de <i>Cuscuta chinensis</i> , <i>Artemisia argyi</i> y <i>Eupatorium fortunei</i> a 225, 300 y 500 mg/L por 48 h	Si	China	Huang <i>et al.</i> (2013)
<i>Dactylogyryrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Natural	Baño de sutchuenoside A y kaempferitrin aislado de <i>Dryopteris crassirhizoma</i> a 3.01 y 2.71 mg/L por 48 h	Si	China	Jiang <i>et al.</i> (2013)
<i>Dactylogyryrus spp.</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto (cloroformo) de <i>Santalum album</i> a 40 mg/L por 48 h	Si	China	Tu <i>et al.</i> (2013)
<i>Dactylogyryrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de agua, metanol y acetato de etilo de <i>Polygonum multiflorum</i> a 100, 12.5 y 25 mg/L por 48 h	Si	China	Hu <i>et al.</i> (2014)
<i>Dactylogyryrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de cloroformo y acetato de etilo de <i>Citrus medica</i> a 100 y 125 mg/L por 48 h	Si	China	Hu <i>et al.</i> (2014)
<i>Dactylogyryrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de acetato de etilo, cloroformo y metanol de <i>Dioscorea colletti</i> a 80, 80 y 120 mg/L por 48 h	Si	China	Hu <i>et al.</i> (2014)
<i>Dactylogyryrus vastator</i>	<i>Carassius auratus</i>	Medicamento	Baño de praziquantel a 20 mg/L por 48 h	Si	China	Zhang <i>et al.</i> (2014)
<i>Dactylogyryrus vastator</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de acetato de etilo de <i>Euphorbia fischeriana</i> a 14 mg/L por 48 h	Si	China	Zhang <i>et al.</i> (2014)



<i>Dactylogyrus vastator</i>	<i>Carassius auratus</i>	Químico	Baño de triclorfón a 2.5 mg/L por 48 h	Si	China	Zhang <i>et al.</i> (2014)
<i>Dactylogyrus</i> sp.	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño con saikosaponina de radix bupleuri ( <i>Bupleurum</i> sp) a 1.46 mg/L por 48 h	Si	China	Zhu <i>et al.</i> (2014)
<i>Dactylogyrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Natural	Baño de cinamaldehído de <i>Cinnamomum cassia</i> a 0.57 mg/L por 48 h	Si	China	Ling <i>et al.</i> (2015)
<i>Dactylogyrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Natural	Baño de ácido cinámico de <i>Cinnamomum cassia</i> a 6.32 mg/L por 48 h	Si	China	Ling <i>et al.</i> (2015)
<i>Dactylogyrus minutus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Fitotratamiento	Dieta con inclusión de extracto de Rosmarinus officinalis a 60-100 mL/100 g por 30 días	Si	Japón	Zoral <i>et al.</i> (2017)
<i>Dactylogyrus anchoratus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Medicamento	Baño de fenbendazol a 0.25 mg/L por 2 x 12 h con descanso de 24 h	Si	República Checa	Kolarova <i>et al.</i> (2022)
<i>Dactylogyrus anchoratus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Químico	Baño de formaldehído a 0.17 mL/L por 15 min	Si	República Checa	Kolarova <i>et al.</i> (2022)
<i>Dactylogyrus intermedius</i>	<i>Carassius auratus</i>	Fitotratamiento	Baño de extracto de metanol de <i>Spatholobi Caulis</i> a 150 mg/L por 48 h	Si	China	Yang <i>et al.</i> (2022)

## DISCUSIÓN

En todas las pisciculturas intensivas las enfermedades causadas por parásitos se consideran un desafío y los esfuerzos para mantener a los peces libres de enfermedades son importantes en términos del bienestar de los peces, el costo para los piscicultores y la reducción de los impactos ambientales. En México, de acuerdo con el INAPESCA (2022), los principales agentes infecciosos en los cultivos de tilapia son: *Pseudomona* sp., *Aeromonas* sp., *Vibrio* spp., *Flexibacter columnaris*, *Gnathostoma* spp., *Streptococcus initiae*, *Saprolegnia* sp., *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina* sp., *Contracaecum* sp., *Diplostomun* sp., *Cichlidogyrus* sp., *Gyrodactylus* sp., *Argulus* sp. y *Lernaea* sp. Los brotes periódicos de enfermedades, especialmente causadas por monogéneos, han sido frecuentes y han generado una alta mortalidad en sistemas de cultivo de tilapia por *Gyrodactylus cichlidarum* en el noroeste de México y los tratamientos con productos



químicos son muy utilizados por la industria de los acuicultores por su efectividad (Grano-Maldonado *et al.*, 2018). Sin embargo, hay otras alternativas más amigables con el medio ambiente como el uso de fitoterapia (Valladao, Gallani, Pilarski, 2015) o métodos no invasivos de detección molecular y estudios inmunológicos en mucus (Ek-Huchim, Jimenez-García, Pérez-Vega, Rodríguez-Canul, 2012; Ek-Huchim, Jiménez-García, Rodríguez-Canul, 2019). Dermogard® Aqua podría ser una alternativa efectiva para control de parásitos. Como se puede observar en la Tabla. II en el tratamiento T2 (3 horas) los ectoparásitos empiezan a disminuir considerablemente en relación al tiempo de exposición. Del tratamiento T2 al T3 hay una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) de *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp. en los peces habiendo una reducción del 89 y 87% respectivamente, en comparación al tratamiento control CT. Para los T4 y T5 el número de organismos encontrado fue relativamente bajo, sin embargo, se observaron bajas concentraciones de oxígeno (Tabla I) lo cual alentaba comportamientos negativos en los peces (Abdel-Tawwab, Hagra, Elbaghdady, Monier, 2015; García-Trejo *et al.*, 2016). Por ello, consideramos que el tratamiento más efectivo para la eliminación de *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp. en tilapia del Nilo (*O. niloticus*) fue el tratamiento T3 (6 h) utilizando Dermogard® Aqua a una concentración de 0.1 g/L. Si bien, no tuvo una efectividad tan alta como el tratamiento T4 (12 h) y T5 (24 h) si existe una diferencia significativa en comparación al tratamiento control CT, además, los organismos del tratamiento T3 no presentaron síntomas de estrés (boqueo) (Nuñez, Vargas, Guerra, Ramos, 2021) como lo fue en el caso de T4 y T5, por lo que esto no representa riesgo para su salud. El número de *Gyrodactylus* sp. encontrados en el control negativo (CT) fue de  $1750.2 \pm 22.4$  y para *Cichlidogyrus* sp. fue de  $959.2 \pm 8.9$ , siendo estas cifras nuestro punto de referencia para contrastar la efectividad de cada uno de los tratamientos experimentales sin afectar su sistema inmune (Sandoval-Gío, Rodríguez-Canul, Vidal-Martínez, 2008). Los gyrodactilidos afectan a una gran variedad de peces causando problemas graves en los cultivos, se encuentran ampliamente distribuidos en todos los continentes y tienen un gran rango de hospederos a nivel mundial (Peeler, Gardiner,



Thrush, 2004; Bakke *et al.*, 2007; Přikrylová, Matějsová, Musilová, Gelnar, 2009; Přikrylová, Blažek, Vanhove, 2012; Harris, Bachmann, Bakke, 2011; Zahradníčková, Barson, Luus-Powell, Přikrylová, 2016; Smallbone, Van-Oosterhout, Cable, 2016; Zhang *et al.*, 2019; Compean-Martínez *et al.*, 2021;). Se conocen alrededor de 500 especies descritas en todo el mundo (Cribb, Chisholm, Bray, 2002) incluyendo México (Razo-Mendivil, García-Vásquez, Rubio-Godoy, 2016; Mendoza-Palmero, Blasco-Costa, de León 2019; Pinacho-Pinacho, Sánchez-Angeles, Martínez-Ramírez, Calixto-Rojas, Rubio-Godoy, 2023). En este trabajo en Sinaloa, se observó una coinfección de monogéneos *Gyrodactylus* sp. y *Cichlidogyrus* sp., dicha coinfección de monogéneos ha sido reportada anteriormente de manera invasiva en el hospedero (Zhi *et al.*, 2018; Cheng *et al.*, 2021) ya que los ganchos del haptor que permiten sujetarse a la piel o branquias generan un impacto negativo en las tilapias de cultivo (El-Neggar, El-Tantawi, 2001; Pantoja *et al.*, 2012; Firmat *et al.*, 2016) puede promover la aparición de otras enfermedades, bacterianas principalmente, (Xu, Shoemaker, Klesius, 2007; Abdel-Latif, Khafaga, 2020) y otros monogéneos como *Enterogyrus* spp. (Assane *et al.*, 2021) que ha causado mortalidades en Brasil principalmente (Jerônimo, Speck, Martins 2010). Hasta el momento, no se ha registrado un caso en el noroeste de México.

### **Tratamientos no químicos**

Durante muchos años se han utilizado diferentes compuestos quimioterapéuticos (formaldehído, triclorfon, etc.) para el control de infecciones con monogéneos (Zhang, 2014; Zhou, 2017; Grano-Maldonado, 2018; Sandoval-Gio, 2019; Aly, 2020; Kolarova, 2022), acciones que pueden resultar contraproducentes ya que pueden afectar la salud de los organismos a los cuales se les aplica el tratamiento. Además, su uso incorrecto puede generar problemas medioambientales y de salud pública (Alves *et al.*, 2019) debido al daño que estos compuestos pueden causar a los consumidores. En algunos países se ha vuelto ilegal su uso, por ello es que se han buscado alternativas más amigables con el medio ambiente y que sean funcionales para el control de ectoparásitos (Rocha, Almeida, Macedo, Barbosa-Filho, 2005;



Huang *et al.*, 2013). Se ha encontrado que algunas plantas o sus extractos poseen propiedades antiparasitarias eficaces para el control de infecciones monogénicas, para el caso de la tilapia del Nilo se ha probado dicha efectividad a través de baños (Oliveira-Hashimoto *et al.*, 2016; Meneses *et al.*, 2018; Moolulungo *et al.*, 2019; Compean-Martínez *et al.*, 2021) y como inclusión en la dieta (Dotta *et al.*, 2015; Essa *et al.*, 2018; Adeshina *et al.*, 2021) demostrando que los fitotratamientos son eficaces para el control de monogéneos. Por ello, en este estudio se evaluó la efectividad de un inmunoestimulante dérmico para el control de dos familias de monogéneos asociados con mortalidad presentes en tilapia en este contexto global, aunque hay más especies de este monogéneo en cíclidos endémicas de África (Jorissen *et al.*, 2018, Geraerts *et al.* 2020) aunque no se han reportado mortalidades en cultivo.

En la búsqueda de soluciones terapéuticas los investigadores se han dedicado a buscar alternativas más sustentables hablando a nivel medioambiental y económico para sustituir este tipo de químicos utilizados en la industria. Se realizó una revisión bibliográfica (Tabla III) de las investigaciones orientadas a la eliminación y control de monogéneos durante los últimos 10 años en peces de agua dulce, contemplando diversas familias y tipos de tratamientos. Se puede observar que China es el país que realiza un mayor número de investigaciones con 27 publicaciones, seguido de Brasil. Todos ellos con alto porcentaje de efectividad, entre los que destacan Yang *et al* (2022), Zhang *et al* (2020) y Meneses (2018).

En torno a este tema se observa una clara tendencia hacia uso de fitotratamientos, es decir, la utilización de compuestos activos y extractos de diferentes plantas como antihelmínticos, lo cual ha resultado bastante eficaz. Recomendamos el estudio de más componentes bioactivos naturales que pueden ser eficaces en el control de enfermedades causadas por parásitos. El uso de un protector cutáneo es una buena opción que ayuda el bienestar de los peces en cultivo.



## ► AGRADECIMIENTOS

A la empresa AVIMEX por la donación del producto Dermogard® Aqua. A las estudiantes de la licenciatura en Biología Acuícola; Hilda Morales y Juana Jiménez, que apoyaron al manejo de peces durante su servicio social.

## ► BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Latif, H.M. & Khafaga, A.F. (2020).** Natural co-infection of cultured Nile tilapia *Oreochromis niloticus* with *Aeromonas hydrophila* and *Gyrodactylus cichlidarum* experiencing high mortality during summer. *Aquaculture Research*, 51(5), 1880-1892. DOI: [10.1111/are.14538](https://doi.org/10.1111/are.14538). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.14538>
- Abdel-Tawwab, M., Hagrass, A.E., Elbaghdady, H.A.M. & Monier, M.N. (2015).** Effects of dissolved oxygen and fish size on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): growth performance, whole-body composition, and innate immunity. *Aquaculture International*, 23, 1261-1274. DOI: [10.1007/s10499-015-9882-y](https://doi.org/10.1007/s10499-015-9882-y). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-015-9882-y>
- Adeshina, I., Abdel-Tawwab, M., Tijjani, Z.A., Tiamiyu, L.O. & Jahanbakhshi, A. (2021).** Dietary Tridax procumbens leaves extract stimulated growth, antioxidants, immunity, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, to monogenean parasitic infection. *Aquaculture*, 532, 736047. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2020.736047](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736047). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848620329902>
- Adeshina, I., Tiamiyu, L.O., Akpoilih, B.U., Jenyo-Oni, A. & Ajani, E.K. (2021).** Dietary *Mitracarpus scaber* leaves extract improved growth, antioxidants, non-specific immunity, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* to *Gyrodactylus malalai* infestation. *Aquaculture*, 535, 736377. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2021.736377](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736377). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848621000399>
- Alves, C.M.G., Nogueira, J.N., Barriga, I.B., Dos Santos, J.R., Santos, G.G. & Tavares-Dias, M. (2019).** Albendazole, levamisole and ivermectin are effective against monogeneans of *Colossoma macropomum* (Pisces: Serrasalmidae). *Journal of fish diseases*, 42(3), 405-412. DOI: [10.1111/jfd.12952](https://doi.org/10.1111/jfd.12952). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfd.12952>
- Aly, S., Fathi, M., Youssef, E.M. & Mabrok, M. (2020).** Trichodinids and monogeneans infestation among Nile tilapia hatcheries in Egypt: prevalence, therapeutic and prophylactic treatments. *Aquaculture International*, 28, 1459-1471. DOI: [10.1007/s10499-020-00537-w](https://doi.org/10.1007/s10499-020-00537-w). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-020-00537-w>



**Amador-del Ángel, L. E. & Wakida-Kusunoki, A. T. (2014).** Peces invasores en el sureste de México, en R. Mendoza & P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 425-433. [https://www.researchgate.net/profile/Luis-Enrique-Amador-Del-Angel/publication/259868683\\_Peces\\_invasores\\_en\\_el\\_Sureste\\_de\\_Mexico/links/00b7d52e-bbf9cb3db000000/Peces-invasores-en-el-Sureste-de-Mexico.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luis-Enrique-Amador-Del-Angel/publication/259868683_Peces_invasores_en_el_Sureste_de_Mexico/links/00b7d52e-bbf9cb3db000000/Peces-invasores-en-el-Sureste-de-Mexico.pdf)

**Assane, I.M., Prada-Mejia, K.D., Gallani, S.U., Weiser, N. F., Valladão, G. M. R. & Pilarski, F. (2022).** *Enterogyrus* spp.(Monogenea: Ancyrocephalinae) and *Aeromonas jandaei* co-infection associated with high mortality following transport stress in cultured Nile tilapia. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(4), e276-e287. DOI: [10.1111/tbed.14295](https://doi.org/10.1111/tbed.14295). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/tbed.14295>

**Bakke, T. A., Cable, J. & Harris, P.D. (2007).** The biology of gyrodactylid monogeneans: the “Russian-doll killers”. *Advances in parasitology*, 64, 161-460. DOI: [10.1016/S0065-308X\(06\)64003-7](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(06)64003-7). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065308X06640037>

**Bañuelos-Vargas, I., Rodríguez-Montes de Oca, G. A., Martínez-Montaño, E., Perez-Jimenez, A., Mendoza-Gamboa, O. A., Estrada-Godínez, J. A., & Hernandez, C. (2021).** Antioxidant and immune response of juvenile red tilapia (*Oreochromis* sp.) cultured at different densities in sea water with biofloc plus probiotics. *Aquaculture*, 544, 737112. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2021.737112](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737112). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848621007754>

**Casemiro F.A., Bailly, D., Júnio da Graca, W. & Agostinho, A.A. (2018).** The invasive potential of tilapias (Osteichthyes: Cichlidae) in the Americas. *Hydrobiologia*. 817, 133–154. DOI: [10.1007/s10750-017-3471-1](https://doi.org/10.1007/s10750-017-3471-1). - <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-017-3471-1>

**Cavalcanti, L.D., Gouveia, É.J., Souza, E.C.V., Carrijo-Mauad, J.R. & Russo, M.R. (2021).** Effect of poultry litter as an organic fertilizer, in water quality, parasitic abundance, and growth Nile tilapia. *Boletim do Instituto de Pesca*, 47, e622. DOI: [10.20950/1678-2305/bip.2021.47.e622](https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2021.47.e622). <https://institutedepesca.org/index.php/bip/article/view/1596/1505>

**Chen, J., Zheng, Y., Zhi, T., Xu, X., Zhang, S., Brown, C.L. & Yang, T. (2021).** MHC II  $\alpha$  polymorphism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, and its association with the susceptibility to *Gyrodactylus cichlidarum* (Monogenea) infection. *Aquaculture*, 539, 736637. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2021.736637](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736637). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848621002994>

**Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). (2021).** Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2021. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2021. Ficha estadística m o j a r r a , 2 0 1 2 - 2 0 2 1 . - [https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2021/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_DE\\_ACUA\\_CULTURA\\_Y\\_PESCA\\_2021.pdf](https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2021/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUA_CULTURA_Y_PESCA_2021.pdf)



- Compean-Martínez, J., Salazar-Ulloa, M., Chávez-Soriano, L., Muñoz-Córdoba, G. & Von Son-de Fernex, E. (2021). Anthelmintic-like Activity of *Leucaena leucocephala* Aqueous Extract Against *Gyrodactylus* spp. in Naturally Infected Tilapia Fingerlings. *North American Journal of Aquaculture*, 83(4), 354-362. DOI: [10.1002/naaq.10206](https://doi.org/10.1002/naaq.10206). <https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/naaq.10206>
- Cribb, T.H., Chisholm, L.A. & Bray, R.A. (2002). Diversity in the Monogenea and Digenea: does lifestyle matter?. *International Journal for Parasitology*, 32(3), 321-328. DOI: [10.1016/S0020-7519\(01\)00333-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(01)00333-2). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020751901003332>
- Cruz-Laufer, A.J., Artois, T., Smeets, K., Pariselle, A. & Vanhove, M.P. (2021). The cichlid-*Cichlidogyrus* network: a blueprint for a model system of parasite evolution. *Hydrobiologia*, 848, 3847-3863. DOI: [10.1007/s10750-020-04426-4](https://doi.org/10.1007/s10750-020-04426-4). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-020-04426-4>
- Cruz, M., & Polanco, M. (2014). El sector primario y el estancamiento económico en México. *Problemas del desarrollo*, 45 (178), 9-33. DOI: [10.1016/S0301-7036\(14\)70874-0](https://doi.org/10.1016/S0301-7036(14)70874-0) - <https://www.scielo.org.mx/pdf/prode/v45n178/v45n178a2.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2012). Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).- [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5615929&fecha=15/04/2021](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5615929&fecha=15/04/2021)
- Dos-Anjos, A.C.P. & Isaac, A. (2020). The efficacy and dosage of *Mentha piperita* essential oil in the control of Monogenean parasites in *Oreochromis niloticus*. *Journal of Parasitic Diseases*, 44, 597-606. DOI: [10.1007/s12639-020-01233-5](https://doi.org/10.1007/s12639-020-01233-5). <https://link.springer.com/article/10.1007/s12639-020-01233-5>
- Dotta, G., Brum, A., Jeronimo, G. T., Maraschin, M., & Martins, M. L. (2015). Effect of dietary supplementation with propolis and *Aloe barbadensis* extracts on hematological parameters and parasitism in Nile tilapia. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 24, 66-71. DOI: [10.1590/S1984-29612015004](https://doi.org/10.1590/S1984-29612015004). <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/LzwYHXK39fKlPzRzR/?lang=en>
- Ek-Huchim, J.P., Jimenez-García, I., Pérez-Vega, J.A. & Rodríguez-Canul, R. (2012). Non-lethal detection of DNA from *Cichlidogyrus* spp.(Monogenea, Ancyrocephalinae) in gill mucus of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 98(2), 155-162. DOI: [10.3354/dao02435](https://doi.org/10.3354/dao02435). <https://www.int-res.com/abstracts/dao/v98/n2/p155-162/>
- Ek-Huchim, J. P., Jiménez-García, I., & Rodríguez-Canul, R. (2019). DNA detection of *Gyrodactylus* spp. in skin mucus of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Veterinary parasitology*, 272, 75-78. DOI: [10.1016/j.vetpar.2019.07.004](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.07.004). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03044401719301670>



- El-Naggar, A. A., & El-Tantawy, S. A. (2003). The dynamics of gill monogenean communities on cichlid fish hosts inhabiting Damietta Branch of the River Nile: long-term changes in species richness and community structure. *Journal-egyptian german society of zoology*, 41, 187-220. <https://link.springer.com/article/10.2478/s11686-011-0005-2>
- Espinosa-Pérez, H. (2014). Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85, 450-459. DOI: [10.7550/rmb.32264](https://doi.org/10.7550/rmb.32264). - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345314707225>
- Essa, S., & Yones, A. (2018). Effect of Dietary Sorghum Supplemented With Inulin on Ectoparasitic Infection and Protein Gel Electrophoresis of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fingerlings. *Suez Canal Veterinary Medical Journal. SCVMJ*, 23(1), 67-83. DOI: [10.21608/SCVMJ.2018.60764](https://doi.org/10.21608/SCVMJ.2018.60764). [https://scvmj.journals.ekb.eg/article\\_60764.html](https://scvmj.journals.ekb.eg/article_60764.html)
- Firmat, C., Alibert, P., Mutin, G., Losseau, M., Pariselle, A. & Sasal, P. (2016). A case of complete loss of gill parasites in the invasive cichlid *Oreochromis mossambicus*. *Parasitology research*, 115, 3657-3661. DOI: [10.1007/s00436-016-5168-1](https://doi.org/10.1007/s00436-016-5168-1). <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-016-5168-1>
- Forseth, B.T., Barlaup, B., Finstad, P., Fiske, H., Gjoaester, M., Falkegard, A., Hindar, T.A., Mo, A.H., Rikardsen, E.B., Thorstad, L.A., Vollestad, V., Wennevik. (2017). The major threats to Atlantic salmon in Norway. *ICES J. Mar. Sci.*, 74 (6), 1496-1513. <https://academic.oup.com/icesjms/article/74/6/1496/3061737?login=false>
- Froese, R. & Pauly, D. (2016). FishBase. World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org/summary/Oreochromis-niloticus.html>
- García-Márquez, L., Osorio-Sarabia, D., Constantino, F. (1993). Prevalencia de los parásitos y las alteraciones histológicas que producen a las tilapias de la Laguna de Amela, Tecoman, Colima. *Vet Mex*, 24, 199-205. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=14375>
- García-Trejo, J.F., Peña-Herrejon, G.A., Soto-Zarazúa, G.M., Mercado-Luna, A., Alatorre-Jácome, O. & Rico-García, E. (2016). Effect of stocking density on growth performance and oxygen consumption of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under greenhouse conditions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(1), 177-183. DOI: [10.3856/vol44-issue5-fulltext-20](https://doi.org/10.3856/vol44-issue5-fulltext-20). <https://www.redalyc.org/pdf/1750/175044491020.pdf>
- Geraerts, M., Muterezi-Bukinga, F., Vanhove, M.P., Pariselle, A., Chocha-Manda, A., Vreven, E. & Artois, T. (2020). Six new species of *Cichlidogyrus paperna*, 1960 (Platyhelminthes: Monogenea) from the gills of cichlids (Teleostei: Cichliformes) from the Lomami river basin (drc: Middle congo). *Parasites & vectors*, 13(1), 1-20. <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-020-3927-4>
- Gillardin, C., Vanhove, M.P., Pariselle, A., Huyse, T. & Volckaert, F.A. (2012). *Ancyrocephalidae* (Monogenea) of Lake Tanganyika: II: description of the first *Cichlidogyrus* spp. parasites from Tropheini fish hosts (Teleostei, Cichlidae). *Parasitology Research*, 110, 305-313. DOI: [10.1007/s00436-011-2490-5](https://doi.org/10.1007/s00436-011-2490-5). <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-011-2490-5>



**González-Fernández, J.G. (2012).** Parasitofauna en tilapia causante de mortalidad en alevinos en dos centros de cultivos, Lima, Perú. *Neotrop. Helminthol*, 6(2), 219-229. <https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neoheh/v6n2/pdf/a08v6n2.pdf>

**Grano-Maldonado, M. I., Gisbert, E., Hirt-Chabbert, J., Paladini, G., Roque, A., Bron, J. E., & Shinn, A. P. (2011a).** An infection of *Gyrodactylus anguillae* Ergens, 1960 (Monogenea) associated with the mortality of glass eels (*Anguilla anguilla* L.) on the north-western Mediterranean Sea board of Spain. *Veterinary Parasitology*. 180(3-4), 323-331. DOI: [10.1016/j.vetpar.2011.03.004](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.03.004). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401711001713>

**Grano-Maldonado, M.I., Bron, J.E., Longshaw, M. & Shinn, A. (2011b).** The accidental transfer of *Gyrodactylus* (monogenea) during short duration fish transportation. *Fish Pathology*, 46 (3), 71 - 79. DOI: [10.3147/j.sfp.46.71](https://doi.org/10.3147/j.sfp.46.71). [https://www.istage.ist.go.jp/article/jsfp/46/3/46\\_3\\_71/article/-char/ja/](https://www.istage.ist.go.jp/article/jsfp/46/3/46_3_71/article/-char/ja/)

**Grano-Maldonado, M.I. (2014a).** Ultrastructure of the external sensory apparatus of *Gyrodactylus gasterostei* Gläser, 1974. *Microscopy Research and Technique*, 77, 740-747. DOI: [10.1002/jemt.22396](https://doi.org/10.1002/jemt.22396). <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jemt.22396>

**Grano-Maldonado, M. I. (2014b).** *Gyrodactylus gasterostei* a difficult meal to swallow for the 3-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus* L., *Scanning*, 36, 614-621. DOI: [10.1002/sca.21162](https://doi.org/10.1002/sca.21162). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sca.21162>

**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. DOI: [10.3856/vol46-issue5-fulltext-9](https://doi.org/10.3856/vol46-issue5-fulltext-9). [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2018000500961&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2018000500961&script=sci_arttext&tlng=pt)

**Harris, P.D., Bachmann, L. & Bakke, T.A. (2011).** The parasites and pathogens of the Atlantic salmon: lessons from *Gyrodactylus salaris*. *Atlantic salmon ecology*. Chichester (United Kingdom) : Wiley - Blackwell, 221 - 252 . [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9IMZnUdUGZUC&oi=fnd&pg=PA221&dq=gyrodactylus+fish+disease&ots=62PdqnXAsL&sig=HITia1TH\\_GkGVBVD3hQIFNPpPro#v=onepage&q=gyrodactylus%20fish%20disease&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9IMZnUdUGZUC&oi=fnd&pg=PA221&dq=gyrodactylus+fish+disease&ots=62PdqnXAsL&sig=HITia1TH_GkGVBVD3hQIFNPpPro#v=onepage&q=gyrodactylus%20fish%20disease&f=false)

**Hernández-Sandoval, P., Ruiz-García, J. D., Díaz-Camacho, S. P., Ávila-Díaz, J. A., Rentería, K. M., Padilla-Serrato, J. G. & Rábago-Quiroz, C. H. (2023).** Dinámica poblacional y modelación del crecimiento de *Oreochromis aureus* en la presa Josefa Ortiz de Domínguez, Sinaloa, México. *Revista Bio Ciencias*, 10, 1-25. DOI: [10.15741/revbio.10.e1454](https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1454) - <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/1454/1433>

**Huang, A.G., Yi, Y.L., Ling, F., Lu, L., Zhang, Q.Z. & Wang, G.X. (2013).** Screening of plant extracts for anthelmintic activity against *Dactylogyrus intermedius* (Monogenea) in goldfish (*Carassius auratus*). *Parasitology research*, 112, 4065-4072. DOI: [10.1007/s00436-013-3597-7](https://doi.org/10.1007/s00436-013-3597-7). <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-013-3597-7>



Hu, Y., Ji, J., Ling, F., Chen, Y., Lu, L., Zhang, Q. & Wang, G. (2014). Screening medicinal plants for use against *Dactylogyrus intermedius* (Monogenea) infection in goldfish. *Journal of aquatic animal health*, 26(3), 127-136. DOI: [10.1080/08997659.2014.902872](https://doi.org/10.1080/08997659.2014.902872). <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08997659.2014.902872>

Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). (2022). *Acuicultura de Tilapia*. <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>

Jatobá, A., Stockhausen, L., da Silva, L.R. & de Andrade, J.I.A. (2023). Therapeutic bath of mint hydrolate in the control of monogenea for four tilapia species. *Boletim do Instituto de Pesca*, 49, 1-7. DOI: [10.20950/1678-2305/bip.2023.49.e706](https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2023.49.e706). <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/1724/1567>

Jerônimo, G.T., Speck, G.M. & Martins, M.L. (2010). First report of *Enterogyrus cichlidarum* Paperna 1963 (Monogenoidea: Ancyrocephalidae) on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in Brazil. *Neotropical Helminthology*, 4(1), 75-80. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4765128>

Jiang, B., Chi, C., Fu, Y.W., Zhang, Q.Z. & Wang, G.X. (2013). In vivo anthelmintic effect of flavonol rhamnosides from *Dryopteris crassirhizoma* against *Dactylogyrus intermedius* in goldfish (*Carassius auratus*). *Parasitology research*, 112, 4097-4104. DOI: [10.1007/s00436-013-3600-3](https://doi.org/10.1007/s00436-013-3600-3). <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-013-3600-3>

Jiménez-Sánchez, A., Sánchez-Nava, P., Rodríguez-Romero, F.J. & Flores-Nava, B. (2019). Monogéneos de *Astyanax aeneus* (Characidae) y *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) en la cuenca del río Ixtapan, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, 902750. DOI: [10.22201/ib.20078706e.2019.90.2750](https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2750). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532019000100624&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532019000100624&script=sci_abstract&tlng=pt)

Jiménez-García, I., Rojas-García, C.R. & Mendoza-Franco, E.F. (2020). Ecto-parasitic infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry during male reversal in Veracruz, México. *International Aquatic Research*, 12, 197-207. DOI: [10.22034/IAR.2020.1898558.1046](https://doi.org/10.22034/IAR.2020.1898558.1046). [https://intelaquares.tonekabon.iau.ir/article\\_675342.html](https://intelaquares.tonekabon.iau.ir/article_675342.html)

Jiménez-García, M.I., Vidal-Martínez, V.M., López-Jiménez, S. (2001). Monogeneans in introduced and native cichlids in México: Evidence for transfer. *J. Parasitol*, 87 (4), 907-909. DOI: [10.1645/0022-3395\(2001\)087\[0907:MIIANC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2001)087[0907:MIIANC]2.0.CO;2). <https://meridian.allenpress.com/journal-of-parasitology/article-abstract/87/4/907/5738/Monogeneans-in-Introduced-and-Native-Cichlids-in>

Jorissen, M.W., Pariselle, A., Huysse, T., Vreven, E.J., Snoeks, J., Volckaert, F.A. & Vanhove, M.P.M. (2018). Diversity and host specificity of monogenean gill parasites (Platyhelminthes) of cichlid fishes in the Bangweulu-Mweru ecoregion. *Journal of Helminthology*, 92(4), 417-437. DOI: [10.1017/S0022149X17000712](https://doi.org/10.1017/S0022149X17000712). <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-helminthology/article/abs/diversity-and-host-specificity-of-monogenean-gill-parasites-platyhelminthes-of-cichlid-fishes-in-the-bangweulumweru-ecoregion/1B5CACEBDC6670FEB3DE75856D486E51>



- Kaiqi, L.I.A., Zhang, M., Lingling, Z.H.O.U., Yuwei, S.O.N.G. & Xianjun, G.U.A.N. (2020).** Screening of Chinese Medicinal Herbs for Anthelmintic Efficacy Against *Gyrodactylus kobayashii* (Monogenea) in Goldfish (*Carassius auratus*). Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 26(3), 357-363. DOI: 10.9775/kvfd.2019.23196. [https://vetdergikafkas.org/uploads/pdf/pdf\\_KVFD\\_2673.pdf](https://vetdergikafkas.org/uploads/pdf/pdf_KVFD_2673.pdf)
- Kolarova, J., Zuskova, E. & Velisek, J.O.S. (2022).** Efficacy of a therapeutic bath with selected antiparasitic drugs on a *Dactylogyrus anchoratus* infection in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). Veterinární medicína, 67(12), 620-627. DOI: 10.17221/66/2022-VETMED. [https://www.old-aj.cz/web/vetmed.htm?type=article&id=66\\_2022-VETMED](https://www.old-aj.cz/web/vetmed.htm?type=article&id=66_2022-VETMED)
- Le-Roux, L. & Avenant-Oldewage, A. (2010).** Check list of the fish parasitic genus *Cichlidogyrus* (Monogenea), including its cosmopolitan distribution and host species. Afr. J. Aquat. Sci., 35(1), 21-36. DOI: 10.2989/16085914.2010.466632. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2989/16085914.2010.466632>
- Leyva, R. G., Bautista-Rosales, P. U., Rosas-Ulloa, R. U., Silva-Carrillo, Y. & Ramírez-Acevedo, E. A. (2020).** Evaluación de la producción intensiva de juveniles de tilapia en invernadero: Análisis de rentabilidad y aspectos de su aplicabilidad. Revista Bio Ciencias, 7, 1-23. DOI: 10.15741/revbio.07.e584. <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/584/pdf>
- Ling, F.E.I., Jiang, C., Liu, G., Li, M. & Wang, G. (2015).** Anthelmintic efficacy of cinnamaldehyde and cinnamic acid from cortex cinnamon essential oil against *Dactylogyrus intermedius*. Parasitology, 142(14), 1744-1750. DOI: 10.1017/S0031182015001031. <https://www.cambridge.org/core/journals/parasitology/article/abs/anthelmintic-efficacy-of-cinnamaldehyde-and-cinnamic-acid-from-cortex-cinnamon-essential-oil-against-dactylogyrus-intermedius/6472E8E65EC8A042F68A914B3FFE95EA>
- Liu, Y., Tan, X., Zhang, Y., Ling, F., Liu, T. & Wang, G. (2022).** Isoimperatorin: A promising anti *Gyrodactylus kobayashii* natural compound from *Angelica dahurica*. Aquaculture, 560, 738552. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738552. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848622006688>
- Mandeng, F.D.M., Bilong, C.F.B., Pariselle, A., Vanhove, M.P., Nyom, A.R.B. & Agnès, J.F. (2015).** A phylogeny of *Cichlidogyrus* spp. (Monogenea, *Dactylogyridea*) clarifies a host-switch between fish families and reveals an adaptive component to attachment organ morphology of this parasite genus. Parasit Vectors, 8, 582. <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-015-1181-y>
- Martins, M., Azevedo, T., Ghiraldelli, L. & Bernardi, N. (2010).** Can the parasitic fauna on Nile tilapias be affected by different production systems?. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 82, 493-500. DOI: 10.1590/S0001-37652010000200024. <https://www.scielo.br/j/aabc/a/5x8pC4jfs7pMq5XnpWbvHvv/?lang=en>



**Mendoza-Garfias, B., García-Prieto, L. & Pérez-Ponce de León, G. (2017).** Checklist of the Monogenea (Platyhelminthes) parasitic in Mexican aquatic vertebrates. *Zoosystema*, 39, 501–599. DOI: [10.5252/z2017n4a5](https://doi.org/10.5252/z2017n4a5). <https://bioone.org/journals/Zoosystema/volume-39/issue-4/z2017n4a5/Checklist-of-the-monogenea-Platyhelminthes-parasitic-in-mexican-aquatic-vertebrates/10.5252/z2017n4a5.short>

**Mendoza-Palmero, C.A., Blasco-Costa, I. & de León, G.P.P. (2019).** Morphological and molecular characterisation of a new species of *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 (Monogeneoidea: Gyrodactylidae) of cichlid fishes (Perciformes) from Mexico. *Parasitology international*, 70, 102–111. DOI: [10.1016/j.parint.2019.02.009](https://doi.org/10.1016/j.parint.2019.02.009) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383576918302757>

**Mendoza, R., Ramírez-Martínez, C., Aguilera, C. & Meave-Del Castillo, M. E. (2014).** Principales vías de introducción de las especies exóticas, en R. Mendoza & P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 43-73. [https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Mendoza-6/publication/273143230\\_Principales\\_vias\\_de\\_introduccion\\_de\\_las\\_especies\\_exoticas/links/54fa0c800cf20b0d2cb63465/Principales-vias-de-introduccion-de-las-especies-exoticas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Mendoza-6/publication/273143230_Principales_vias_de_introduccion_de_las_especies_exoticas/links/54fa0c800cf20b0d2cb63465/Principales-vias-de-introduccion-de-las-especies-exoticas.pdf)

**Meneses, J.O., do Couto, M.V.S., Sousa, N.C., Cunha, F.D.S., Abe, H.A., Ramos, F.M. & Fujimoto, R.Y. (2018).** Efficacy of *Ocimum gratissimum* essential oil against the monogenean *Cichlidogyrus tilapiae* gill parasite of Nile tilapia. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70, 497–504. DOI: [10.1590/1678-4162-9667](https://doi.org/10.1590/1678-4162-9667). <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/CjvwwzJhVjHCL3TZm8Fkk7t/>

**Montoya-Mendoza, J., Lango-Reynoso, F. & Castañeda-Chávez, M.R. (2016).** Monogéneos parásitos de *Oreochromis* spp., en punto de venta. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(4), 949-952. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000400949&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000400949&lng=es&tlng=es).

**Moolulungo, K., Tuiyo, R. & Juliana, J. (2019).** Effect of Betel Leaf Decoction against Ectoparasites Intensity of Monogenea. *The NIKe Journal*, 7(2). DOI: [10.37905/v7i2.4876](https://doi.org/10.37905/v7i2.4876). <https://ejournal.ung.ac.id/index.php/nike/article/view/4876>

**Núñez, H., Vargas, R., Guerra, I. & Ramos, E. (2021).** Efecto de la temperatura sobre el consumo de oxígeno en tilapias del Nilo con diferentes fenotipos de comportamiento. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 10(2), 1-18. <https://matriculapre.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/2245>

**Oliveira-Hashimoto, G. S., Neto, F. M., Ruiz, M. L., Acchile, M., Chagas, E. C., Chaves, F. C. M. & Martins, M. L. (2016).** Essential oils of *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* against monogenean parasites and their influence on the hematology of Nile tilapia. *Aquaculture*, 450, 182–186. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2015.07.029](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.029). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848615301113>



- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022).** El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Contribuir a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. -<https://www.fao.org/3/cc0461en/online/cc0461en.html>
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2019).** Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1398-1417. DOI: [10.1111/raq.12299](https://doi.org/10.1111/raq.12299). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12299>
- Pádua, S. B., de Menezes-Filho, R. N., de Andrade-Belo, M.A., & Nagata, M.M. (2014).** A nutritional additive increases survival and reduces parasitism in Nile tilapia during masculinisation. *Aqua Culture Asia Pacific*, 10(5), 24-27. [https://www.researchgate.net/publication/266392000\\_A\\_nutritional\\_additive\\_increases\\_survival\\_and\\_reduces\\_parasitism\\_in\\_Nile\\_tilapia\\_during\\_masculinisation](https://www.researchgate.net/publication/266392000_A_nutritional_additive_increases_survival_and_reduces_parasitism_in_Nile_tilapia_during_masculinisation)
- Pantoja, M.F.W., Fishing-Engineer, L.N.R., Fishing-Engineer, M.D.R., Zoo-Technician, D. M. & Tavares-Dias, M. (2012).** Protozoan and metazoan parasites of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in Brazil. *Revista MVZ Córdoba*, 17(1), 2812-2819. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v17n1/v17n1a02.pdf>
- Paredes-Trujillo, A., Velázquez-Abunader, I., Torres-Irineo, E., Romero, D. & Vidal-Martínez, V.M. (2016).** Geographical distribution of protozoan and metazoan parasites of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) (Perciformes: Cichlidae) in Yucatán, México. *Parasites & Vectors*, 9, 66. DOI: [10.1186/s13071-016-1332-9](https://doi.org/10.1186/s13071-016-1332-9). <https://link.springer.com/article/10.1186/s13071-016-1332-9>
- Paredes-Trujillo, A., Velázquez-Abunader, I., Papiol, V., del Río-Rodríguez, R., Vidal-Martínez, V. (2021).** Negative effect of ectoparasite burdens on the condition factor from farmed tilapia *Oreochromis niloticus* in the Yucatan, Mexico. *Vet Parasitol*, 292, 109393. DOI: [10.1016/j.vetpar.2021.109393](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109393). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401721000534>
- Peeler, E.J., Gardiner, R. & Thrush, M.A. (2004).** Qualitative risk assessment of routes of transmission of the exotic fish parasite *Gyrodactylus salaris* between river catchments in England and Wales. *Preventive veterinary medicine*, 64(2-4), 175-189. DOI: [10.1016/j.prevetmed.2004.05.005](https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.05.005). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167587704001163>
- Pérez, M., Sáenz, M., & Martínez, E. (2015).** Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos. *Universitas (León). Revista Científica de la UNAN-León. Vicerrectoría de Investigación, Postgrados y Proyección Social*, 6(1132-2016-92372), 6 (1), 66-70. DOI: [10.22004/ag.econ.232908](https://doi.org/10.22004/ag.econ.232908) - <https://ageconsearch.umn.edu/record/232908>



Pérez-Ponce de León, G., Rosas-Valdez, R., Aguilar-Aguilar, R., Mendoza-Garfias, B., Mendoza-Palmero, C., García-Prieto, L., Rojas-Sánchez, A., Briosio-Aguilar, R., Pérez-Rodríguez, R. & Domínguez-Domínguez, O. (2010). Helminth parasites of freshwater fishes, Nazas River basin, northern Mexico. Checklist, 6 (1), 26–35. DOI: [10.15560/6.1.026](https://doi.org/10.15560/6.1.026).  
<https://www.biotaxa.org/cl/article/view/6.1.026>

Pinacho-Pinacho, C.D., Sánchez-Angeles, J., Martínez-Ramírez, E., Calixto-Rojas, M. & Rubio-Godoy, M. (2023). Feral parasites: African monogeneans recorded in ferine Nile tilapia in Oaxaca, Mexico. Aquaculture, 739974. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2023.739974](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739974).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848623007482>

Razo-Mendivil, U., García-Vásquez, A., & Rubio-Godoy, M. (2016). Spot the difference: two cryptic species of *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 (Platyhelminthes: Monogenea) infecting *Astyanax aeneus* (Actinopterygii, Characidae) in Mexico. Parasitology International, 65(5), 389–400. DOI: [10.1016/j.parint.2016.05.009](https://doi.org/10.1016/j.parint.2016.05.009).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383576916301295>

Rocha, L.G., Almeida, J.R.G.S., Macedo, R.O. & Barbosa-Filho, J.M. (2005). A review of natural products with antileishmanial activity. Phytomedicine, 12(6-7), 514-535. DOI: [10.1016/j.phymed.2003.10.006](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2003.10.006).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0944711305000358>

Rodríguez-Montes De Oca, G. A., Román-Reyes, J. C., Alaniz-Gonzalez, A., Serna-Delval, C. O., Muñoz-Cordova, G., & Rodríguez-González, H. (2015). Effect of salinity on three tilapia (*Oreochromis* sp.) strains: hatching rate, length and yolk sac size. Int. J. of Aquatic Science, 6(1), 96-106. - [https://www.researchgate.net/profile/Hervey-Rodriguez-Gonzalez/publication/278677267\\_Effect\\_of\\_salinity\\_on\\_three\\_tilapia\\_Oreochromis\\_sp\\_strains\\_hatching\\_rate\\_length\\_and\\_yolk\\_sac\\_size/links/5582f05808ae89172b85d0f1/Effect-of-salinity-on-three-tilapia-Oreochromis-sp-strains-hatching-rate-length-and-yolk-sac-size.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hervey-Rodriguez-Gonzalez/publication/278677267_Effect_of_salinity_on_three_tilapia_Oreochromis_sp_strains_hatching_rate_length_and_yolk_sac_size/links/5582f05808ae89172b85d0f1/Effect-of-salinity-on-three-tilapia-Oreochromis-sp-strains-hatching-rate-length-and-yolk-sac-size.pdf)

Přikrylová, I., Blažek, R., & Vanhove, M. P. (2012). An overview of the *Gyrodactylus* (Monogenea: *Gyrodactylidae*) species parasitizing African catfishes, and their morphological and molecular diversity. Parasitology Research, 110, 1185-1200. DOI: 10.1007/s00436-011-2612-0. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-011-2612-0>

Přikrylová, I., Matějusková, I., Musilová, N. & Gelnar, M. (2009). *Gyrodactylus* species (Monogenea: *Gyrodactylidae*) on the cichlid fishes of Senegal, with the description of *Gyrodactylus ergensi* n. sp. from Mango tilapia, *Sarotherodon galilaeus* L. (Teleostei: *Cichlidae*). Parasitology Research, 106, 1-6. DOI: 10.1007/s00436-009-1600-0. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-009-1600-0>

Sandoval-Gío, J.J., Rodríguez-Canul, R. & Vidal-Martínez, V.M. (2008). Humoral antibody response of the tilapia *Oreochromis niloticus* against *Cichlidogyrus* spp. (Monogenea). Journal of Parasitology, 94(2), 404-409. DOI: [10.1645/GE-1382.1](https://doi.org/10.1645/GE-1382.1).  
<https://meridian.allenpress.com/journal-of-parasitology/article-abstract/94/2/404/7792/Humoral-Antibody-Response-of-the-Tilapia>



- Sandoval-Gío, J.J., Rodríguez-Canul, R.P., Vidal-Martínez, V.M., Fájér-Ávila, E.J. & Améndola-Pimenta, M. (2019). Formalin toxicity to *Oreochromis niloticus*; its effectiveness against *Cichlidogyrus* spp. and host stress response. Latin american journal of aquatic research, 47 (1), 34-41. DOI: 10.3856/vol47-issue1-fulltext-5. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2019000100034&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2019000100034&script=sci_arttext)
- Smallbone, W., Van-Oosterhout, C. & Cable, J. (2016). The effects of inbreeding on disease susceptibility: *Gyrodactylus turnbulli* infection of guppies, *Poecilia reticulata*. Experimental Parasitology, 167, 32-37. DOI: 10.1016/j.exppara.2016.04.018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014489416300807>
- Tu, X., Ling, F., Huang, A., Zhang, Q. & Wang, G. (2013). Anthelmintic efficacy of *Santalum album* (Santalaceae) against monogenean infections in goldfish. Parasitology research, 112, 2839-2845. DOI: 10.1007/s00436-013-3455-7. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-013-3455-7>
- Tu, X., Ling, F., Huang, A., & Wang, G. (2015). An infection of *Gyrodactylus kobayashii* Hukuda, 1940 (Monogenea) associated with the mortality of goldfish (*Carassius auratus*) from central China. Parasitology Research, 114, 737-745. DOI: 10.1007/s00436-014-4241-x. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-014-4241-x>
- Tu, X., Huang, A., Hu, Y., Ling, F. & Wang, G. (2018). Arctigenin: An emerging candidate against infections of *Gyrodactylus*. Aquaculture, 495, 983-991. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.064. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848618300073>
- Valladão, G.M.R., Gallani, S.U. & Pilarski, F. (2015). Phytotherapy as an alternative for treating fish disease. Journal of veterinary pharmacology and therapeutics, 38(5), 417-428. DOI: 10.1111/jvp.12202. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jvp.12202>
- Valladão, G.M.R., Alves, L.D.O. & Pilarski, F. (2016). Trichodiniasis in Nile tilapia hatcheries: diagnosis, parasite: host-stage relationship and treatment. Aquaculture, 451, 444-450. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.09.030. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848615301897>
- Vidal-Martínez, V. M., Jiménez-Cueto, A. M., & Simá-Álvarez, R. (2002). Parasites and symbionts of native and cultured shrimps from Yucatán, Mexico. Journal of Aquatic Animal Health, 14(1), 57-64. DOI: 10.1577/1548-8667(2002)014<0057:PASONA>2.0.CO;2. [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/1548-8667\(2002\)014%3C0057%3APASONA%3E2.0.CO%3B2](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/1548-8667(2002)014%3C0057%3APASONA%3E2.0.CO%3B2)
- Wang, L., Zhang, D., Xie, J., Chang, O., Wang, Q., Shi, C. & Pan, H. (2023). Do ectoparasites on fish gills “talk” with gut microbiota far away?. Aquaculture, 562, 738880. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.73888. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848622009978>



- Xu, D.H., Shoemaker, C.A. & Klesius, P.H. (2007).** Evaluation of the link between gyrodactylosis and streptococcosis of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of fish diseases*, 30(4), 233-238. DOI: [10.1111/j.1365-2761.2007.00806.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2007.00806.x). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2761.2007.00806.x>
- Yang, Z., Tan, X., Zhang, Z., Han, J., Qu, S., Liu, T. & Wang, G. (2022).** Ononin: A candidate anti-parasitic drug isolated from *Spatholobi caulis* against infections of *Dactylogyrus intermedius* (Monogenea). *Parasitology International*, 88, 102535. DOI: [10.1016/j.pariint.2021.102535](https://doi.org/10.1016/j.pariint.2021.102535). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383576921002531>
- Yavuzcan-Yildiz, H. & Bekcan, S. (2020).** Control of ectoparasitosis in carp (*Cyprinus carpio*) induced by *Gyrodactylus elegans* (Monogenea) with garlic (*Allium sativum*) and onion (*Allium cepa*) extracts. *Ecocycles*, 6(1), 10-17. DOI: [10.19040/ecocycles.v6i1.157](https://doi.org/10.19040/ecocycles.v6i1.157). <http://real.mtak.hu/108491/>
- Zahradníčková, P., Barson, M., Luus-Powell, W. J., & Příkladová, I. (2016).** Species of *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 (Platyhelminthes: Monogenea) from cichlids from Zambezi and Limpopo river basins in Zimbabwe and South Africa: evidence for unexplored species richness. *Systematic Parasitology*, 93, 679-700. DOI: [10.1007/s11230-016-9652-x](https://doi.org/10.1007/s11230-016-9652-x). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11230-016-9652-x>
- Zambrano, L., Martínez-Meyer, E., Menezes, N. & Peterson, A. T. (2006).** Invasive potential of common carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in American freshwater systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63 (9), 1903-1910. DOI: [10.1139/f06-088](https://doi.org/10.1139/f06-088). - <https://cdns.cdnsciencepub.com/doi/abs/10.1139/f06-088>
- Zanolo, R., Leonhardt, J. H., Souza, Â.T.S. & Yamamura, M.H. (2009).** Influência do parasitismo por monogéas no desenvolvimento de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)(Linnaeus, 1757) criadas em sistemas de tanques-rede na represa de Capivara. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 18 (1), 47-52. DOI: [10.4322/rbpv.01801009](https://doi.org/10.4322/rbpv.01801009). <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/mC8BMtfd7VsPx4hQvj4hL7s/?lang=pt>
- Zhang, S., Zhi, T., Xu, X., Zheng, Y., Bilong-Bilong, C.F., Pariselle, A., Yang, T. (2019)** Monogenean fauna of alien tilapias (Cichlidae) in South China. *Parasite*, 26 (4), 1-16. DOI: [10.1051/parasite/2019003](https://doi.org/10.1051/parasite/2019003). <https://www.parasite-journal.org/articles/parasite/pdf/2019/01/parasite180107.pdf>
- Zhang, X.P., Li, W.X., Ai, T.S., Zou, H., Wu, S.G. & Wang, G. T. (2014).** The efficacy of four common anthelmintic drugs and traditional Chinese medicinal plant extracts to control *Dactylogyrus vastator* (Monogenea). *Aquaculture*, 420, 302-307. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2013.09.022](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.022). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848613004808>



- Zhang, Y., Tan, X., Tu, X., Ling, F. & Wang, G. (2020).** Efficacy and antiparasitic mechanism of curdione from *Curcuma zedoaria* against *Gyrodactylus kobayashii* in goldfish. *Aquaculture*, 523, 735186. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2020.735186](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735186). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848619332557>
- Zhi, T., Xu, X., Chen, J., Zheng, Y., Zhang, S., Peng, J., Brown, C.L. & Yang, T. (2018)** Expression of immune-related genes of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* after *Gyrodactylus cichlidarum* and *Cichlidogyrus sclerosus* infections demonstrating immunosuppression in coinfection. *Fish & Shellfish Immunology*, 80, 397-404. DOI: [10.1016/j.fsi.2018.05.060](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.05.060). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050464818303309>
- Zhou, S., Li, W.X., Wang, Y.Q., Zou, H., Wu, S.G. & Wang, G.T. (2017).** Anthelmintic efficacies of three common disinfectants and extracts of four traditional Chinese medicinal plants against *Gyrodactylus kobayashii* (Monogenea) in goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture*, 466, 72-77. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2016.09.048](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.048). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848616305804>
- Zhou, S., Dong, J., Liu, Y., Yang, Q., Xu, N., Yang, Y. & Ai, X. (2020).** Anthelmintic efficacy of 35 herbal medicines against a monogenean parasite, *Gyrodactylus kobayashii*, infecting goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture*, 521, 734992. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2020.734992](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734992). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848619314875>
- Zhou, S., Dong, J., Liu, Y., Yang, Q., Xu, N., Yang, Y. & Ai, X. (2021).** Antiparasitic efficacy of herbal extracts and active compound against *Gyrodactylus kobayashii* in *Carassius auratus*. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 665072, 1-11. DOI: [10.3389/fvets.2021.665072](https://doi.org/10.3389/fvets.2021.665072). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.665072/full>
- Zhou, S., Yang, Q., Dong, J., Liu, Y., Xu, N., Yang, Y. & Ai, X. (2022).** Anthelmintic Efficacy of Palmarosa Oil and Curcuma Oil against the Fish Ectoparasite *Gyrodactylus kobayashii* (monogenean). *Animals*, 12(13), 1685. DOI: [10.3390/ani12131685](https://doi.org/10.3390/ani12131685). <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/13/1685>
- Zhu, S., Ling, F., Zhang, Q., Liu, G., Tu, X., Jiang, C. & Wang, G. (2014).** Anthelmintic activity of saikosaponins a and d from radix bupleuri against *Dactylogyrus* spp. infecting goldfish. *Diseases of Aquatic Organisms*, 111(2), 177-182. DOI: [10.3354/dao02789](https://doi.org/10.3354/dao02789). <https://www.int-res.com/abstracts/dao/v111/n2/p177-182>
- Zoral, M.A., Futami, K., Endo, M., Maita, M. & Katagiri, T. (2017).** Anthelmintic activity of *Rosmarinus officinalis* against *Dactylogyrus minutus* (Monogenea) infections in *Cyprinus carpio*. *Veterinary parasitology*, 247, 1-6. DOI: [10.1016/j.vetpar.2017.09.013](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.09.013). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401717304028>



Nota Científica

## Registro de invertebrados esclerobiontes, incluido el poliqueto anfinómido *Amphinome rostrata* (Pallas, 1766), en Bahía de Banderas, Pacífico central mexicano

Record of esclerobiont invertebrates, including the amphinomid polychaete *Amphinome rostrata* (Pallas, 1766), from Bahía de Banderas, Central Mexican Pacific



1. María del Carmen Cortés-Lara



0009-0004-7663-850X

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta 48280, Jalisco, México.



2. Carlos Ulises Contreras Durán

Parque Nacional Islas Marietas, Blvd. Francisco Medina Ascencio, Plaza Marina, Locales F19-F22, Colonia Marina Sol, Puerto Vallarta 48335, Jalisco, México.



3. Amílcar Leví Cupul-Magaña



0000-0002-6455-1253

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta 48280, Jalisco, México.



4. Fabio G. Cupul-Magaña



0000-0003-3832-234X

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta 48280, Jalisco, México.

Autor de correspondencia: [fabiocupul@gmail.com](mailto:fabiocupul@gmail.com)



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 origina



---

**Registro de invertebrados esclerobiontes,  
incluido el poliqueto anfinómido *Amphinome  
rostrata* (Pallas, 1766), en Bahía de Banderas,  
Pacífico central mexicano**

---

---

**Record of esclerobiont invertebrates,  
including the amphinomid polychaete  
*Amphinome rostrata* (Pallas, 1766), from Bahia  
de Banderas, Central Mexican Pacific**

---

## ▶ RESUMEN

El poliqueto anfinómido *Amphinome rostrata* es una especie de amplia distribución y descrita originalmente para el océano Índico. En noviembre de 2023, en la Bahía de Banderas, en la costa central del Pacífico mexicano, se observaron algunos especímenes de *A. rostrata*, asociados con percebes *Lepas anatifera*, como esclerobiontes en una maceta de plástico recolectada en la superficie del agua. Hasta donde se sabe, esta nota representa el primer registro fotográfico de *A. rostrata* para la costa del Pacífico centro de México. La especie se ha registrado previamente para el Caribe mexicano.

**Palabras clave:** Amphinomidae, esclerobiontes, especie no indígena, *Lepas anatifera*, Parque Nacional Islas Marietas.

## ▶ ABSTRACT

The amphinomid polychaete *Amphinome rostrata* is a widespread species originally described from Indian Ocean. On November 2023 at Bahia de Banderas in the central Pacific coast of Mexico, some specimens of *A. rostrata*, associated with pelagic gooseneck barnacle *Lepas anatifera*, were observed as sclerobiont on a plastic flowerpot collected in water surface. To our knowledge, this note represents the first photographic record of *A. rostrata* in the Pacific coast of Mexico. The species has been previously recorded from Mexican Caribbean.

**Key words:** Amphinomidae, Islas Marietas National Park, *Lepas anatifera*, non-indigenous species, sclerobiont.



## ► INTRODUCCIÓN

Los poliquetos son gusanos segmentados, principalmente marinos, incluidos dentro de la clase Polychaeta, la más diversa del phylum Annelida. Su cuerpo está dividido en un acrón formado por el prostomio y el peristomio, tronco con segmentos que comúnmente portan los parapodos (que generalmente ostentan setas y otras proyecciones), así como el pigidio (Harris, de León-González, Salazar-Vallejo, 2009).

Para México, se conocen 1500 especies de poliquetos (Tovar-Hernández, Salazar-Silva, de León-González, Carrera-Parra, Salazar-Vallejo, 2014) y, particularmente para el Pacífico mexicano, se han registrado 1011 especies válidas (Salazar-Silva, 2019). En la Bahía de Banderas, un cuerpo costero con 115 km de litoral, 1407 km<sup>2</sup> de superficie y compartido por los estados de Jalisco y Nayarit (figura 1A), se han documentado al menos 14 especies de poliquetos (Hernández-Alcántara, Tovar-Hernández, Solís-Weiss, 2008; Morales de Anda, Villalobos-Guerrero, Salazar-Silva, 2013).

Los representantes de la familia Amphinomidae, conocidos como “gusanos de fuego” por la sensación de quemadura que provoca el contacto con sus setas, poseen pigmentación brillante, son comunes en zonas intermareales y abundantes en zonas arrecifales, coralinas y rocosas, miden entre 1 a 10 cm con grandes ejemplares de hasta 50 cm, son corpulentos, la mayoría posee dos pares de ojos, en el borde posterior del prostomio se desarrolla la carúncula que tiene una gran variedad de formas, su cuerpo puede tener más de 100 setígeros (Yáñez-Rivera, 2009). A nivel mundial, para la familia se han descrito 156 especies (Read & Fauchald, 2024).

En este trabajo se registra por primera vez a ejemplares de un poliqueto del océano Índico de la familia Amphinomidae, *Amphinome rostrata* (Pallas, 1766), para la región de las islas Marietas en la Bahía de Banderas; por lo que esta observación contribuye al conocimiento de la biodiversidad en la región del Pacífico central mexicano. Esta especie ya se había registrado previamente para el país, pero sobre botellas flotantes en las aguas del Caribe (Salazar-Vallejo, 1992).

## ► MATERIAL Y MÉTODOS

El 10 de noviembre de 2023, en la zona oceánica del Parque Nacional Islas Marietas, Nayarit, localizado en la parte norte de la Bahía de Banderas, se recolectó una maceta de plástico de aproximadamente 35 cm de alto, que flotaba sobre la superficie del mar en las inmediaciones de la isla Redonda (20°42'12.72"N, 105°33'47.02"O; figura 1A). En la superficie exterior de la maceta, específicamente en el borde de su boca, parte media y cercana al fondo, se observaron (en un 55 % de su superficie) incrustaciones biológicas (figura 1B), principalmente crustáceos cirrípedos del grupo de los percebes (no contabilizados) y, entre ellos, al menos cinco ejemplares de anélidos poliquetos anfinómidos.

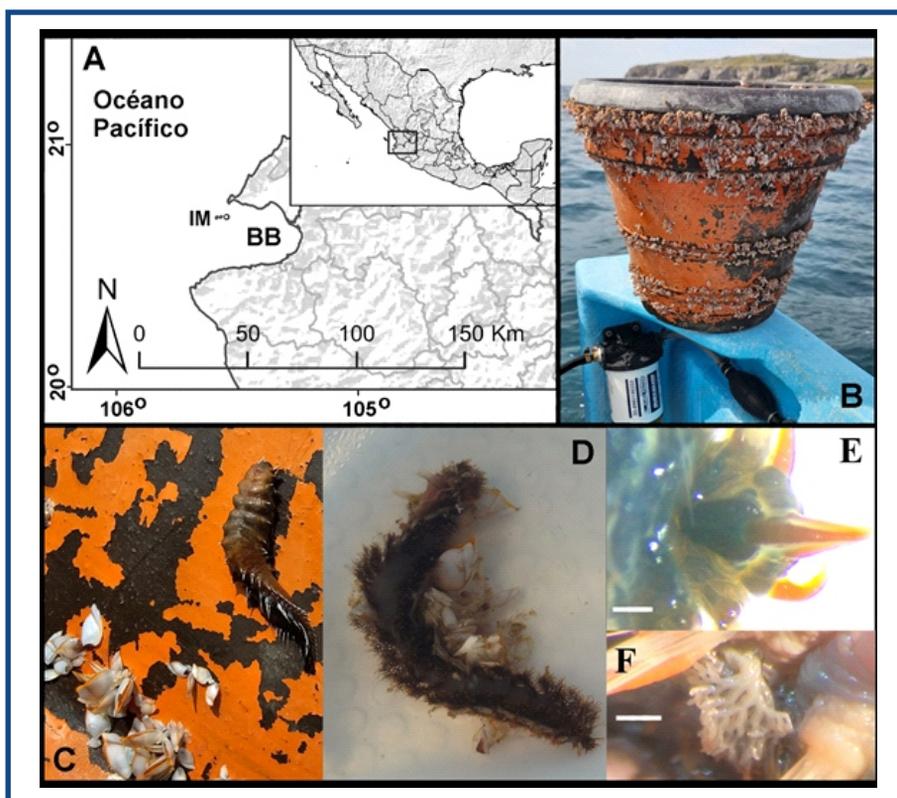
Del material biológico se tomaron fotografías con una cámara de celular Oppo Reno 7 modelo CPH2363 con resolución de 64 megapíxeles. Para su identificación a nivel de especie, a partir de la comparación con la morfología externa, se utilizaron los trabajos de Newman y Abbott (1980) para los percebes, así como Harris et al. (2009) y Yáñez-Rivera (2009) para los poliquetos.

La maceta quedó en resguardo de las autoridades del Parque Nacional Islas Marietas. Los ejemplares se preservaron en alcohol al 98% y se depositaron en la Colección de la Estación de Biología Chamela (EBCh) de la Universidad Nacional Autónoma de México en Chamela, Jalisco.

## ► RESULTADOS

Los percebes se identificaron como *Lepas anatifera* Linnaeus, 1758 (figura 1C), por la forma del escudo, carina y tergo, así como por la presencia de dos filamentos o apéndices en la base de los primeros cirros. Es una especie común, oceánica, gregaria y cosmopolita, frecuentemente encontrada como incrustación biológica en objetos flotantes (Newman & Abbott, 1980). La longitud del capitulum de los ejemplares más grandes fue de aproximadamente 15 mm; pero algunos otros, más pequeños, apenas si alcanzaban los 7 mm.

Los poliquetos se identificaron como *A. rostrata* (figura 1C-D) con un cuerpo segmentado, alargado y rectangular, carúncula en forma de corazón en el borde posterior del prostomio (figura 1E) y branquias arborescentes con el tronco principal dividido desde la base en múltiples ramificaciones (figura 1F). El ejemplar midió aproximadamente 45 mm. Los otros cuatro ejemplares observados, con longitud total de 30 mm. Los poliquetos se encontraron entre la masa de percebes, algunas de ellas estaban enredadas entre sus setas pero, en ningún caso, se les observó adheridas al cuerpo. *Amphinome rostrata* es considerada de distribución cosmopolita (Yáñez-Rivera, 2009).



**Figura 1.** A) Sitio de registro (círculo) del poliqueto *Amphinome rostrata* en las inmediaciones de la isla Redonda, Parque Nacional Islas Marietas (IM), en Bahía de Banderas (BB), México. B) Maceta (aproximadamente 35 cm de alto) con esclerobiontes de percebes *Lepas anatifera*. C) Ejemplares de *L. anatifera* (abajo a la izquierda y tallas entre 7 mm y 15 mm) y del poliqueto *A. rostrata* (arriba a la derecha). D) Ejemplar de *A. rostrata* (de aproximadamente 45 mm de longitud) con percebes *L. anatifera* entre sus setas. E) Detalle de la típica carúncula en forma de corazón y F) de las branquias arborescentes de *A. rostrata*. Marca de escala de 0.5 mm en figuras 1E y 1F. Figuras 1B a 1D sin escala.

## ► DISCUSIÓN

Este es el primer registro documentado de la presencia de *A. rostrata* para el Pacífico mexicano y específicamente para la Bahía de Banderas. Para esta amplia región costera, sólo se tiene el reporte previo de *A. vagans* (Savigny, 1822), otra especie del género muy similar a *A. rostrata*. *Amphinome vagans* fue registrada por Chamberlin (1919) para Acapulco, Guerrero a partir de ejemplares inmaduros (tallas entre 2.5 mm a 8.5 mm) encontrados sobre madera a la deriva en el océano. Este registro para Guerrero es cuestionable según Bastida-Zavala, Piña-Mejía y Camacho-Cruz (2022), porque la especie nominal fue descrita para la costa del Reino Unido, región muy alejada del Pacífico sur de México. Estos mismos autores comentan que la condición de cuestionable no implica error en su identificación. Sin embargo, en futuras investigaciones, será conveniente seguir la recomendación de Yáñez-Rivera (2009) de revisar detalladamente la morfología de ambas especies y, además, complementarla con análisis moleculares.

El tamaño de los especímenes de *L. anatifera* en la maceta (entre 7 mm a 15 mm), cuya tasa de crecimiento es de hasta 1.45 mm por día (Mesaglio, Schilling, Adler, Ahyong, Maslen, Suthers, 2021), permite suponer que estos ejemplares, hasta el momento de ser recogidos por el segundo autor de este trabajo, han permanecido en el océano entre una semana a 15 días. De hecho, el rápido crecimiento, la condición oportunista y la resistencia a los depredadores por las placas calcáreas que ostentan, definen a los representantes del género *Lepas* como importantes especies fundacionales en los desechos flotantes (Mesaglio et al., 2021).

La presencia inicial de *L. anatifera* en la maceta posiblemente favoreció la colonización de *A. rostrata*, quien pudo disponer de un amplio suministro de alimento al depredarlas (Mesaglio et al., 2021). Bajo estas condiciones, *A. rostrata* se registra asociada a *L. anatifera* como parte de la fauna esclerobionte en objetos a la deriva por la Bahía de Banderas, especialmente en el área protegida del Parque Nacional Islas Marietas. Se desconoce el punto de partida de la maceta, y mucho menos si han existido otras travesías por la región, por lo que no se está en condiciones para asegurar que *A. rostrata* es una especie establecida en la bahía. Por lo anterior, debe considerarse a este anfínomido como una especie no indígena en el Pacífico mexicano.



## ▶ AGRADECIMIENTOS

A la administración del Parque Nacional Islas Marietas por las facilidades otorgadas. A los dos revisores anónimos por sus valiosos comentarios.

## ▶ BIBLIOGRAFÍA

**Bastida-Zavala, J. R., Piña-Mejía, L., & Camacho-Cruz, K. (2022).** Anélidos (Annelida: Polychaeta, Clitellata). In: J. R. Bastida-Zavala, & M. S. García-Madrigal (Eds.), *Invertebrados marinos y costeros del Pacífico sur de México* (pp 67–121). Puerto Ángel, Oaxaca: Universidad del Mar y Geomare.

**Chamberlin, R. V. (1919).** The Annelida Polychaeta of the Albatross Tropical Pacific Expedition, 1891–1905. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology, Harvard College*, 48, 1–514. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.49195>

**Harris, L. H., de León-González, J. A., & Salazar-Vallejo, S. I. (2009).** 2. Morfología, Métodos, Clave para Familias y Clasificación. En J. A. de León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S. I. Salazar-Vallejo, & V. Solís-Weiss (Eds.), *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. Tomo I* (pp. 3–32). Monterrey, Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.

**Hernández-Alcántara, P., Tovar-Hernández, A. M., & Solís-Weiss, V. (2008).** Polychaetes (Annelida: Polychaeta) described for the Mexican Pacific: an historical review and an updated checklist. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36(1), 37–61. <https://doi.org/10.3856/vol36-issue1-fulltext-4>

**Mesaglio, T. P., Schilling, H. T., Adler, L., Ahyong, S. T., Maslen, B., & Suthers, I. M. (2021).** The ecology of Lepas-based biofouling communities on moored and drifting objects, with applications for marine forensic science. *Marine Biology*, 168, 21. <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03822-1>

**Morales de Anda, D. E., Villalobos-Guerrero, T. F., & Salazar-Silva, P. (2013).** Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de Jalisco y Colima. En M. C. Franco-Gordo (Ed.), *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima. Volúmen 1* (pp. 101–135). Atlán de Navarro, Jalisco: Universidad de Guadalajara.



**Newman, W. A., & Abbott, D. P. (1980).** 20. Cirripedia: The Barnacles. En R. H. Morris, D. P. Abbot & E. C. Haderlie (Eds.), *Intertidal Invertebrates of California* (pp. 504–535). Stanford, California: Stanford University Press.

**Read, G., & Fauchald, K. (2024).** World Polychaeta Database. Amphinomidae Lamarck, 1818. <https://www.marinespecies.org/polychaeta/aphia.php?p=taxdetails&id=960> on 2024-03-09

**Salazar-Silva, P. (2019).** Catálogo de autoridades taxonómicas de las especies de poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Pacífico mexicano y otras localidades del Pacífico Oriental Tropical. Proyecto KT004. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfKT004.pdf>

**Salazar-Vallejo, S. I. (1992).** Dos nuevos registros de anfinómidos (Polychaeta: Amphinomidae) para el mar Caribe, con notas descriptivas para ambas especies. *Caribbean Journal of Science*, 28(3-4), 216–217.

**Tovar-Hernández, M. A., Salazar-Silva, P., de León-González, J. A., Carrera-Parra, L. F., & Salazar-Vallejo, S. I. (2014).** Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Suplemento*, 85, S190–S196. <https://doi.org/10.7550/rmb.32625>

**Yáñez-Rivera, B. (2009).** 7. *Amphinomidae savigny* in Lamarck, 1818. En J. A. de León-González, J. R. Bastida-Zavala, L. F. Carrera-Parra, M. E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S. I. Salazar-Vallejo, & V. Solís-Weiss (Eds.), *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. Tomo I (pp. 77–87). Monterrey, Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.



Nota

Científica

## Composición nutrimental de la medusa bola de cañón (*Stomolophus* sp. 1)

## Nutritional composition of the cannonball jellyfish (*Stomolophus* sp. 1)



1. Enrique Hernández Garibay



0000-0002-3884-8088

Centro Regional de Investigación Acuícola  
y Pesquera de Ensenada- IMIPAS



4. Alejandra Adelaide Apolinar Romo



0000-0003-1670-8938

Centro Regional de Investigación Acuícola y  
Pesquera de Guaymas- IMIPAS



2. Miguel A. Cisneros Mata



0000-0001-5525-5498

Centro Regional de Investigación Acuícola  
y Pesquera de Guaymas- IMIPAS

Autor de correspondencia:

[miguel.cisneros@imipas.gob.mx](mailto:miguel.cisneros@imipas.gob.mx)



5. Marcelo V. Curiel Bernal



0000-0003-2707-8584

Centro Regional de Investigación Acuícola y  
Pesquera de Guaymas- IMIPAS



3. Reyna Berenice Escobedo Rosales



0009-0002-1857-3213

Universidad Vizcaya de las Américas,  
Campus Guaymas, Sonora.



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 origina



---

## Composición nutrimental de la medusa bola de cañón (*Stomolophus* sp. 1)

---

---

## Nutritional composition of the cannonball jellyfish (*Stomolophus* sp. 1)

---

### ► RESUMEN

La medusa bola de cañón (*Stomolophus* spp.) es un recurso pesquero abundante en México, sobre todo en Sonora donde se han registrado más de 80,000 toneladas anuales. Para su exportación a Asia, la medusa es deshidratada, cambiando su consistencia de gelatinosa a crocante. En México, la medusa no se ha empleado como alimento hasta el ahora, posiblemente porque no se ha encontrado una presentación atractiva. Con el propósito de buscar alternativas de uso, en este trabajo se analizó la composición nutrimental de la medusa bola de cañón ámbar (*Stomolophus* sp. 1) fresca, en harina, salada, deshidratada en salmuera, y deshidratada con vinagre adicionado (en escabeche). Los resultados muestran que la medusa fresca posee mucha humedad (95%); el salado la reduce hasta un 68%. En cuanto a las proteínas, en fresco varían de 1.3 a 1.7% y el contenido se eleva a 4.1% en salmuera y a 58% en harina. Por otra parte, el producto en escabeche, a pesar de su alto contenido de humedad posee un valor proteico más elevado (4.8%). Se concluye que la medusa es una alternativa para el consumo humano en México dependiendo de las presentaciones en las que sea ofertada.

**Palabras clave:** Asia y México; pesca y consumo de medusa; análisis proximal.



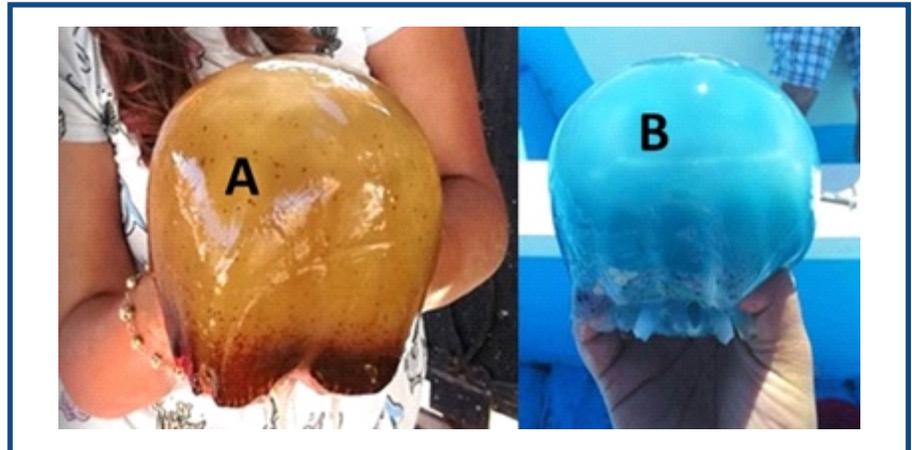
## ► ABSTRACT

The cannonball jellyfish (*Stomolophus* spp.) is an abundant fishing resource in Mexico, mainly in the state of Sonora, where commercial catches have exceeded 80,000 metric tons. Prior to shipment to Asia, the fresh product is processed with salts, which changes its consistency from gelatinous to crispy. In Mexico, the jellyfish has so far not been used as food, possibly because it has not found a presentation that is attractive. In this work, the nutritional composition of the cannonball jellyfish (*Stomolophus* sp.) in five presentations is analyzed: fresh, flour, salted, dehydrated and dehydrated-pickled. Results show that the jellyfish has a moisture content close to 95% and dehydration reduces it up to 68%. Proteins range from 1.3 to 1.7% and rises to 4.1% when brined, and up to 58% as flour. The pickled product, tanned in vinegar, has a higher protein value (4.8%). We conclude that jellyfish is a viable alternative for human consumption in Mexico, depending on its preparation.

**Key words:** Asia and Mexico; fishing and consumption of medusae; proximal analysis.

## ► INTRODUCCIÓN

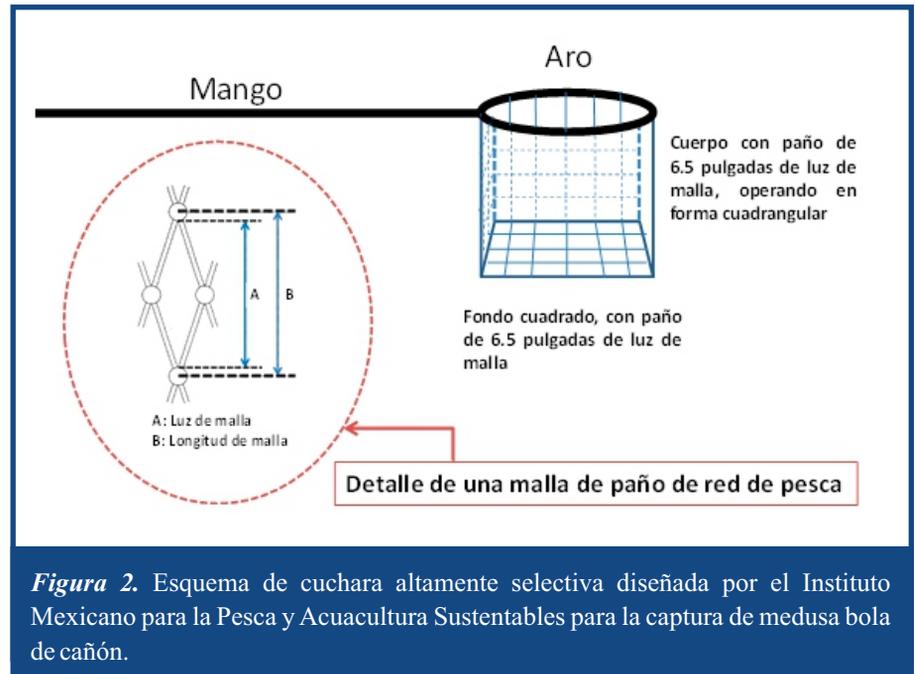
En los últimos 20 años la medusa bola de cañón (*Stomolophus* spp.) del golfo de California se ha convertido en una pesquería comercial de gran importancia para pescadores ribereños y comunidades de la costa de Sonora (Cisneros-Mata et al., 2017). Las especies que se capturan son *Stomolophus* sp. 1 (Alto Golfo) y *S.* sp.2 (resto del noroeste de México) (Gómez-Daglio y Dawson, 2017) (figura 1). Además, hay una pesquería en desarrollo en el golfo de México (Tabasco) (Lee-Liao, 2016).



**Figura 1.** Especies de medusa bola de cañón en el golfo de California. A) Medusa ámbar (*Stomolophus* sp. 1) del alto Golfo, y B) medusa azul (*Stomolophus* sp. 2) del sur de Sonora.

A nivel mundial, las medusas de la clase Scyphozoa son recursos de importancia comercial y alimento tradicional desde hace varios siglos, principalmente en China, Japón, Taiwán, y Singapur (Krishnan, 1984; Morikawa, 1984). De 3,800 especies de medusas, 22 cuentan con un potencial culinario. Los escifozoarios comestibles suelen carecer de toxicidad. La mayoría es procesada en forma salada-seca. En 2020 la captura mundial de medusas alcanzó las 255 mil toneladas métricas (FAO, 2022). En particular, el golfo de California, por su volumen de captura de medusa ha cobrado una alta importancia; en la temporada del 2018 fue superior a las 80,000 toneladas (Cruz-Colín et al., 2021).

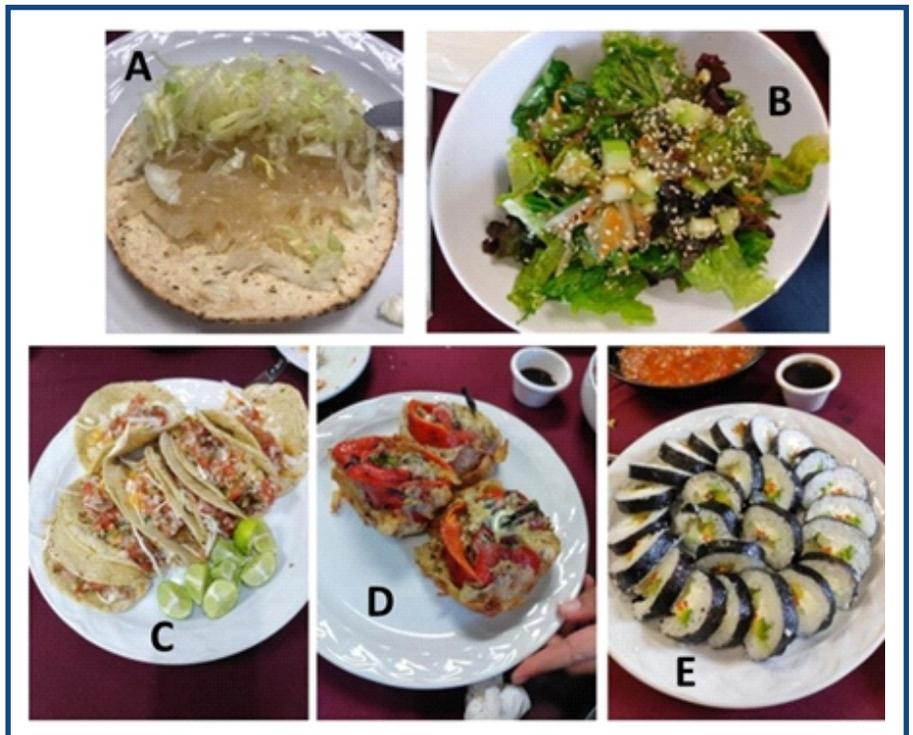
Cada año la temporada de captura inicia después de la época en que la medusa ha desovado al menos una vez. Adicionalmente, en la maniobra de captura se utiliza una red tipo cuchara para subirla a bordo de la embarcación, con un tamaño de malla que permite la liberación de tallas pequeñas (figura 2).



En el golfo de California actualmente la mayoría de las plantas de procesamiento se encuentran en el poblado de El Golfo de Santa Clara, Sonora. En la fase de captura y desembarco no existen normas sanitarias, en tanto que las plantas cuentan con instalaciones de proceso con controles de calidad. Actualmente se cuenta con tres plantas certificadas por COFEPRIS (en Guaymas, Puerto Peñasco y en El Golfo de Santa Clara), y toda la producción se exporta a través de estas.

Después de la captura, la medusa es colocada en pilas de concreto en donde recibe un primer lavado para posteriormente ser colocada en las mesas de trabajo en donde se procede a la separación del manubrio y la campana, proceso denominado “despiñonado”. Cada parte sigue el mismo proceso por separado. Los productos (umbrelas o piñones) son colocados en bolsas de plástico dentro de cubetas de 18 litros y se les agrega salmuera concentrada. En estas cubetas los productos son transportados en contenedores a los puertos de embarque rumbo a Asia. El rendimiento promedio de medusa fresca a medusa empacada varía entre 18% y 22%.

Como una medida para impulsar el uso de la medusa bola de cañón en México, se trabajó en una presentación culinaria que busca sea aceptada por el paladar mexicano. El antecedente de este estudio son los esfuerzos conjuntos de la Universidad Vizcaya de Las Américas (U.V.A.) y el IMIPAS (Instituto Mexicano en Pesca y Acuicultura Sustentables) que datan de 2019, cuando la escuela de gastronomía de esa casa de estudios desarrolló muestras de platillos con productos derivados de medusa en salmuera (figura 3).



**Figura 3.** Platillos a base de medusa bola de cañón en salmuera producidos por la U. Vizcaya de las Américas en 2019. A) tostada de ceviche; B) ensaladilla; C) tacos de medusa; D) chiles rellenos; E) sushi.

Pasada la pandemia debida al Sars-Cov-19, en 2022 reiniciaron los trabajos de la U.V.A. tendientes a continuar generando alimentos a base de medusa en salmuera. Sin embargo, para continuar con la etapa de comercialización se requiere conocer las propiedades de la medusa bola de cañón. El objetivo del presente trabajo fue valorar el contenido nutrimental del producto medusa bola de cañón (*Stomolophus* sp. 1) en diferentes presentaciones.

## ▶ METODOLOGÍA

Se analizaron cinco presentaciones del recurso medusa: dos presentaciones en fresco (campa y piñón) a partir de un stock de 100 medusas provenientes de la captura comercial realizada en Golfo de Santa Clara en el estado de Sonora, durante las temporadas 2022 y 2023. Y tres presentaciones procesadas (harina, salmuera y curtida en vinagre). Estas últimas fueron preprocesadas en el laboratorio de gastronomía de la Universidad Vizcaya de las Américas (Guaymas). Para la preservación de las muestras en fresco, éstas se conservaron a bajas temperaturas ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) colocando los organismos en bolsas plásticas dentro de hieleras con hielo molido hasta su proceso en laboratorio.

Una vez en laboratorio todas las presentaciones fueron sometidas a un análisis proximal para la determinación de sus contenidos de humedad, ceniza, grasas totales, proteína, carbohidratos y contenido calórico. Los procedimientos fueron los siguientes:

**Humedad:** Muestras de entre 0.5 a 2 g se deshidrataron utilizando un horno de convección eléctrico modelo GCA Precision, donde se expusieron a una temperatura estable de  $60^\circ\text{C}$  por un periodo de 72 h. La cantidad de humedad se determinó a través de la siguiente relación matemática:

$$H(\%) = W_1 - W_2 \quad (1)$$

Donde:  $W_1$  es el peso inicial de la muestra y  $W_2$  es el peso final después del proceso (Bradley, 2010).

**Cenizas:** Se colocó en un crisol de aluminio un peso de 0.1 a 0.5 g de la muestra seca al interior de una mufla modelo Lindberg, donde se calcinaron por exposición directa a una temperatura estable de  $500^\circ\text{C}$  por un periodo de 4 h. Se pesó el contenido final por muestra; el resultado se obtiene a partir de la fórmula siguiente.

$$C(\%) = \frac{W_2 \cdot 100}{W_1} \quad (2)$$

donde:  $W_1$  es el peso inicial de la muestra y  $W_2$  es el peso final después del proceso (Marshall, 2010).

**Grasas totales:** Se empleó una modificación del método de Blight y Dyer (1959); donde cada muestra de 100 mg de muestra seca y molida se colocó en tubos de vidrio con tapón roscado y teflón (determinación por cuadruplicado). A cada tubo se le adicionaron 10 ml de una solución de cloroformo y metanol (2:1). Se colocaron en baño maría a 60°C por 30 minutos. Después de enfriar se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos y se filtró a través de papel filtro Whatman N.4. Al filtrado se le adicionaron 3 ml de agua destilada, se agitó y dejó reposar por 30 minutos. Esto permitió la separación de fases; se eliminó la fase superior (agua-metanol) y el tubo con la fase del cloroformo con las grasas se colocó en baño maría entre 40 a 50°C (dentro de una campana de extracción). Cuando el volumen de la fracción fue menor de 1 ml se transfirió a tubos Eppendorf a peso constante; el tubo de vidrio se enjuagó con cloroformo y se vertió al tubo Eppendorf. Posteriormente, el cloroformo se evaporó a sequedad (en campana de extracción). El contenido de grasas se calculó por diferencia gravimétrica (Modificado de Blight y Dyer, 1959; Min y Ellefson, 2010):

$$Gt(\%) = \frac{P_2 * 100}{P_1} \quad (3)$$

donde:  $P_1$  es el peso inicial de la muestra y  $P_2$  es el peso final después del proceso.

**Proteínas:** El contenido proteico se determinó usando el método micro Kjeldahl (Chang, 2010). Aproximadamente 100 mg de muestra se digirieron con 2 ml de ácido sulfúrico concentrado y los catalizadores sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ) 0.5 g y 0.1 g de sulfato de cobre ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) hasta digestión de toda la materia orgánica (solución clara). El digerido se aforó a 25 ml con agua destilada. Una alícuota del digerido (5 ml) se colocó en el destilador micro Kjeldahl, se alcalinizó con la adición de 9 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 40% y se destiló por arrastre de vapor. El destilado se recibió en 10 ml de solución saturada de ácido bórico con indicador Shiro-Tashiro y se tituló con HCl 0.01M hasta el cambio de color (verde a violeta) para obtener el nitrógeno total.

$$Nt(\%) = \frac{(ml_t * N_{HCl} * 1.4 * V_T)}{P_m} \quad (4)$$



Donde:  $ml_t$  es la cantidad de mililitros gastados en la titulación,  $N_{HCl}$  es la normalidad del ácido clorhídrico y  $V_T$  es el volumen total de la solución digerida, y  $P_m$  es el peso de la muestra en mg.

El contenido de proteína cruda se obtiene multiplicando por el factor proteico con la siguiente fórmula (AOAC, 1994):

$$P(\%) = (N_t * f_p) \quad (5)$$

donde:  $N_t$  es la cantidad de nitrógeno total y  $F_p$  es el factor proteico de 6.25 (Mariotti et al., 2008; Chang, 2010).

**Carbohidratos:** Este se calculó por diferencia del 100% de la suma de todos los componentes a partir de la siguiente fórmula (BeMiller, 2010):

$$Ch = 100\% - (\%H_H + \%C_C + \%G_G + \%P_P) \quad (6)$$

**Contenido calórico:** Se calculó como la suma del producto del contenido de proteínas (P), carbohidratos (C) y lípidos (L) por 4, 4 y 9 respectivamente (Metzger, 2010):

$$Cc(Kcal) = (\%P * 4) + (\%C * 4) + (L * 9) \quad (7)$$

Los resultados fueron analizados por medio de pruebas ómnibus no paramétricas: Kruskal-Wallis (K-W), y cuando se requirió, pruebas post hoc de Mann-Whitney (M-W). Los datos expresados en porcentaje fueron previamente transformados mediante el arcoseno de la raíz cuadrada (Sokal y Rohlf, 2009).

## ▶ RESULTADOS

### Contenido nutrimental y calórico

Mientras que en la medusa viva el contenido de humedad fue mayor al 94%, contrasta con niveles bajos de componentes nutricionales como proteínas y lípidos (Tabla 1). Con los diferentes tratamientos, en particular en la harina, disminuye la humedad. Por consiguiente, la proporción de los nutrientes se eleva considerablemente; las proteínas alcanzan valores elevados (58%), siendo el componente principal. Los demás procesos (salmuera y curtida) muestran diferente contenido de humedad (68 y 93%) sin embargo, su contenido proteico es muy similar. En cuanto a su nivel energético, en todos los casos puede considerarse como un producto con bajo aporte calórico (0.3 a 2.5 Kcal/g).

**Tabla 1.** Composición nutrimental de la medusa bola de cañón color ámbar. Las muestras de campana y piñón fueron de medusa fresca. La energía se presenta en Kcal/100g.

Presentación→	Harina	Salmuera	Escabeche	Campana	Manubrio
Componente	Contenido (%)				
Proteína	58.3 ± 1.4	4.1 ± 0.46	3.77 ± 0.09	2.64 ± 0.58	1.7 ± 0.14
Grasa total	1.04 ± 0.56	0.25 ± 0.07	0.18 ± 0.14	0.30 ± 0.20	0.17 ± 0.06
Cenizas	29.6 ± 0.9	26.9 ± 1.0	0.5 ± 0.2	3.3 ± 0.0	3.6 ± 0.3
Humedad	6.0 ± 0.2	67.7 ± 0.6	93.3 ± 0.7	94.9 ± 0.2	94.2 ± 0.5
Carbohidratos	2.91	3.5	1.3	0.46	0.56
Energía	253.84	39.4	33.4	16.04	18.04

## Análisis estadísticos

### Proteínas

En el caso de las proteínas, el análisis ómnibus (K-W) indicó que existen diferencias significativas ( $P=0.0013$ ) entre presentaciones. El análisis post hoc (M-W) indicó que tan sólo hay diferencias entre las medianas de salmuera y escabeche ( $P=0.3065$ ); en el resto de las comparaciones no hubo diferencias significativas entre medianas ( $P<0.05$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Prueba de Mann-Whitney para la comparación de medianas del contenido de proteína por tipo de presentación de medusa bola de cañón ámbar. Los valores en color rosa indican diferencias estadísticamente significativas. Las muestras de campana y manubrio fueron de producto en fresco.

Presentación	Harina	Salmuera	Escabeche	Campana	Manubrio
Harina		0.02940	0.02940	0.02843	0.02940
Salmuera			0.30650	0.02747	0.02843
Escabeche				0.02747	0.02843
Campana					0.02747
Manubrio					

### Grasa total

En el caso de grasas, la prueba a priori mostró que entre al menos un par de presentaciones hay diferencias significativas (K-W,  $P=0.028$ ). La prueba post hoc mostró que la mediana de la concentración de grasa es significativamente mayor ( $P=0.0308$ ) a la del resto de las presentaciones (Tabla 3).

**Tabla 3.** Prueba de Mann-Whitney para la comparación de medianas del contenido de grasas totales por tipo de presentación de medusa bola de cañón ámbar. Los valores en color rosa indican diferencias estadísticamente significativas. Las muestras de campana y manubrio fueron de producto en fresco.

Presentación	Harina	Escabeche	Salmuera	Campana	Manubrio
Harina		0.03038	0.03038	0.03038	0.03038
Escabeche			0.4705	0.6650	0.1939
Salmuera				0.3123	0.8852
Campana					0.4705
Manubrio					

### Cenizas

La prueba ómnibus indicó que la concentración de cenizas no fue homogénea (K-W,  $P=0.002$ ); el análisis a posteriori mostró que únicamente son significativas las concentraciones de cenizas de harina y salmuera (Tabla 4).

**Tabla 4.** Prueba de Mann-Whitney para la comparación de medianas del contenido de cenizas por tipo de presentación de medusa bola de cañón ámbar. Los valores en color rosa indican diferencias estadísticamente significativas. Las muestras de campana y manubrio fueron de producto en fresco.

Presentación	Harina	Salmuera	Escabeche	Campana	Manubrio
Harina		0.11240	0.03038	0.03038	0.03038
Salmuera			0.03038	0.03038	0.03038
Escabeche				0.03038	0.03038
Campana					0.31230
Piñón					

### Humedad

En el caso de la humedad relativa, la prueba a priori indicó diferencias entre al menos una pareja de presentaciones (K-W,  $P=0.0013$ ); la prueba a posteriori indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre escabeche y manubrio (Tabla 5).

**Tabla 5.** Prueba de Mann-Whitney para la comparación de medianas del contenido de humedad relativa por tipo de presentación de medusa bola de cañón ámbar. Los valores en color rosa indican diferencias estadísticamente significativas. Las muestras de campana y manubrio fueron de producto en fresco.

Presentación	Harina	Salmuera	Escabeche	Campana	Manubrio
Harina		0.03038	0.03038	0.03038	0.03038
Salmuera			0.03038	0.03038	0.03038
Escabeche				0.03038	0.19390
Campana					0.03038
Manubrio					

## ► DISCUSIÓN

La medusa bola de cañón es un organismo que fresco tiene un alto contenido de agua (93 a 95%); con el tratamiento industrial se logra dar una consistencia firme del tejido. Esto tiene el efecto de disminuir el peso para su transporte y simultáneamente favorece su conservación sin necesidad de aplicar refrigeración. Sin embargo, antes de su uso como alimento debe eliminarse el exceso de sal.

En cuanto a su valor nutricional en fresco, por su alto contenido de humedad es un recurso con bajo nivel proteico (1.3 a 1.7 %), común para frutas y vegetales frescos (Ford et al., 2023). Mediante el tratamiento con salmuera disminuye la cantidad de agua de los tejidos y eleva el contenido de proteínas a 4.1%. Sin embargo, estos valores aún son bajos si se compara con peces con contenido de humedad como salmón (19 a 21%), tilapia (18 a 21%) y bagre (20 a 22%) (Perea et al., 2008).

En general, hay una gran diversidad de medusas en el mundo, muchas de las cuales son venenosas. En particular, la medusa bola de cañón del género *Stomolophus* es una especie comestible que no posee toxicidad (Calder, 1982) por lo que puede consumirse fresca. Sin embargo, debido a la lejanía del mercado asiático, para su manejo y conservación es imprescindible aplicar tratamientos que eliminen agua y coagulen las proteínas del organismo. El tratamiento consiste en lavados con salmueras de alumbre que ayudan a su conservación y consistencia



deseada (Hsieh et al., 2001). El alumbre reduce el pH, actúa como agente desinfectante y endurecedor del tejido, generando una textura firme por la coagulación de proteínas (Huang, 1988). La sal (cloruro de sodio), por otro lado, ayuda a reducir el contenido de agua del tejido y actúa como un control de las bacterias (Hsieh et al., 2001).

En relación con el contenido de cenizas, en la campana y piñón frescos son muy parecidos, con 3.3 y 3.6%, respectivamente. Las medusas frescas deben ser ricas en sales minerales (Na, Ca, K, Mg). Sin embargo, en el producto deshidratado con salmuera el contenido de cenizas y su composición se modifican por las sales empleadas en la deshidratación, que no necesariamente son sales benéficas para consumo humano. Por lo anterior, antes de su consumo en Asia, al producto en salmuera debe eliminarse el exceso de sales. Varios lavados con agua fresca y limpia pueden eliminar por completo el cloruro de sodio. Sin embargo, la calidad del agua y el número de recambios durante la desalinización afectan a la cantidad residual de algunos elementos. En particular, puede retener una cantidad significativamente mayor de aluminio que las medusas frescas (Hsieh et al., 1996).

El consumo de estos organismos es una costumbre milenaria en China, donde más que un platillo gourmet es una tradición imprescindible en celebraciones. Sin embargo, esta industria se ha convertido en una pesquería comercial y muchas naciones han aprendido, con algunas modificaciones, las técnicas de procesamiento tradicionales chinas. El procesamiento de estos organismos es una operación de bajo costo que requiere poco capital y gran cantidad de mano de obra (Hsieh et al., 2001). Actualmente en Europa se exploran posibilidades para el consumo humano directo de medusas (Rasposo et al., 2022).

En el caso de especies de escifozoarios similares a *Stomolophus* (*Acromitus hardenbergi*, *Rhopilema hispidum* y *R. esculentum*) se encontraron bajos valores calóricos (1.0-4.9 kcal/g) y bajos contenidos de grasa (0.4-1.8 g/100 g). Por otro lado, se encontraron proteínas (20.0-53.9 g/100 g) y minerales (15.9-57.2 g/100 g). El contenido total de colágeno de las medusas comestibles varió de 122.64 a 693.92 mg/g. Todos los valores se refieren a peso seco (Khong et al., 2015). En



contraste, para dos especies de almejas comestibles, los componentes principales fueron: grasa (2.43-6.91 g/100 g), proteína (55.36–68.01 g/100 g) y carbohidratos (11.36-20.37 g/100 g) (Tabakaeva et al., 2018). En el caso de peces, la humedad puede variar entre 73 y 83%, la proteína cruda entre 8 y 25%, la grasa entre 1 y 9%, y la ceniza entre 1 y 5% (Mohanty et al., 2017).

Las medusas comestibles poseen un tipo de colágeno que puede hidrolizarse enzimáticamente para producir péptidos con acción antihipertensiva; además, la proteína productora de mucus (qniumucina), es elemento crucial en la formulación para tratar enfermedades de las articulaciones (Rasposo et al., 2022). La medusa puede ser una excelente alternativa de alimentos del mar, que puede agregarse a ensaladas o exhibirse en la barra de sushi. Este producto del mar es bajo en calorías, pero por su contenido de colágeno, podría ser utilizado para tratar la artritis reumatoide o proporcionar otros beneficios para la salud. Para probar estos efectos es necesario realizar estudios controlados sistemáticos.

Por otra parte, el proceso alternativo para consumo en México, desarrollado por la U. Vizcaya de las Américas, consiste en que el producto en salmuera es sometido a diferentes lavados con agua y posteriormente curado con vinagre. Esto elimina las sales empleadas en el proceso de deshidratación (0.5% de cenizas). En México es común encontrar muchos alimentos en escabeche; tal es el caso de chiles y verduras, entre otros. En consecuencia, la presentación de la medusa en escabeche podría contar con la aceptación del mercado mexicano para su incorporación en ensaladas y otros platillos. En relación con la harina obtenida de este producto, tiene un elevado contenido de proteínas. Esto, aunado a que la harina posee un sabor neutro, facilitaría su empleo en la elaboración de otros productos para enriquecer sus características nutricionales tales como galletas, pan y tortillas, entre otras aplicaciones.

Considerando los grandes volúmenes de captura de este organismo, es una buena opción promover alternativas culinarias atractivas para que sean incorporados a la cocina tradicional mexicana. Por otra parte,

debido a su sabor neutro, es viable usar la harina para elaborar productos enriquecidos con esta proteína que puedan emplearse en abatir la desnutrición en sectores marginados de la sociedad. Otro de los atractivos de este tipo de productos se debe a que se le atribuyen propiedades antihipertensivas, así como auxiliar en el tratamiento de enfermedades de las articulaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

**AOAC. (1994).** Official Methods of Analysis (14th ed.). Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

**BeMiller, J. N. (2010).** Carbohydrate Analysis. Chapter 10, in Food Analysis, fourth Edition Nielsen S. S. (ed.) <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

**Blight, E. A. & Dyer, W.J. (1959).** A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Biochemistry and Physiology, 37(8), 911-917

**Bradley Jr., R. L. (2010).** Moisture and total solids analysis Chapter 6 in: Food Analysis, fourth Edition Nielsen S. S. (ed.). New York, Dordrecht Heidelberg, London: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>

**Calder, D. (1982).** Life history of the cannonball jellyfish, *Stomolophus meleagris* L. Agassiz, 1860 (Scyphozoa, Rhizostomida). Biological Bulletin, 162 (2), 149-162. <http://dx.doi.org/10.2307/1540810>.

**Chang, S. K. C. (2010).** Protein Analysis. Chapter 9 in Food Analysis, fourth Edition Nielsen S. S. (ed.) <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

**Cisneros-Mata, M.A., Apolinar-Romo, A.A., Curiel-Bernal, M.V., Castellanos-Rico, M.A. & Domínguez-Domínguez, F. (2017).** Evaluación de la pesquería de medusa bola de cañón (*Stomolophus meleagris*) en el litoral de Sonora. Informe Final de Investigación 2016, CRIP-Guaymas-INAPESCA.SAGARPA.

**Cruz-Colín M. E., Cisneros-Mata M.A., Montañó-Moctezuma, G., Espejel, I., Cisneros-Montemayor, A.M. & Malpica-Cruz, L. (2021).** Analysis of the Gulf of California cannonball jellyfish fishery as a complex system. Ocean & Coastal Management, 207. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105610>.



**FAO. 2022.** El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>.

**Ford, S., Ilgaz, F., Hawker, S., Cochrane, B., Hill, M., Ellerton, C., & MacDonald, A. (2023).** Amino acid analyses of plant foods used in the dietary management of inherited amino acid disorders. *Nutrients*, 15(10), 2387. <https://doi.org/10.3390/nu15102387>.

**Gómez Daglio, L., & Dawson, M. N. (2017).** Species richness of jellyfishes (Scyphozoa: Discomedusae) in the Tropical Eastern Pacific: missed taxa, molecules, and morphology match in a biodiversity hotspot. *Invertebrate Systematics*, 31(5), 635 <https://doi.org/10.1071/is16055>.

**Huang, Y.W. (1988)** Cannonball jellyfish, *Stomolophus meleagris* as a food resource. *Journal of Food Science*, 53, 341-343.

**Hsieh, Y-H. P., Leong, F-M & Barnes, K.W. (1996).** Inorganic constituents in fresh and processed cannonball jellyfish (*Stomolophus meleagris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(10), 3117-3119.

**Hsieh, Y-H. P., Leong, F.M., L. & Rudloe, J. (2001).** Jellyfish as food. *Hydrobiologia*, 451, 11-17.

**Krishnan, S. G. (1984).** Diversification of products and markets-salted jellyfish-a potential diversified product for Japan and Hong Kong markets. *Seafood Exports Journal*, 16, 23-26.

**Khong, N.M.H., Yusoff, F.M., Jamilah, B., Basri, M., Maznah, I., Chan, K.W., & Nishikawa, J. (2015).** Nutritional composition and total collagen content of three commercially important edible jellyfish. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.094>.

**Lee-Liao, E.J. (2016).** El sector pesquero mexicano y su integración al mercado asiático: El caso de la pesquería de medusa bola de cañón (*Stomolophus meleagris*) en Guaymas, México (2000-2014) Tesis (Maestría en ciencias) Hermosillo, Son. Universidad de Sonora. 121 pp.

**Mariotti F., Tomé, D, & Mirand, P.P. (2008).** Converting nitrogen into protein-beyond 6.25 and Jones' Factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 48:2: 177-184. <https://doi.org/10.1080/10408390701279749>.

**Marshall, M. R. (2010).** Ash analysis, Chapter 7 in: *Food Analysis*, fourth Edition. Nielsen, S. S. (ed.) <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer



**Metzger, L. E. (2010).** Nutrition Labeling Chapter 3, in: Food Analysis, fourth Edition Nielsen S. S. (ed.) ISBN 978-1-4419-1477-4 e-ISBN 978-1-4419-1478-1. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>.

**Min, D. B., & Ellefson, W.C. (2010).** Fat Analysis Chapter 8 in: Food Analysis, fourth Edition Nielsen S. S. (ed.). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>.

**Mohanty, B.P., Mahanty, A., Ganguly, S., Mitra, T., Karunakaran, D., & Anandan, R. (2017).** Nutritional composition of food fishes and their importance in providing food and nutritional security. Food Chemistry. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.039>.

**Morikawa, T. (1984).** Jellyfish. FAO Infofish Marketing Digest, 1(84), 37-39.

Perea, A., Gómez, E., Mayorga, Y., & Triana, C. Y. (2008). Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo regional en Bucaramanga, Colombia. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 58(1), 91-97.

**Rasposo, A., Alasqah, I. Alfheaid, H.A., Alsharari, Z.D., Alturki, H.A., & Raheem, D. (2022).** Jellyfish as food: A narrative review. Foods 11, 2773. <https://doi.org/10.3390/foods11182773>.

**Sokal, R.R., & Rohlf, F.J. (2009).** Introduction to biostatistics. Mineola, New York: Dover Publications, Inc.

**Tabakaeva, O.V., Tabakaev, A.V., & Piekoszewski, W. (2018).** Nutritional composition and total collagen content of two commercially important edible bivalve mollusks from the Sea of Japan coast. Journal of Food Science and Technology. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3422-5>.



Nota

Científica

## Uso de R para ajustar un modelo de crecimiento individual como en Microsoft Excel

### Using R to fit an individual growth model similar to Microsoft Excel



1. Jorge Payan-Alejo



0000-0003-4636-0274

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa,

Paseo Claussen S/N, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.

Autor de correspondencia: [jorge.payan.facimar@uas.edu.mx](mailto:jorge.payan.facimar@uas.edu.mx)



2. Juan Roberto Felipe Vallarta-Zárata



0000-0001-8654-8728

Dirección de Investigación Pesquera en el Atlántico, Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable. Av. México #190 Col. Del Carmen. CP 04100, Coyoacán, CDMX.



3. Jesús Ramón Rendón-Martínez



0009-0002-7954-8716

Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable

Av. México #190 Col. Del Carmen. CP 04100, Coyoacán, CDMX.



4. Efraín Delgado-Robles



0000-0002-4799-0836

Posgrado en Ciencias en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias del Mar,

Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen S/N C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



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 origina



---

## Uso de R para ajustar un modelo de crecimiento individual como en Microsoft Excel.

---

---

## Using R to fit an individual growth model similar to Microsoft Excel

---

### ▶ RESUMEN

El lenguaje de programación R, distribuido como software de uso libre (Licencia Pública General de GNU), ha sido ampliamente usado para el análisis de datos en muchas áreas, incluidas aquellas relativas a las ciencias pesqueras. En este manuscrito se propone y prueba un procedimiento mediante algunas funciones de código abierto en R, para optimizar los parámetros del modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy, ajustado a una estructura de error aditivo y multiplicativo por el método de verosimilitud. La función mostró buen desempeño al coincidir en la estimación de los parámetros optimizados con datos de repositorios virtuales, por lo que se recomienda su uso.

*Palabras clave:* Código, ajuste, parámetros, logverosimilitud, incertidumbre.



## ▶ ABSTRACT

R programming language, distributed as a free use software (General Public License, GNU), has been widely used for data analysis in many disciplines, included those related to Fisheries Sciences. In this manuscript, it is proposed and proved a procedure using some open-source code functions in R, in order to optimize the parameters of von Bertalanffy individual growth model, which was fitted to additive and multiplicative error structure by likelihood method. The function showed good performance obtaining coincidences with the optimized parameters of the virtual repositories data, consequently, its use highly recommended.

*Key words:* Code, fit, parameters, log likelihood, uncertainty.

## ▶ INTRODUCCIÓN

El lenguaje de programación R (Posit Team, 2023) es un software de uso libre para el desarrollo de computación estadística y gráfica, en años recientes se ha incrementado su utilización para el análisis de datos en diferentes campos del conocimiento, entre las cuales se encuentra el área de las ciencias pesqueras (Ogle, 2016; Haddon, 2021).

Existen libros de ciencia pesquera con ejercicios prácticos en plataformas computacionales que se utilizan comúnmente en ambientes como Microsoft Excel (Haddon, 2001, 2011); sin embargo, se han realizado avances enfocados en la migración de análisis y procesos hacia lenguajes innovadores como R. Un ejemplo de esto se puede encontrar en los ejercicios de biología pesquera de Haddon (2011), los cuales fueron actualizados y programados en el ambiente de R (Haddon, 2021). Podría resultar complicado para biólogos pesqueros en formación, con menos experiencia en programación, el hecho de adaptar códigos prediseñados en R para realizar análisis estadísticos y generación de gráficos con sus propios datos.

El desarrollo de ambientes de programación como R, ofrece la posibilidad de realizar análisis estadísticos complejos que antes requerían potentes computadoras y procesos tan largos que incluso



duraban varios días. El manejo de R permite realizar múltiples tratamientos a los datos de interés mediante una interfaz intuitiva y amigable con el usuario como R studio (Posit Team, 2023).

En este documento se utilizará R con R studio, demostrando a los usuarios una forma amigable de interacción, en donde se realizará un ejercicio de ajuste del modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938) y remuestreo de datos para estimar los incertidumbre de los parámetros del modelo.

## ▶ MATERIAL Y MÉTODOS

En este ejercicio se utilizan los datos edad-talla de: Pacific hake *Merluccius productus* (Kimura, 1980), Pez vela *Istiophorus platypterus* (Cerdenares-Ladrón De Guevara, Morales-Bojórquez, Rodríguez-Sánchez, 2011), Blackdrum *Pogonias cromis* (Ogle, 2016), Redfish, *Centroberyx affinis* (Haddon, 2021) y pinfish *Lagodon rhomboides* (Nelson, 2023).

Estos datos se pueden capturar en un archivo Excel con el formato denominado *delimitado por comas* (.csv) y guardar en el directorio de trabajo.

En el siguiente paso debemos indicarle a R que realice la lectura del archivo que acabamos de crear. En resumen, la lectura de los datos en formato csv se realiza mediante el comando *read.csv*, por ejemplo:

```
datos = read.csv("./datos_edad_talla.csv", header = TRUE) # Forma de cargar datos.
```

Nótese que mediante los símbolos *./* le estamos indicando a R que busque el archivo en la carpeta raíz donde se encuentra el archivo csv.

Ahora los datos de edad y talla se encuentran en una variable que creamos de nombre *datos* y para llamar la información se crean variables *edad = datos\$edad* y *talla = datos\$talla*. Es importante notar que estamos creando un objeto de nombre *datos* y mediante los símbolos *=* estamos asignando a nuestro objeto los datos. Pero se pueden crear variables como “*un vector*”, con la información de entrada, que se grafican y se utilizan para ajustar el modelo de crecimiento individual. A continuación, para cada conjunto de datos, se nombra la variable edad y



talla seguida de las iniciales que indican pertenencia o identidad por ejemplo:

Datos de Kimura (1980):

```
edad = c(1,2,3,3,4,3,5,3,6,3,7,3,8,3,9,3,10,3,11,3,12,3,13,3) # la letra h indica hembras
```

```
talla = c(15.4,28.03,41.18,46.2,48.23,50.26,51.82,54.27,56.93,58.93,59,60.91,61.83)
```

```
edad = c(1,2,3,3,4,3,5,3,6,3,7,3,8,3,9,3,10,3,11,3) # la letra m indica machos
```

```
talla = c(15.4,26.93,42.23,44.59,47.63,49.67,50.87,52.3,54.77,56.43,55.88)
```

Datos de Cerdaneres-Ladrón De Guevara, Morales-Bojórquez, Rodríguez-Sánchez (2011).

```
edad = c(1:11) # la letra pv indica pez vela
```

```
talla = c(65.1,102.8,125.4,142.4,151.8,161.3,164.8,168.7,172.8,173.8,187.5)
```

Datos de Ogle (2016).

```
library(FSAdata) # Cargar el paquete para usar los datos edad-talla
```

```
datos = subset(BlackDrum2001,BlackDrum2001$otoage<50 &
```

```
BlackDrum2001$sex=="male") # filtro para replicar el ejercicio de Ogle (2016).
```

```
datos = datos[order(datos$otoage),] # ordena los datos de edad de menor a mayor.
```

```
edad = datos[,9] # el [,9] indica la columna para los datos edad en el archivo virtual
```

```
talla = datos[,7] # el [,7] indica la columna para los datos talla en el archivo virtual
```

Datos de Haddon (2021).

```
library(MQMF) # cargar el paquete para usar los datos edad-talla
```

```
edad = LatA[,1] # el [,1] indica la columna para los datos edad en el archivo virtual
```

```
talla = LatA[,2] # el [,2] indica la columna para los datos talla en el archivo virtual
```

Nelson (2023).

```
library(fishmethods) # cargar el paquete para usar los datos edad-talla
```

```
datos = pinfish[order(pinfish$age),] # ordena los datos de edad de menor a mayor.
```

```
edad = datos[,3] # el [,3] indica la columna para los datos edad en el archivo virtual
```

```
talla = datos[,2] # el [,2] indica la columna para los datos talla en el archivo virtual
```

A continuación se muestra el código para graficar los datos edad-talla, incluyendo algunas modificaciones de formato (la figura es el ejemplo de Haddon, 2021).

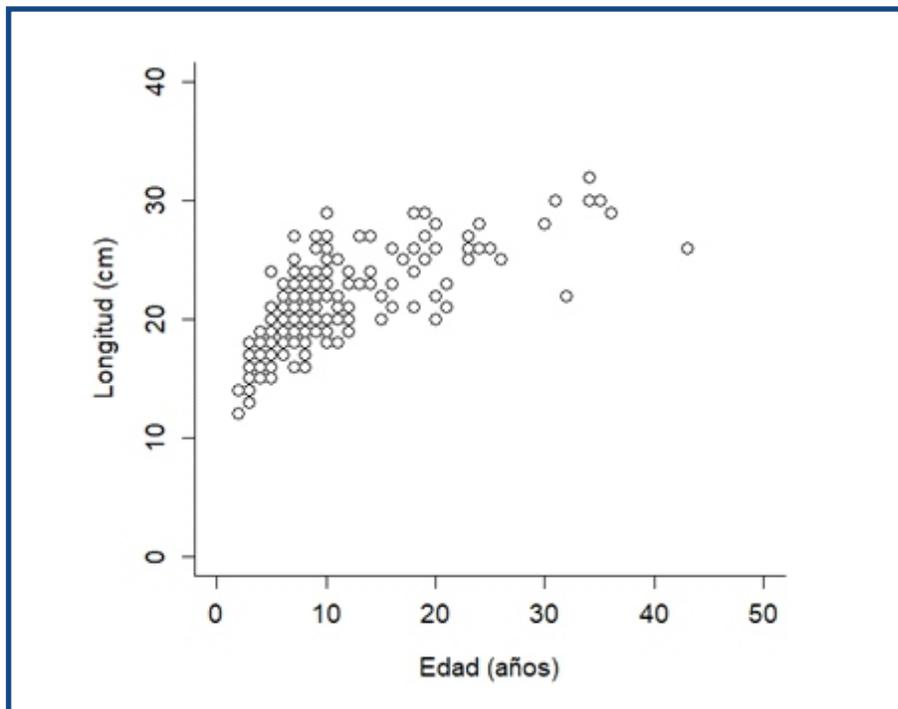
```
plot(edad, talla, bty = "L", # bty es edición de las líneas del marco
```

```
xlab="Edad (años)", ylab="Longitud (cm)", pch=1, # pch es la forma del símbolo
```

```
main="von Bertalanffy Aditivo", cex=1.2, # cex es el tamaño del símbolo
```

```
cex.lab=1.2, cex.axis=1.2, # cex.lab y cex.axis edita etiquetas y números
```

```
xlim=c(0, max(edad)), ylim = c(0, max(talla))) # xlim y ylim escalas en ambos ejes
```



**Figura 1.** Dispersión de los datos edad-talla Redfish *Centroberyx affinis* (Haddon, 2021).

En R podemos crear funciones que nos permiten ejecutar procesos iterativos, estas funciones pueden ser empleadas para realizar ese proceso en diferentes conjuntos de datos. Crearemos una función a la cual nombraremos *función madre o base*, con ella se puede crear cualquier otro modelo. La función madre se construyó para estimar los parámetros del modelo de crecimiento por el *método de logverosimilitud*.

La función se construye con el modelo de crecimiento individual de von Bertalanffy (1938).

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

Donde:  $L_t$  es la longitud  $L$  a la edad  $t$ ,  $L_\infty$  es la longitud máxima promedio (asintótica) de la población,  $k$  es tasa de crecimiento,  $t$  es la edad y  $t_0$  es la edad teórica a la cual la talla es cero.

En los datos edad-talla se explora ajustar el modelo con error aditivo (los errores tienen distribución normal), donde la desviación estándar se estima como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \hat{L}_i)^2}{n}}$$

Donde  $\sigma$  es la desviación de los datos,  $L_i$  es igual a la longitud observada y  $\hat{L}_i$  es la longitud estimada y  $n$  el tamaño de la muestra

A continuación se muestra el código para ajustar el modelo con la función logverosimilitud asumiendo *error aditivo*. En cada línea hay comentarios después del símbolo #, para indicar que se hace dentro de la función. Antes de iniciar es preciso integrar en dos vectores los datos correspondientes a la edad y a la talla.

```
logvero = function(pars) { # inicia creación de la función
  Linf = pars[1] # asignación de L infinita
  k = pars[2] # asignación de k
  t0 = pars[3] # asignación del t0
  sigma = pars[4] # asignación de la desviación estándar
  n = length(edad) # número de observaciones
  lv = 0 # es el punto de inicio de logverosimilitud
  for(i in 1:n) { # inicia el loop para los n datos observados
    modelo = (Linf*(1-exp(-k*(edad[i]-t0)))) # estructura del modelo analizado
    lv = lv + log(dnorm((talla[i]), (modelo), sigma)) # suma de logverosimilitud
  }
  -lv # se invierte la logverosimilitud, porque en R no se puede maximizar
} # Termina la estructura de la función
```

Posteriormente la optimización de los parámetros se realiza con la función predeterminada *nlm*, en este caso asignada a un objeto llamado *resMA*, donde primero se ingresa de la información de los parámetros a cambiar (*siguiendo el orden asignados en la función madre*) y después la función objetivo (*logvero*).

Considere que los valores iniciales de los parámetros se pueden obtener de un estudio previo, pero cuando no se tiene esa información, el valor de longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) se considera a la talla máxima de los datos, en la tasa de crecimiento ( $k$ ) se asigna un medio cuando los datos tienen edad igual o menor a 10 años y un tercio cuando es mayor a 10 años (el código se encuentra condicionado para realizar el procedimiento), esto considerando que  $k$  varía de valores mayor a cero e igual o menor a uno, en el valor de la edad teórica ( $t_0$ ) se asignó al negativo de la unidad, dado que generalmente este valor es menor a cero y el negativo de dos, finalmente un *proxi* de sigma ( $\sigma$ ) es la desviación estándar de los datos de edad o talla. Los resultados de interés de resMA se encuentran en \$par (parámetros) y \$objective (logverosimilitud).

La estructura de *nlminb()* se asigna a una variable nombrada resMA (resultado Modelo Aditivo) y resMM (resultado Modelo Multiplicativo) para diferenciar los resultados entre estructura de error, pero cuando solo es un modelo con la estructura de nlminb es suficiente.

```
resMA = suppressWarnings(nlminb(start = c(max(talla),  
ifelse(max(edad) >= 10, 0.3, 0.5), -1, sd(talla)), logvero)) #  
suppressWarnings es para evitar caer en error.
```

El proceso de optimización se visualiza con *resMA*, los resultados de interés se encuentran en \$par (parámetros) y \$objective (logverosimilitud), esto se debe a que en la función se indica que se estiman parámetros y logvero es la función objetivo, los cuales tienen el orden asignado en la estructura de la función.

```
resMA# para ver el resultado
```

Con los resultados de resMA renombramos los parámetros de Linf, k, t0 para utilizarlos en un objeto *ModelovBA*, que es el vector de las longitudes estimadas según la edad observada.

```
LinfA = resMA$par[1]; kA = resMA$par[2]; t0A = resMA$par[3];  
LinfA; kA; t0A# renombrar parámetros.
```

```
ModelovBA = (LinfA*(1-exp(-(kA*(edad-t0A)))))) # datos estimados  
por el modelo
```

```
lines(edad, ModelovBA, lwd=2, col=1, lty=1) # línea del modelo en el  
gráfico
```

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log(L_i) - \log(\hat{L}_i))^2}{n}}$$

Donde:  $\sigma$  es la desviación de los datos,  $L_i$ : = longitud observada y  $\hat{L}_i$  = longitud estimada y  $n$  el tamaño de la muestra.

Código error multiplicativo.

```
logvero = function(pars) { # inicia creación de la función
Linf = pars[1] # asignación de L infinita
k = pars[2] # asignación de k
t0 = pars[3] # asignación del t0
sigma = pars[4] # asignación de la desviación estándar
n = length(edad) # número de observaciones
lv = 0 # es el punto de inicio de logverosimilitud
for(i in 1:n) { # inicia el loop para los n datos observados
  modelo = (Linf*(1-exp(-k*(edad[i]-t0)))) # estructura del modelo analizado
  lv = lv + log(dnorm(log(talla[i]), log(modelo), sigma)) # suma de logverosimilitud
}
-lv # se invierte la logverosimilitud, porque en R no se puede maximizar
} # Termina la estructura de la función
```

Los parámetros optimizados se conservan en el objeto resMM se renombran y se utilizan en el objeto ModelovBM donde se obtiene el vector de longitudes estimadas a partir de un modelo multiplicativo.

```
resMM = suppressWarnings(nlminb(start = c(max(talla), ifelse(max(edad) >= 10, 0.3, 0.5), -1, sd(edad)), logvero)) # suppressWarnings es para evitar caer en error.
```

```
resMM # para ver el resultado
```

Se realiza la asignación de los parámetros a su variable correspondiente.

```
LinfM = resMM$par[1]; k = resMM$par[2]; t0 = resMM$par[3]; LinfM; kM; t0M # renombrar parámetros.
```

```
ModelovBM = (LinfM*(1-exp(-(kM*(edad-t0M)))) # datos estimados por el modelo
lines(edad, ModelovBM, lwd = 2, col = 4, lty = 2) # línea del modelo en el gráfico
```

Asignación de las leyendas para diferenciar el tipo de estructura de error.

```
legend("bottomright", c("Error aditivo", "Error multiplicativo"), box.lty = 0,
lty = 1, col = c("black", "blue"), lwd = c(2, 2))
```

Los intervalos de confianza (IC al 95%) de los parámetros en cada modelo se estiman mediante un remuestreo (bootstrap) y el método del percentil, considerando como fuente de error la talla a la edad (Haddon, 2011) para la función con estructura de *error aditivo*.

En la siguiente función el modelo realiza la estimación de los parámetros para cada remuestreo, la información del remuestreo se encuentra en una variable nombrada como *vector*.

```
ModelovBIC=(LinfA*(1-exp(-(kA*(edad-t0A)))))# datos estimados por el modelo
logvero = function(pars){
  Linf=pars[1]
  k=pars[2]
  t0=pars[3]
  sigma=pars[4]
  n=length(edad)
  lv=0
  for(i in 1:n){
    modelo=(Linf*(1-exp(-k*(edad[i]-t0))))
    lv=lv+log(dnorm((vector[i]),(modelo),sigma))
  }
  -lv
}
```

La generación de datos en el remuestreo se realiza para 100 iteraciones en este ejercicio, pero la cantidad de remuestreo que se requiera en el análisis, se realiza cambiando el valor en *n*.

En cada uno de los remuestreos el modelo estima los parámetros y estos son almacenados en una variable nombrada como *salida*, la cual tiene una estructura de datos “*data.frame*” en R, con un orden asignado a los parámetros estimados para este ejercicio: L infinita, k, t0 y sigma.

La visualización de los parámetros estimados en cada remuestreo se puede hacer al escribir el nombre de la variable *salida*.



```
n = 1000; # cantidad de remuestreos y parámetros a estimar
salida = -data.frame(Linf = 1:n, k = 1:n, t0 = 1:n, sigma = 1:n) # nombre de los parámetros
suppressWarnings(for(i in 1:n){# evita que converjan en un error
  ERROR = c(talla - ModelovBIC) # son los errores
  AB = rnorm(length(edad), mean(ERROR), sd(ERROR)) # selección aleatoria del error
  para el tamaño de muestra
  TBS = (ModelovBIC + AB) # tallas bootstrap
  vector = TBS # reacomodo de tallas
  resICA = nlm(b, start=c(Linf,k,t0,sd(vector)), logvero) # Ajustes
  salida[i,] = round(resICA$par[1:4],3) # Almacenamiento de parámetros con tres
  decimales
})
```

Los valores de los parámetros en la variable *salida* están orden aleatorio y para estimar los intervalos de confianza se ordenan de menor a mayor y los intervalos de confianza al 95%, se encuentran en el valor 25 y 975 respectivamente.

```
##### Valores de los intervalos de confianza de los parámetros #####
```

```
# L infinita
```

```
icL=salida$Linf[order(salida$Linf)]# ordena los datos de menor a mayor.
```

```
LqL <- icL[(n+1) * 25/1000]# inferior
```

```
LqS <- icL[(n+1) * 975/1000]# superior
```

```
# Tasa de crecimiento k
```

```
ick=salida$k[order(salida$k)]# ordena los datos de menor a mayor.
```

```
kqL <- ick[(n+1) * 25/1000]# inferior
```

```
kqS <- ick[(n+1) * 975/1000]# superior
```

```
# Edad teorica a la talla cero
```

```
ict0=salida$t0[order(salida$t0)]# ordena los datos de menor a mayor.
```

```
t0qL <- ict0[(n+1) * 25/1000]# inferior
```

```
t0qS <- ict0[(n+1) * 975/1000]# superior
```

```
##### Tallas a la edad para los intervalos
```

```
ModelovBICL = (LqL * (1-exp(-(kqL*(edad-t0qL)))))) # datos estimados por el modelo
```

```
ModelovBICS = (LqS * (1-exp(-(kqS*(edad-t0qS)))))) # datos estimados por el modelo
```

```
##### Grafico de tallas para los intervalos
```

```
lines(edad,ModelovBICL,lwd=2,col=4,lty=2)
```

```
lines(edad,ModelovBICS,lwd=2,col=4,lty=2)
```

```
##### Leyenda de datos
```

```
legend("bottomright", c("Modelo", "IC al 95%"), box.lty = 0,
```

```
lty = c(1,2), col = c("black", "blue"), lwd = c(2, 2))
```

```
LqL;LqS;kqL;kqS;t0qL;t0qS
```



## ▶ RESULTADOS

Se muestra el modelo de von Bertalanffy ajustado a los datos de Redfish *Centroberyx affinis* para estructura de error aditivo y multiplicativo (figura 2). Los parámetros estimados se obtienen al llamar la variable `resMA` para la estructura de error aditivo (considere el cambio de nombre en la variable a `resMM` para obtener el resultado correcto con error multiplicativo), los parámetros de interés de `resMA` se encuentran en el primer reglón en la sección `$par` donde: `resMA$par[1]` es  $L_{inf}$ , `resMA$par[2]` corresponde a  $k$ , `resMA$par[3]` es  $t_0$  y `resMA$par[4]` a  $\sigma$ . La logverosimilitud se encuentra en `resMA$objective`.

`$par`

[1] 26.8354017 0.1301586 -3.5867046 1.9500909

`$objective`

[1] 747.0795

`$convergence`

[1] 0

`$iterations`

[1] 29

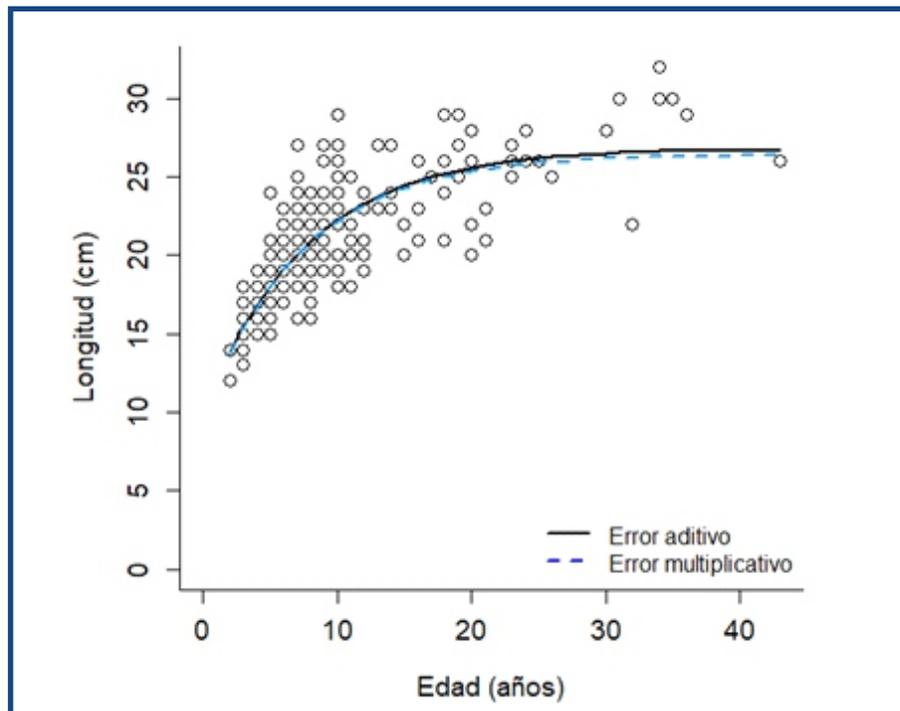
`$evaluations`

`function gradient`

50 138

`$message`

[1] "relative convergence (4)"



**Figura 2.** Modelo de von Bertalanffy ajustado a los datos de Redfish, *Centroberyx affinis* (Haddon, 2021), línea negro error aditivo y línea azul error multiplicativo.

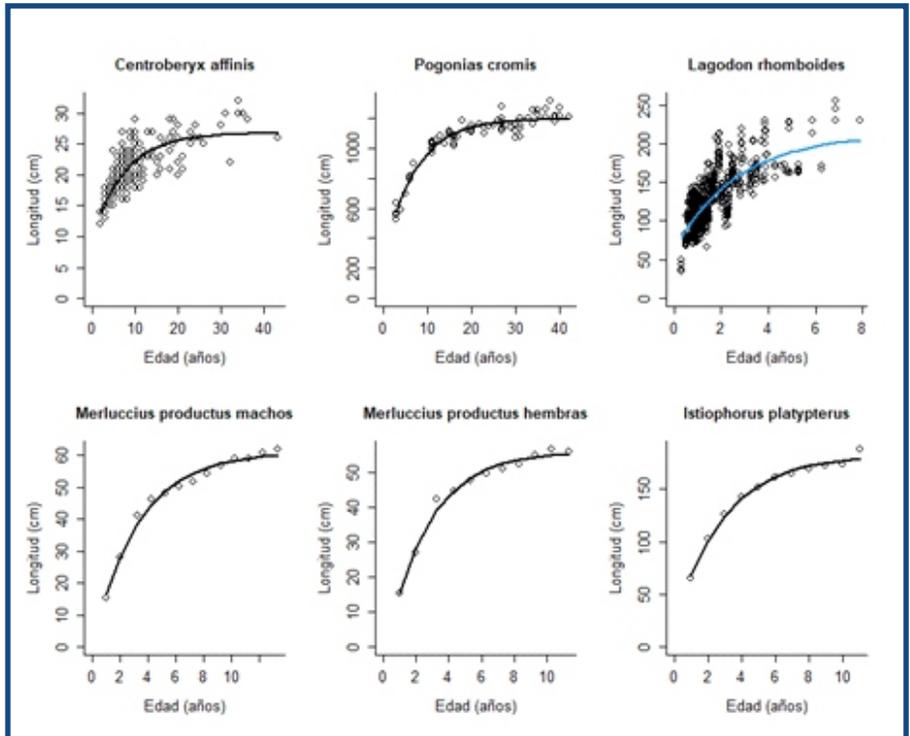
Si se quiere replicar el resto de los ejercicios es necesario copiar y pegar los datos según sea el caso y ejecute el código.

La comparación de los parámetros estimados del modelo de von Bertalanffy con el código propuesto y los estimados con los repositorios virtuales se encuentran en la tabla I, en esta se observa una coincidencia en los valores estimados entre las estructuras de error independientemente del método de ajuste.

**Tabla I.** Comparativo de los parámetros, estructuras de error (EA = error aditivo y EM = multiplicativo) y método de ajuste (LL = logverosimilitud, MC = mínimos cuadrados).

Datos	Parámetro	$L_{\infty}$	k	t0	Error	Ajuste
<i>Centroberyx affinis</i>	Este estudio	26.835	0.130	-3.586	EA	LL
	Haddon, 2021	26.835	0.130	-3.586	EA	MC
	Este estudio	26.441	0.137	-3.294	EM	LL
	Haddon, 2021	26.441	0.137	-3.294	EM	MC
<i>Pogonias cromis</i>	Este estudio	1196.719	0.141	-1.594	EA	LL
	Ogle, 2016	1196.718	0.141	-1.594	EA	MC
<i>Lagodon rhomboides</i>	Este estudio	211.785	0.378	-0.915	EA	LL
	Nelson, 2023	211.787	0.378	-0.915	EA	MC
<i>Lagodon rhomboides</i>	Este estudio	190.396	0.537	-0.537	EA	LL
	Nelson, 2023	190.398	0.537	-0.537	EM	MC
<i>Merluccius productus</i> (hembras)	Este estudio	61.225	0.296	-0.057	EA	LL
	Kimura 1981	61.23	61.23	-0.057	EA	MC
<i>Merluccius productus</i> (machos)	Este estudio	55.978	0.385	0.171	EA	LL
	Kimura 1981	55.978	0.385	0.171	EA	MC
<i>Istiophorus platypterus</i>	Este estudio	180.588	0.363	-0.241	EM	LL
	Cerdenares-Ladrón De Guevara et al., 2011	180.588	0.363	-0.241	EM	LL

El modelo ajustado a cada conjunto de datos analizados se encuentra en la figura 3, se observa que independientemente de la dispersión de los datos analizados, el código optimiza los parámetros del modelo. En la tabla II, se encuentran los parámetros del modelo y sus intervalos de confianza.

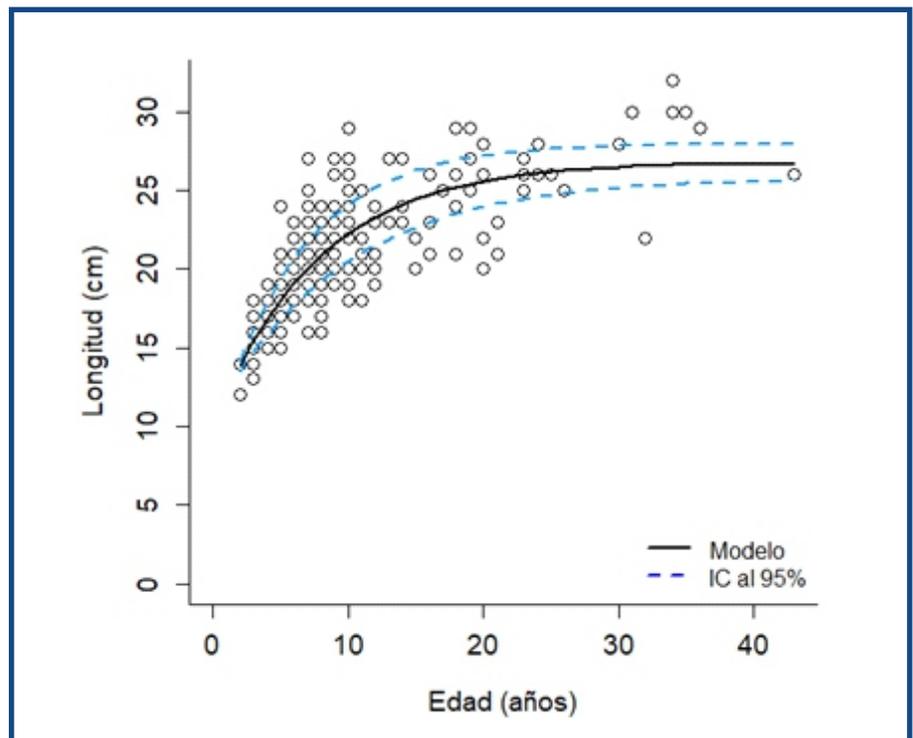


**Figura 3.** Modelo de von Bertalanffy ajustado a los datos de los repositorios virtuales error aditivo.

Datos	Parámetro	$L_{\infty}$	k	$t_0$	Ajuste
<i>Centroberyx affinis</i>	Estimación	26.835	0.130	-3.586	Error aditivo
	IC 95% LI	25.87	0.107	-4.911	
	IC 95% LS	27.914	0.157	-2.483	
<i>Pogonias cromis</i>	Estimación	1196.719	0.141	-1.594	Error aditivo
	IC 95% LI	1179.107	0.123	-2.606	
	IC 95% LS	1214.346	0.162	-0.831	
<i>Lagodon rhomboides</i>	Estimación	211.785	0.378	-0.915	Error aditivo
	IC 95% LI	196.172	0.272	-1.319	
	IC 95% LS	236.854	0.485	-0.63	
<i>Merluccius productus</i> (machos)	Estimación	61.225	0.296	-0.057	Error aditivo
	IC 95% LI	59.148	0.248	-0.403	
	IC 95% LS	63.625	0.35	0.224	
<i>Merluccius productus</i> (hembras)	Estimación	55.978	0.385	0.171	Error aditivo
	IC 95% LI	54.131	0.326	-0.08	
	IC 95% LS	58.079	0.457	0.401	
<i>Istiophorus platypterus</i>	Estimación	180.588	0.363	-0.241	Error multiplicativo
	IC 95% LI	175.512	0.304	-0.594	
	IC 95% LS	186.804	0.43	0.012	

**Tabla II.** Parámetros del modelo de von Bertalanffy, intervalos de confianza (95%) y tipo de ajuste.

En la figura 4 se observa el modelo de von Bertalanffy ajustado con error aditivo y sus respectivos intervalos de confianza.



**Figura 4.** Modelo de von Bertalanffy ajustado a los datos de Redfish, *Centroberyx affinis* (Haddon, 2021), línea negra el modelo y línea azul los intervalos de confianza al 95%.

## ► DISCUSIÓN

El ajuste de un modelo de crecimiento individual en Microsoft Excel, se realiza relativamente fácil cuando se replica un ejercicio tipo (Haddon, 2011). La bondad de Microsoft Excel estriba en que el modelo se escribe con los parámetros fijos en la primera celda del ejercicio y posteriormente con un doble click se estiman el resto de las celdas, lo cual no sucede en R, pero esto se resuelve de una mejor forma en R con la aplicación del término estadístico “i-esimo” en la función, la cual considera a todos los datos analizados independientemente de la cantidad, sin necesidad de editar como sucede en Microsoft Excel.



En ese contexto en R solo necesita agregar los datos en variables nombradas edad y talla, ejecutar el código y obtiene de forma estándar los resultados del análisis.

El interés de realizar el ejercicio de ajustar un modelo de crecimiento individual en R, sin el uso de una función predeterminada como `nls`, se debe a que esta realiza el ajuste por mínimos cuadrados y la función `nlminb()` ajusta al modelo por verosimilitud, mediante el cual se pueden estimar los intervalos de confianza con pruebas estadísticas para los parámetros del modelo (Polacheck, Hilborn, Punt, 1993), pero además, la función madre es un código donde se observa y describe cada proceso, como se realiza en Microsoft Excel.

También existe otras funciones de optimización disponibles en R como `nlm()` u `optim()` (Haddon, 2021), la cuales difieren en la estructura o ingreso de los parámetros y función objetivo. Pero el uso de `nlminb()` estimó los valores de los parámetros que permitieron validar la función en todos los conjuntos de datos, lo cual no sucedió con `nlm()`, mientras que en el caso de `optim()` los parámetros difieren según el método de ajuste (por default usa el método de Nelder-Mead).

La herramienta solver de Microsoft Excel tiene la opción de maximizar o minimizar la función objetivo y se elige según se requiera. Cuando se optimizan los parámetros de un modelo la verosimilitud negativa y positiva se minimizan y maximizan respectivamente. La diferencia en la función objetivo es el signo pero el valor absoluto es el mismo.

En R solo tiene la opción de minimizar, pero en la función `logvero` se realiza la suma de la verosimilitud positiva, por esa razón se invierte el signo al final de la función, de lo contrario sería imposible optimizar los parámetros y la función indicaría un error.

Se recuerda que el signo de `logvero` se cambió a negativo para minimizar (R no maximiza), si se quiere comparar el ajuste entre estructura de error en el modelo, usando un método de selección de modelo, debe cambiarse el valor de `logvero` (`resMA$objective` o `resMM$objective`) al multiplicar por menos uno (-1), ya que los métodos de selección utilizan la máxima verosimilitud (Burnham y Anderson, 2002).



El uso de los datos edad-talla en repositorios virtuales (Kimura, 1980; Ogle, 2016; Haddon, 2021; Nelson, 2023) ajustados a un modelo con estructura de error aditivo, ayudó a evaluar la estructura de la función *logvero*, en la cual coinciden los valores de los parámetros estimados y la verosimilitud, pero creamos un segundo código de la función para una estructura de error multiplicativo y se validó con los datos en repositorios virtuales (Haddon, 2021; Nelson, 2023) y datos del pez vela *Istiophorus platypterus* (Cerdenares-Ladrón De Guevara et al., 2011).

La diferencia en ambas funciones es el uso de logaritmo natural en los datos (ver función), al ajustar un modelo en Microsoft Excel con error multiplicativo, los errores (residuales) se obtienen como logaritmo de una división elevada al cuadrado, entonces para resolver esa parte se aplicó la *ley de los logaritmos* “ $\log(\text{talla}[i]), \log(\text{modelo})$ ”, ya que las divisiones equivalen a restas y las multiplicaciones a sumas.

Al optimizar los parámetros en un modelo es importante considerar la certidumbre de su estimación, en ese contexto se elaboró el método de estimación de los intervalos de confianza mediante de una técnica de remuestreo, realizada en visual base (macro) Microsoft Excel (Haddon, 2011) y se escribió en lenguaje de programación R.

En el proceso se estimaron los errores de las tallas con respecto al modelo para un tamaño de muestra de  $n$  (Haddon, 2021), asumiendo que se distribuyen normalmente cómo en la estructura del error en el ajuste del modelo. Este remuestreo se realiza  $n$  veces y los parámetros optimizados se encuentran en una variable nombrada *salida*, finalmente se obtienen los intervalos de confianza para cada parámetro con la función de los 1,000 datos ordenados de menor a mayor, donde el valor 25 y 975 son los intervalos de confianza inferior y superior respectivamente.

El ejercicio de optimización de los parámetros con la función propuesta muestra buen desempeño, al coincidir en las estimaciones de los parámetros del modelo, al utilizar los datos de los repositorios virtuales (Kimura, 1980; Cerdenares-Ladrón De Guevara et al., 2011; Ogle, 2016; Haddon, 2021; Nelson, 2023), por lo que se recomienda su uso para la estimación de los parámetros de un modelo de crecimiento individual, adaptando la *función madre* según sea el modelo y el error que queramos asumir.



## ► BIBLIOGRAFÍA

- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002).** *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach* (2nd ed.). Springer.
- Cerdenares-Ladrón De Guevara, G., Morales-Bojórquez, E., & Rodríguez-Sánchez, R. (2011).** Age and growth of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae) in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Marine Biology Research*, 7(5), 488-499. <https://doi.org/10.1080/17451000.2010.528201>
- Genschel, U. y Meeker, W.Q. (2010).** A Comparison of Maximum Likelihood and Median-Rank Regression for Weibull Estimation. *Quality Engineering*, 22(4): 236–255.
- Haddon, M. (2011).** *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries* (2nd ed.). Chapman and Hall; CRC Press.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781439894170>
- Haddon, M. (2021).** *Using R for Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*. Chapman and Hall; CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003032601>
- Kimura, D. K. (1980).** Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin*, 77, 765-776.
- Nelson, G.A. (2023).** Fishery Science Methods and Models. Repository CRAN. <https://cran.r-project.org/web/packages/fishmethods/fishmethods.pdf>
- Ogle, D. (2016).** *Introductory Fisheries Analyses with R*. Chapman and Hall; CRC Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781315371986>
- Polacheck T, R Hilborn y AE Punt. 1993.** Fitting surplus production models: Comparing methods and measuring uncertainty. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50(12): 2597-2607.
- Posit Team. (2023).** *R: A language and environment for statistical computing*. In R Foundation for Statistical Computing.
- von Bertalanffy, L. (1938).** A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10(2), 181-213.



Nota

Científica

## El cultivo de camarón *Penaeus* spp. en México con diferente salinidad en el agua

## The culture of shrimp *Penaeus* spp. in Mexico with different salinity in the water



1. Ricardo Urías-Sotomayor



0000-0002-7020-061X

Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N, Colonia Los Pinos, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



2. José Adán Félix-Ortiz



0000-0001-9511-9108

Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N, Colonia Los Pinos, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



3. Jorge Payán-Alejo



0000-0003-4636-0274

Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N, Colonia Los Pinos, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



4. Baltazar Ramos-Torres

Programa de Doctorado. Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N, Colonia Los Pinos, 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.

Autor de correspondencia: [baltazar.ramos.facimar@uas.edu.mx](mailto:baltazar.ramos.facimar@uas.edu.mx)



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 origina



---

## El cultivo de camarón *Penaeus* spp. en México con diferente salinidad en el agua

---

---

## The culture of shrimp *Penaeus* spp. in Mexico with different salinity in the water

---

### ▶ RESUMEN

Se hizo una revisión general sobre los aspectos más relevantes del cultivo de camarón blanco *Penaeus spp.* en México considerando a la salinidad del agua como la variable de referencia, en donde se incluyen los cultivos de agua dulce (0 - 1 unidades prácticas de salinidad, PSU, por sus siglas en inglés), agua salobre (> 1 - 30 PSU), agua salina (>30 - 38 PSU) y agua hipersalina (> 38 PSU) y su influencia en el desempeño del camarón *Penaeus spp.*

**Palabras clave:** Cultivo de camarón, *Penaeus spp.*, salinidad del agua, México.

### ▶ ABSTRACT

A general review was made of the most relevant aspects of white shrimp farming *Penaeus spp.* in Mexico considering water salinity as the reference variable, which includes freshwater crops (0 - 1 practical salinity units PSU), brackish water (> 1 - 30 PSU), saline water (> 30 - 38 PSU) and hypersaline water (> 38 PSU) and their influence on the performance of shrimp *Penaeus spp.*

**Key words:** Shrimp culture, *Penaeus spp.*, water salinity, Mexico



## ► INTRODUCCIÓN

A nivel global, la pesca y la acuicultura son actividades económicas de suma importancia, ya que generan alimentos, empleos y derrama económica. Durante el año 2020 ambas actividades aportaron conjuntamente 178 millones de toneladas de alimentos, de los cuales, el 49 % correspondieron a la acuicultura. Las especies que más se cultivaron fueron el camarón blanco del Pacífico *Penaeus vannamei* con 5.8 millones de toneladas, seguido por la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idellus* con 5.7 millones de toneladas, los ostiones *Crassostrea* spp. con 5.5 millones de toneladas, la carpa plateada *Hypophthalmichthys molitrix* con 4.9 millones de toneladas y la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* con 4.4 millones de toneladas (FAO, 2022).

En México, durante el 2021, se registró una producción pesquera y acuícola de 1.9 millones de toneladas, de las cuales, el 13 % correspondieron a la producción acuícola. El camarón blanco *P. vannamei* representó la principal especie cultivada con 182,110 t, seguida por la tilapia del Nilo *O. niloticus* con 45,064 t y el ostión *Crassostrea* spp. con 15,602 t (CONAPESCA, 2021). La camaronicultura en México se viene desarrollando de manera consolidada desde mediados de la década de los ochenta, principalmente en los estados del noroeste de México, siendo en la actualidad el camarón blanco *P. vannamei*, la especie que se cultiva comercialmente.

En México, el lugar donde se originaron los primeros ensayos en el cultivo de camarón ha sido una cuestión debatida por distintos autores. Arredondo y Figueroa (2002) sostienen que se realizaron a inicios de 1969, con camarón café *P. californiensis*, en instalaciones del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Guaymas, en el estado de Sonora.

Otros autores señalan que a principios de la década de los años 1970 se inició un esfuerzo compartido entre el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (CICTUS) y la Universidad de Arizona de EE.UU., con el apoyo de la empresa Coca



Cola, quienes desarrollaron un cultivo experimental de ciclo cerrado a nivel intensivo con camarón azul *P. stylirostris*, en un predio ubicado en las inmediaciones de Puerto Peñasco, Sonora, México, cuyas instalaciones construidas ex profeso, fueron reacondicionadas años más tarde (Morales, 1982; Rodríguez de la Cruz, 1988).

En 1972, se construyeron y operaron con fines experimentales, los primeros estanques rústicos a cielo abierto para el cultivo de camarón, donde se probaron diferentes densidades de siembra y salinidades, en una superficie estimada de 6 ha, cercana a la localidad denominada Ensenada de los Carros, ubicada en el sur de Sinaloa, México (Cabrera-Jiménez y García-Calderón, 1984).

Es importante mencionar que en México, desde mediados de la década de los años 1980 y hasta 1995, la totalidad de las granjas camaroneras comerciales dedicadas a la engorda, eran abastecidas de postlarvas de camarón capturadas en el medio silvestre, las cuales generalmente contenían una composición variable de camarón blanco *P. vannamei*, camarón azul *P. stylirostris* y camarón café *P. californiensis*, en donde una proporción aproximada de 85 % de camarón blanco, 10 % de camarón azul y 5 % de camarón café, proporcionaba excelentes resultados en el crecimiento de la biomasa cultivada (G. Izábal Zazueta com. pers.). Este escenario generó condiciones para que, a partir de 1995, algunos laboratorios de producción de postlarvas de camarón iniciaran sus operaciones con camarón blanco *P. vannamei* (Aragón-Noriega, Córdova-Murueta, Trías-Hernández y García-Juárez, 2000), quienes sirvieron de proveedores de dicho insumo biológico a las granjas camaroneras. Cabe precisar que los primeros reproductores empleados en los laboratorios de producción fueron recolectados en el medio marino, los cuales, han sido mejorados en su calidad y resistencia a través de procesos continuos de selección. Esta transición en la proveeduría de postlarvas de camarón del medio silvestre a las de laboratorios de producción, se llevó desde 1995 a 2004, ya que los laboratorios requirieron de tiempo para su consolidación, lo que les permite en la actualidad proveer la totalidad de las postlarvas que se siembran.



El cultivo de camarón blanco *P. vannamei* en México ha perdurado en forma preponderante desde los años ochenta hasta la fecha, considerando que la incidencia de la enfermedad viral denominada: “infección por el virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética” (IHHNV, por sus siglas en inglés) afectaron significativamente la supervivencia del camarón. A partir de 1995 se tuvieron afectaciones en los cultivos comerciales por la presencia de la enfermedad denominada “infección por el virus del síndrome de Taura” (TVS, por sus siglas en inglés), por lo que a partir de 1997 una empresa con inversión estadounidense ofreció al mercado, en forma simultánea a la producción de postlarvas de camarón blanco *P. vannamei*, postlarvas de camarón azul *P. stylirostris* denominadas “super shrimp”, las cuales solamente permanecieron en el mercado dos años (hasta 1999), que fue cuando se presentó, en la región del noroeste de México, la enfermedad denominada “infección por el virus del síndrome de las manchas blancas” (WSSV, por sus siglas en inglés), la cual afectó severamente a la industria camaronícola durante los años de 1999, 2000 y 2001, ocasionando elevadas mortalidades en los cultivos comerciales de camarón y, consiguientemente, la afectación de la salud financiera de un buen número productores y de empresas dedicadas a esta actividad, lo que provocó su retiro masivo de este negocio. Desde el año 2000 a la fecha, únicamente se producen larvas y postlarvas de camarón blanco *P. vannamei* a través de los laboratorios de producción que operan en la región.

En 2013 se tuvieron episodios severos de epizootias que afectaron sensiblemente a la industria del cultivo de camarón en el noroeste de México, ocasionados por el “síndrome de la mortalidad temprana del camarón” (EMS, por sus siglas en inglés), conocida también posteriormente como “síndrome de la necrosis aguda del hepatopáncreas del camarón” (AHPNS, por sus siglas en inglés) que es una enfermedad de origen bacteriano que ataca al sistema digestivo de los camarones y genera mortandades masivas durante los primeros 30 días del cultivo, con registros de afectaciones de hasta el total de la población en cultivo, en un período de hasta 5 días.

Por su parte, en 2022 operaron en la región del noroeste de México 39 laboratorios dedicados a la producción de postlarvas de camarón (ver figura 1), quienes en conjunto produjeron 17,641 millones de postlarvas para atender con suficiencia y oportunidad la demanda nacional de dicho insumo biológico (Comités de Sanidad Acuícolas de Baja California, Sinaloa, Sonora y Nayarit, 2022).

© Fotografía: Ricardo Uriás Sotomayor



*Figura 1.* Módulo de crianza larval de laboratorio de producción de postlarvas de camarón, ubicado en el sur de Sinaloa.

En 2017, en México, después de haberse cumplido más de 30 años ininterrumpidos dedicados al cultivo comercial de camarón, se contaba con el registro de 1,368 unidades de producción acuícola, con una superficie abierta al cultivo de 77,837 ha, localizadas en 13 estados costeros, tanto del Pacífico como del golfo de México, de cuya superficie el 91.3 % correspondió a Sinaloa y Sonora (DOF, 2021). En ese año, se tuvo una producción registrada de camarón de cultivo de 150,000 t (CONAPESCA, 2017).



Actualmente en México, la camaronicultura representa una industria dinámica bien consolidada, caracterizada por ser fuente generadora de alimentos, empleos, derrama económica y divisas, lo cual beneficia social y económicamente a diferentes regiones del país.

El presente trabajo tiene como propósito, hacer una revisión de las diferentes fuentes de abastecimiento de agua a los sistemas de producción camaronícola dedicados a la engorda de camarón en México, considerando la salinidad del agua como el principal indicador y su relación con la producción de camarón por unidad de superficie, en cuyas fuentes se incluyen los cultivos con agua dulce, salobre, salina e hipersalina.

## ► DESARROLLO DEL TEMA

En este estudio, se considera a la salinidad como la variable de referencia que caracteriza a las diferentes fuentes de abastecimiento de agua en los sistemas de producción acuícola dedicados a la engorda de camarón *Penaeus* spp., cuyos tipos de cultivo se analizan por separado.

En este contexto, se reconoce que *P. vannamei* es un organismo eurihalino, ya que presenta tolerancia a un amplio intervalo de salinidad en el agua que va de 0.5 - 45 PSU (Godínez-Siordia, Chávez-Sánchez y Gómez-Jiménez, 2011), lo cual permite su desarrollo en estanques a diferentes densidades y salinidades, por lo que se considera factible su cultivo en sitios donde el agua suministrada contiene una baja salinidad (Roy, Davis, Saound y Henry, 2007; Esparza-Leal, Ponce-Palafox, Valenzuela, Arredondo y García-Ulloa, 2010). Otros autores sostienen que *P. vannamei* soporta un intervalo de salinidad en el agua de 1 - 50 PSU (Pante, 1990), mostrando un crecimiento óptimo en aguas con salinidades cercanas a 20 PSU (Li, Chen, Zeng, Chen, Yu, Lai y Qin, 2007).

### **Cultivos con agua dulce (0 - 1 PSU)**

En el cultivo de camarón *Penaeus* spp. bajo condiciones de agua dulce se puede considerar una salinidad de hasta 1 PSU y una conductividad eléctrica del agua no mayor a 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y la conductividad del suelo



no debe exceder los 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en cualquier momento del año (Jory, 2017). Otros autores sostienen que la acuicultura en agua dulce se practica en ambientes dentro del continente y emplea agua dulce, cuya salinidad es menor de 0.5 PSU (Lujan-Monja y Caruajulca, 2020).

En México no tienen registros de cultivos de camarón *P. vannamei* con agua dulce, es decir, con salinidades en el agua  $< 1$  PSU.

### **Cultivos con agua salobre ( $> 1 - 30$ PSU)**

El agua salobre se caracteriza por ser el resultado de la combinación de agua dulce y agua salina, que generalmente se presenta en las zonas costeras, cuya salinidad varía de 0.5 a 30 PSU. El agua salobre superficial generalmente se caracteriza por presentar una alta variabilidad de su salinidad, tanto en el espacio como en el tiempo (Lujan-Monja y Caruajulca, 2020). Otro autor señala que las aguas salobres que se emplean en el cultivo de camarón presentan una salinidad  $> 1$  ó  $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$  de conductancia específica (Jory, 2017).

En algunas regiones del país se cultiva camarón *P. vannamei* en salinidades de 2 a 18 PSU, mediante sistemas de producción similares a los empleados en aguas de mayor salinidad. Colima constituye, a nivel nacional, el estado líder en el cultivo de camarón blanco *P. vannamei* cultivado a baja salinidad, cuya agua que se emplea generalmente está enriquecida con carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), la cual presenta una salinidad que varía de 2 a 18 PSU, misma que proviene de pozos profundos (100 m aproximadamente), con predominancia de cultivos a nivel intensivo (M. Ávila Tamayo, com. pers.). En Colima se opera una superficie de estanquería del orden de 300 ha, con una producción registrada en 2021 de 6,992 t (DOF, 2021), cuyo manejo acuícola en esta región afortunadamente se ha mantenido al margen de la interacción activa de enfermedades del camarón, consideradas de alto impacto, por las altas mortalidades que generan en los cultivos comerciales.

En un cultivo experimental de camarón blanco del Pacífico *P. vannamei* realizado en Sinaloa, en donde se emplearon contenedores con agua de baja salinidad ( $1.2 \pm 0.5 \text{ L}^{-1}$ ) PSU y con diferente composición iónica, a través de cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, al igual que



un contenedor con agua marina utilizada como tratamiento testigo ( $T_M = 34 \pm 1.4 \text{ g L}^{-1}$ ) PSU. Los resultados del experimento revelaron que en los tratamientos con baja salinidad se presentaron bajos niveles de desempeño del camarón, en cuanto a crecimiento y supervivencia, y que, en los ambientes donde la relación iónica fue cercana a la del agua marina se registraron los mejores resultados de crecimiento y supervivencia del camarón, lo que sugiere que la presencia en el agua de iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) influyeron significativamente en el crecimiento y la supervivencia de los organismos estudiados (Valenzuela-Madrigal, Valenzuela-Quiñónez, Esparza-Leal, Rodríguez-Quiroz y Aragón-Noriega, 2017).

Se hicieron estimaciones de crecimiento de *P. vannamei* cultivado en agua con salinidad de 2 PSU, en una granja comercial de camarón aledaña al río San Lorenzo, en Sinaloa, México, durante el periodo del 17 de julio al 24 de noviembre de 2002, en cuyo sistema de cultivo se operó con una densidad de siembra de 20 postlarvas por metro cuadrado. Al finalizar el ciclo de engorda, se encontró que el crecimiento promedio de los camarones cosechados fue de  $131.5 \pm 4.5 \text{ mm}$  y  $17.2 \pm 1.7 \text{ g}$ , con un crecimiento promedio de 7 mm por semana y un peso promedio semanal de 0.9 g (Arzola-González, Flores-Campaña, Izábal-Ceja y Gutiérrez-Rubio, 2008).

En un cultivo experimental realizado en Sinaloa, sobre alimentación de camarón blanco *P. vannamei* bajo condiciones de cultivo, en el que se trató de mantener la salinidad en el agua de los estanques en 4.0 PSU y cuya variación de este indicador se debió a la pérdida de agua por filtración, con valores que variaron de  $3.93 \pm 0.51 \text{ PSU}$  como mínimo y  $4.04 \pm 0.52 \text{ PSU}$  como máximo, se encontró que, bajo estas condiciones, los indicadores físico-químicos de la calidad del agua y particularmente la salinidad no influyeron significativamente en el crecimiento y la supervivencia de los organismos, y por el contrario, la alimentación influyó de manera determinante en el crecimiento, ya que a los organismos a los que se les suministraron alimentos artificiales con bajas concentraciones de lípidos y alto contenido de proteínas, mostraron, hacia el final del ciclo de cultivo, un mejor desarrollo en peso y talla



corporal (Valenzuela-Quiñónez, Esparza-Leal, Nava-Pérez y Rodríguez-Quiroz, 2012).

Por su parte, en un estudio realizado en la región del sur del golfo de México se estimó el crecimiento y la supervivencia de postlarvas de 25 días (PL 25) de camarón rosado *Penaeus duorarum* con aguas subterráneas salinas. Durante el experimento, los camarones se aclimataron de 36 a 5 PSU, utilizando varios tiempos de aclimatación (38 a 45 h) con una tasa variable de reducción de la salinidad (9.9 a 1.4 % h<sup>-1</sup>). Después de un día de aclimatación no se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en la supervivencia entre tratamientos ( $80.7 \pm 3.5$  %). Se seleccionó la tasa de reducción de salinidad de T1 (bajo tiempo de aclimatación) para aclimatar a las postlarvas (PL) para el experimento, debido a la alta tasa de supervivencia registrada después de la prueba de estrés de salinidad. Durante el experimento, los camarones confinados a una densidad de 80 PL por m<sup>2</sup> tuvieron la mayor tasa de crecimiento (20 mg por semana<sup>-1</sup>) y tasa de supervivencia (79 %) en comparación con otras densidades (150 PL por m<sup>2</sup>; 250 PL por m<sup>2</sup>). Los resultados demostraron que *P. duorarum* (PL 25) puede aclimatarse exitosamente a condiciones de baja salinidad (5 PSU) con una alta supervivencia y una tasa de crecimiento aceptable en esta fase de desarrollo (45 días) (Gullian, Aramburu, Sanders y López, 2010).

En un cultivo a nivel experimental realizado en Sinaloa, sobre supervivencia de postlarvas de camarón blanco *P. vannamei*, en donde se trabajó con diferentes combinaciones de salinidad y temperatura en el agua, la supervivencia de postlarvas presentó una significancia entre los tratamientos de 5 PSU con 15 °C con las otras salinidades probadas. A temperaturas del agua de 30 y 35 °C entre las salinidades de 5 y 45 PSU no se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de supervivencia de postlarvas, no obstante, en salinidades de 45 PSU en comparación con 15, 25 y 35 PSU, la supervivencia no mostró diferencias significativas para las temperaturas ya referidas. Los resultados indicaron que a temperaturas de 20 y 25 °C con las combinaciones de las salinidades probadas, se alcanzaron las más altas supervivencias y condiciones de resistencia de las postlarvas, ante la exposición de las diferentes condiciones del agua ya citadas (Arzola-González, Piña-Valdez, Nieves-Soto y Medina, 2013).



## **Cultivos con agua salina (> 30 - 38 PSU)**

La acuicultura en el ambiente marino se refiere particularmente a la reproducción, crianza y cosecha de plantas y animales, entre los que se encuentran los camarones, en aguas caracterizadas por presentar una salinidad de más de 30 PSU (Lujan-Monja y Caruajulca, 2020).

En este contexto, a principio de la década de los años 1990, la granja acuícola a cargo de la empresa del sector social denominada Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ejidal “El Patague”, S. de R. L. de C. V. ubicada en El Dorado, Sinaloa, México que operaba en ese entonces 650 ha dedicadas al cultivo de camarón a nivel semi-intensivo en la fase de engorda, comenzó a presentar mortalidades masivas de camarón en los estanques de cultivo, debido a limitaciones que se presentaban con frecuencia, en cuanto a calidad y cantidad de agua, ya que la granja se abastecía únicamente de ramales estuarinos, localizados en la parte extrema sur del sistema lagunar estuarino Altata-Ensenada del Pabellón, lo que obligó a los productores a buscar alternativas para resolver dichas limitaciones.

Con base en una serie de estudios realizados en materia de ingeniería civil, se resolvió realizar la excavación de un canal de llamada principal con longitud estimada en 7.5 km, con sección trapezoidal de 30 m en base mayor o superficie, 20 m en la base menor o fondo y 3.5 m de profundidad, que comunicara agua marina proveniente de la playa de Ponce a los sistemas de estanquería rústica (ver figura 2). Para proteger del azolvamiento a la boca del canal en la playa, se construyeron dos escolleras sobre la línea de costa, cuya obra marítima requirió de la colocación de 90,000 t de rocas, las cuales fueron trasladadas desde su banco principal ubicado a 42 km de distancia. La obra civil en su conjunto se concluyó y se puso en operación en agosto de 1996 y tuvo una inversión estimada de 2 millones de dólares americanos, la cual fue cubierta en un inicio con la aportación de los socios y complementariamente con financiamiento bancario, el cual fue amortizado por la empresa promotora en los años subsecuentes, lo que les permitió desarrollar el cultivo de camarón en una superficie de estanquería que se extendió rápidamente de 650 ha a 950 ha, por contar

con un ambiente acuático con mejores condiciones de estabilidad, en cuanto a calidad y suficiencia de agua. La salinidad del agua en la fuente de abastecimiento generalmente alcanza 37 PSU, variando en los estanques a causa de la evaporación de cada sitio en particular, así como por la eventual influencia de otras fuentes de agua externas, como lluvias y afluentes de esteros, principalmente.

© Fotografía: Ricardo Uriás Sotomayor



*Figura 2.* Canal de llamada de agua marina para uso acuícola con 7.5 km de longitud.

Estas escolleras constituyen la única obra de infraestructura hidráulica construida en Sinaloa con fines acuaculturales, lo que representa un proyecto único en su género en la región, que ha operado exitosamente desde su construcción realizada hace más de 25 años (ver figura 3).

© Fotografía: Ricardo Urías Sotomayor



**Figura 3.** Escolleras construidas en playa de Ponce, Sinaloa, para proteger la boca de un canal de llamada artificial para uso acuícola.

Por otra parte, en una instalación acuícola experimental localizada en el estado de Baja California Sur, México, se evaluó el crecimiento y la supervivencia del camarón café *P. californiensis* en la etapa larvaria, empleando diferentes salinidades del agua: 30, 33, 36 y 38 PSU, con una temperatura del agua de  $25.0 \pm 0.5$  °C, en donde los resultados indicaron que no se encontraron diferencias con niveles de significancia en el crecimiento del camarón entre los tratamientos probados. Las supervivencias observadas en los tratamientos con salinidades en el agua de 30, 33 y 36 PSU mostraron similitud y la supervivencia más baja se registró en el tratamiento con 38 PSU. Asimismo, con respecto al tiempo requerido por los organismos para alcanzar las diferentes fases de desarrollo larvario, no se observaron diferencias significativas entre las diferentes salinidades contenidas en los tratamientos (Porchas-Cornejo, Martínez-Córdova, Naranjo-Páramo, Magallón-Barajas, Portillo-Clark y Unzueta-Bustamante, 2000).



## Cultivos con agua hipersalina (> 38 PSU)

Algunos cultivos de camarón emplean agua hipersalina en su operación, entre los que se destacan los realizados en los municipios de Mazatlán, Rosario y Escuinapa, ubicados en el sur Sinaloa. En el caso de los dos primeros municipios, las principales fuentes de abastecimiento del agua de las granjas camaroneras se ubican en partes extremas del sistema lagunar Huizache-Caimanero y de la laguna de Aguaverde, donde la salinidad del agua se incrementa sensiblemente durante los meses de estiaje hasta llegar a alcanzar 50 PSU en los estanques y hasta 70 PSU en las fuentes de abastecimiento de profundidad somera (G. I. Rivera Parra, com. pers.).

En Baja California Sur se desarrolló, con fines de estudio, un cultivo intensivo del camarón blanco *P. vannamei* con alta salinidad y reposición mínima de agua, durante los ciclos primavera-verano y verano-otoño, con el fin de caracterizar el cultivo desde el punto de vista técnico, biológico y económico. La densidad de siembra para ambos ciclos en seis unidades experimentales fue de 120 PL por m<sup>2</sup>. La salinidad durante el primer ciclo que duró 105 días se mantuvo entre 44 y 47 PSU, mientras que en el segundo ciclo que duró 92 días varió de 42 a 50 PSU. En las unidades experimentales, los valores promedio de peso final, rendimiento por ha y supervivencia en el ciclo primavera-verano fueron de 13.3 g, 13.5 t y 84.2 %, respectivamente, mientras que en el ciclo verano-otoño fueron de 18.6 g, 18.1 t por ha y 81.2 %, respectivamente (Moreno-Figueroa, 2017).

## ► DISCUSIÓN

La salinidad óptima para el cultivo del camarón blanco *P. vannamei* no ha sido bien determinada, pero, para el desempeño biológico de la especie, una salinidad entre 15 - 25 PSU es considerada ideal (Boyd, 1990). Según la Carta Nacional Acuícola, publicada por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INAPESCA (hoy Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables IMIPAS), el intervalo de salinidad para el desarrollo del camarón blanco bajo condiciones de cultivo es de 5 a 40 PSU (DOF, 2021).



*P. vannamei* exhibe un rápido crecimiento corporal en estanques de cultivo, con incrementos que van de 10 a 20 g en un período de 4 a 5 meses. Este crustáceo es considerado eurihalino, debido a que se puede vivir en ambientes acuáticos donde se presenta un amplio intervalo en la salinidad; no obstante, en ambientes con salinidades de 15 a 30 PSU el camarón blanco *P. vannamei* presenta un buen desempeño en cuanto a crecimiento (González-Becerril, 2001).

En México, dependiendo de la región geográfica y del sitio en particular donde se ubique el proyecto, las fuentes de abastecimiento de agua para uso acuícola pueden ser muy variables en cuanto a calidad, cantidad, accesibilidad y disponibilidad del vital líquido, ya que estas características constituyen un factor determinante en el éxito de este tipo de proyectos productivos.

Dado el conocimiento técnico-científico que se tenía al inicio de las operaciones comerciales de engorda de camarón, los acuicultores buscaron las tierras junto a los esteros o lagunas costeras como prioridad para construir los estanques. Sin embargo, debido a las condiciones financieras de los inversionistas se empezaron a explorar sitios considerados como poco susceptibles, como los mencionados al principio de este trabajo, en donde la fuente de abastecimiento de agua tenía una salinidad imperceptible ( $< 2$  PSU). También se debe considerar que algunos sitios con acceso a esteros o lagunas costeras no tienen afluentes de agua dulce permanentes como ríos y, por tanto, la evaporación ocasiona que la salinidad en los estanques se incremente durante el periodo de engorda. Por esa razón se han presentado en este trabajo los cuatro principales intervalos de salinidad, que corresponden a fuentes de abastecimiento de agua para las instalaciones de cultivo que, a su vez, fueron motivo de la necesidad académica de realizar investigaciones sobre la capacidad de la especie *P. vannamei* para resistir las condiciones a distintas presiones por salinidad.



## ► CONCLUSIÓN

Se concluye que el cultivo de camarón *Penaeus* spp. en México continuará siendo técnica, financiera, ambiental y socialmente viable a diferentes salinidades y con diversas fuentes de abastecimiento de agua, por virtud de los atributos biológicos que presenta este recurso y su adaptabilidad a diferentes ambientes. La perspectiva es que se avizora un próspero futuro al cultivo de camarón en México y como sugerencia se propone la adaptación de los protocolos de cultivo en forma particular, según el sitio y condiciones de que disponga la empresa promovente del proyecto productivo.

## ► AGRADECIMIENTOS

El Autor de correspondencia agradece a la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa (PROFAPI 2022, PRO\_A7\_074), y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CVU 1202902) el apoyo institucional que se está brindado para la realización del Programa de Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos.

## ► BIBLIOGRAFÍA

Aragón-Noriega, E.A., Córdova-Murueta, J.H., Trías-Hernández, H.L y García-Juárez, A.R. (2000). Efecto de la densidad de siembra y la estacionalidad en la producción de camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. INP. SAGARPA. México. *Ciencia Pesquera* No. 14. .

Arredondo-Figueroa, J.L. (2002). El cultivo de camarón en México, actualidades y perspectivas. *Contactos* 43: 41-54. [Cam-Actualidades-en-el-cultivo-de-camarón.pdf \(cesasin.mx\)](#).

Arzola-González, J.F., Flores-Campaña, L.M., Izábal-Ceja, A. y Gutiérrez-Rubio, Y. (2008). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista AquaTIC*, No. 28, 8-15 pp. ISSN 1578-4541. <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/194>.



**Arzola-González, J., Piña-Valdez, P., Nieves-Soto, M. y Medina, J. (2013).** Supervivencia de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades y temperaturas. *Rev. MVZ Córdoba*. Vol.18. Supl. 1 Córdoba. [69329148004.pdf\(redalyc.org\)](https://doi.org/10.21860/revista.v18n1.a004).

**Boyd, C.E. (1990).** Water quality in ponds for Aquaculture. *Birmingham Publishing Co.* Birmingham, Alabama, USA. [Water Quality in Ponds for Aquaculture - Claude E. Boyd - Google Libros](#).

**Cabrera-Jiménez, J.A. y García-Calderón, J.L. (1984).** La acuicultura en México al término de 1982. Informes nacionales para el desarrollo de la acuicultura en América Latina. FAO. *Inf. Pesca*. (294) Supl. 1:138 pp. <https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/a0844t/docrep/005/AD020s/AD020s09.htm>

**Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca CONAPESCA. (2017).** Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2017. Mazatlán, México. 293 pp. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.

**Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca CONAPESCA. (2021).** Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2021. Mazatlán, México. 292 pp. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.

**Comités de Sanidad Acuícola de Baja California, Sinaloa, Sonora y Nayarit. (2022).** Producción de postlarvas de camarón en México durante 2022. En Revista Industria Acuícola. Edición 19.1. Noviembre de 2022. Pág. 48. ISSN: 2448-6205. [https://issuu.com/industriaacuicola/docs/edicion\\_8.5](https://issuu.com/industriaacuicola/docs/edicion_8.5).

**Diario Oficial de la Federación DOF. (2021).** Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. Ciudad de México. 102 pp. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5615929&fecha=15/04/2021&print=true](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5615929&fecha=15/04/2021&print=true).

**Esparza-Leal, H., Ponce-Palafox, J.T., Valenzuela, W., Arredondo, J.L. y García-Ulloa, M. (2010).** Effects of density on growth and survival of juvenile Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, reared in low-salinity well water. *Journal of the World Aquaculture Society*. 41: 648-654. DOI: [10.1111/j.1749-7345.2010.00406.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00406.x)

**Godínez-Siordia, D.E., Chávez-Sánchez, M.C. y Gómez-Jiménez, S. (2011).** Acuicultura epicontinental del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*



(Boone, 1931). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 55-62.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703004>.

**González-Becerril, A. (2001).** Modelación bioeconómica de un sistema de producción de camarón *Litopenaeus stylirostris* en Escuinapa, Sinaloa, México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad de Colima. Colima, México. 68 pp.  
<https://inapesca.gob.mx/portal/Publicaciones/Tesis/2001-Gonzalez-Becerril-Biomodelacion-cultivo-de-camaron-Dr.pdf?download>.

**Gullian, M., Aramburu, C., Sanders, B. y López, R. (2010).** Viability of culturing pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* in low-salinity groundwater from the Yucatán Peninsula (SE, México). *Aquaculture*. Volume 302, Issues 3-4, 23: 202-207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.019>.

**Jory, D.E. (2017).** Crecimiento lejos de la costa: Examinando el cultivo de camarón tierra adentro. Global Aquaculture Alliance. 7 pp.  
<https://www.aquaculturealliance.org/advocate/crecimiento-lejos-de-la-costa-examinando-el-cultivo-de-camaron-tierra-adentro/?headlessPrint=AAA>.

**Li, E., Chen, L., Zeng, C., Chen, X., Yu, N., Lai, Q. y Qin, J.G. (2007).** Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture*. 265 (1): 385-390. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.018>.

**Lujan-Monja, M. y A. Caruajulca. (2020).** Acuicultura: definición, historia, importancia y clasificación. <https://aquahoy.com/acuicultura-definicion-historia-importancia-clasificacion/>. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2007.02.018](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.018).

**Morales, J.J. (1982).** *El cultivo de camarón*. Revista Técnica Pesquera. 171: 14-16.

Moreno-Figueroa, L.D. 2017. Cultivo intensivo foto-heterotrófico del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en alta salinidad con reposición mínima de agua. Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur, México. 88 pp.  
<http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2365>.

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2022).** *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Roma, 257 pp. <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>.  
<https://doi.org/10.4060/cc0461es>.

**Pante, M.J.R. (1990).** Influence of environmental stress on the heritability of molting frequency and growth rate of the penaeid shrimp, *Penaeus vannamei*. Thesis Ph. D.



University of Houston-Clear Lake. E.U.A. 95 pp. [Influence of Environmental Stress on the Heritability of Molting Frequency ... - Josefa R. Pante - Google Libros](#)

**Porchas-Cornejo, M.A., Martínez-Córdova, L.R., Naranjo-Páramo, J., Magallón-Barajas, F., Portillo-Clark, G. y Unzueta-Bustamante, M.L. (2000).** Efecto de la salinidad en la larvicultura de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) a bajas temperaturas. *Ciencias Marinas*. 3 (26): 503-510. ISSN 0185-3880. [Efecto de la salinidad en la larvicultura de camarón café "Farfantepenaeus californiensis" \(Holmes, 1900\) a bajas temperaturas - Dialnet \(unirioja.es\).](#)

**Rodríguez de la Cruz, M.C. (1988).** Manual de técnicas para la operación de granjas camaroneras. Secretaría de Pesca. México, D.F. 85 pp.

**Roy, L., Davis, D.A., Saound, I.P. y Henry, R.P. (2007).** Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*. 262: 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011>.

**Valenzuela-Madriral, I.E., Valenzuela-Quiñónez, W., Esparza-Leal, H.M., Rodríguez-Quiroz, G. y Aragón-Noriega, E.A. (2017).** Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture at low-salinity well water. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 1(52): 103-112. DOI 10.4067/S0718-19572017000100008. [Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp Litopenaeus vannamei culture at low-salinity well water - Dialnet \(unirioja.es\).](#)

**Valenzuela-Quiñónez, H.M. Esparza-Leal, Nava-Pérez, E. y Rodríguez-Quiroz, G. (2012).** El cultivo de camarón en agua de baja salinidad con alimento a base de harina de lombriz. *Ra Ximhai*. 67 (8): 131-136. ISSN: 1665-0441. [\(PDF\) El Cultivo De Camarón en Agua De Baja Salinidad | Eusebio Nava - Academia.edu.](#)