

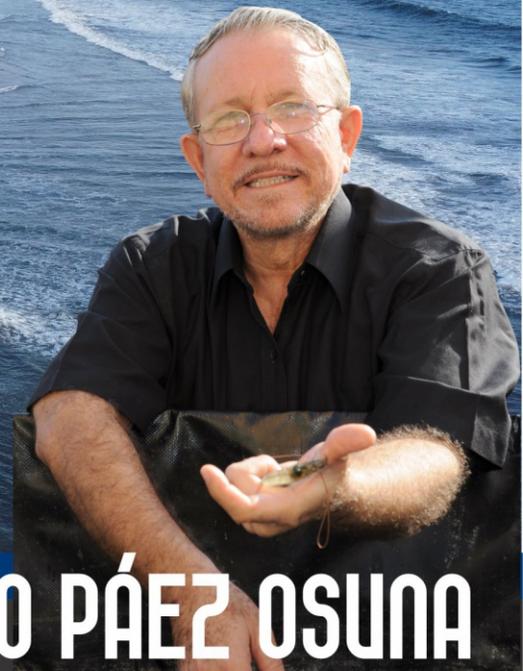
Revista Ciencias del Mar UAS



Abril - Junio 2025

Núm. 3 Vol.2

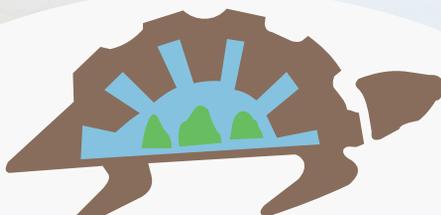
U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



► DR. FEDERICO PÁEZ OSUNA



ISSN (en trámite)



CIMMAR

Revista

DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Número 3, Volumen 2, ISSN (en trámite)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA



DIRECTORIO INSTITUCIONAL

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

Comité Editorial

Dr. Martín Gabriel Frías Espericueta
Editor en jefe

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Editor asociado

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

Dr. David Arturo Delgado Esquivel
Corrector de Estilo

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

Editores por línea de investigación

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

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

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

Comité Científico

Dr. Just Tomas Bayle Sempere
Universidad de Alicante, España

Dr. Diego Lercari Bernier
Universidad de la República, Uruguay

Dr. Álvaro Javier Burgos Arcos
Universidad de Nariño, Colombia

Dr. Rodolfo Vögler
Universidad de la República, Uruguay

Dr. Hugo Arancibia Farías
Universidad de Concepción, Chile

Dr. Andrés Cisneros Montemayor
Simon Fraser University, EUA

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

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

ISSN (en trámite)

CINTILLO LEGAL

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

Metales traza en organismos y sedimentos en el complejo lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa.

Trace metals in organisms and sediments in the San Ignacio-Navachiste-Macapule lagoon complex, Sinaloa

8-40

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Social and environmental insights of a fishing population in the Yucatan Peninsula, Mexico

Perspectivas sociales y ambientales de una población pesquera en la Península de Yucatán, México

41-52

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Invertebrados salobres en colectores artificiales en bahía Cospita, Culiacán, Sinaloa, México

Brackish-water invertebrates in artificial collectors in Cospita bay, Culiacan, Sinaloa, Mexico

53-67

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Especies de crustáceos comerciales en Ecuador: un listado y observaciones generales

Commercial crustacean species of Ecuador: a checklist and general remarks

68-79

REVISIÓN CIENTÍFICA

Fortalezas, debilidades e impacto de las investigaciones de los científicos sinaloenses con énfasis en las ciencias del mar

Strengths, weakness, and impact of the research published by the Sinaloa scientists with emphasis on the marine sciences

80- 92



El Dr. Federico Páez Osuna estudió la licenciatura en la Universidad Autónoma de Sinaloa y la maestría y el doctorado en la UNAM. Realizó una estancia de investigación en Scripps Institution of Oceanography, Universidad de California, San Diego, Estados Unidos al lado del Dr. E.D. Goldberg, (Tyler Prize). Es Investigador de la Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) de la UNAM. Ha publicado más de 270 artículos en revistas indexadas y 12 libros, tiene más de 7800 citas en Scopus y desde 2001 con el nivel III del SNI y las más de 30 distinciones académicas que ha recibido. Ha participado como miembro del Editorial Board de prestigias revistas como *Environmental Pollution* y el *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Durante 2021-2024 ha sido clasificado por Research.com como el mejor científico con afiliación y radicando en México, en el área de Ciencias Ambientales.

(i) Es un reconocido experto internacional en el estudio de la contaminación marina, es líder en la bioacumulación, efectos y ciclaje de metales pesados.

(ii) Actualmente es pionero en el estudio de microplásticos en la biota marina.

(iii) Es pionero en el estudio del impacto ambiental de la camaronicultura a nivel internacional, y en México, sus estudios sirvieron de base para definir los criterios de la Norma Oficial Mexicana NOM-089 ECOL 1994.

(iv) Desarrolló y publicó nuevas estrategias sostenibles para la camaronicultura, acoplándole cultivos agrícolas (agro-acuacultura), cultivos integrados y acuaponia.

(v) Sus estudios sobre modelos biogeoquímicos de nutrientes

(vi) Ha trabajado la toxicología de compuestos del nitrógeno, metales y metaloides en organismos acuáticos.

A lo largo de su trayectoria se ha vinculado con grupos e investigadores del extranjero a través de visitas, estancias de investigación o de proyectos de colaboración con académicos de USA, Polonia, Canadá e Italia.

Ha tenido una destacada labor como asesor de instituciones de alto nivel en la toma de decisiones ambientales de índole nacional e internacional: (a) con la Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales de la SEMARNAT, (b) con la Academia Mexicana de Ciencias en la integración del *Acidification Inter-Academic Panel Statement Working Group* (c) asesoró a sobre la postura de México para el "Programa Mundial de Acción para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades realizadas en la Tierra" de la UNESCO en la ONU; y (d) participó en la identificación y caracterización de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (CONABIO).

La contribución del Dr. Páez Osuna en la formación de generaciones de especialistas de alto nivel ha sido incansable y excepcional: ha dirigido 104 tesis, 22 de doctorado y 48 de maestría. Ha formado numerosos investigadores y profesores, entre sus alumnos se encuentran 7 destacados investigadores de la UNAM que han alcanzado los niveles más altos del SNI, y otros que han ocupado puestos de alta responsabilidad en la administración pública. Esto revela el efecto multiplicador de su árbol genealógico académico.

Su compromiso con la sociedad mexicana se refleja, por su intensa labor de divulgación de la ciencia en general. Ha participado en cientos de mesas redondas, congresos y simposios nacionales e internacionales y presentaciones de libros. Ha impartido 45 conferencias magistrales, y ha publicado 35 artículos de divulgación.

Por tal razón, el pasado agosto 2024 en sesión solemne el Consejo Universitario aprobó su designación como Investigador Emérito.

Por lo anterior, la Revista Ciencias del Mar UAS decidió poner su fotografía en la portada del presente número, a manera de homenaje a su sobresaliente trayectoria como docente, como investigador, como divulgador y promotor de la biogeoquímica acuática y ambiental; lo cual lo convierte en un ejemplo vivo del espíritu y la excelencia académica.



Artículo Científico

Metales traza en organismos y sedimentos en el complejo lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa

Trace metals in organisms
and sediments in the San Ignacio-Navachiste-
Macapule lagoon complex, Sinaloa

latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

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

 1. G.D. Rodríguez Meza
 0000-0002-9322-215X
Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR
Unidad Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz
Paredes 250, Col. San Joachin, Guasave,
Sin. México. CP 81101
Autor de correspondencia: gmeza@ipn.mx

 2. G. Muñoz Armenta
Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR
Unidad Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz
Paredes 250, Col. San Joachin, Guasave,
Sin. México. CP 81101

 3. A. A. Michel Rubio
Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR
Unidad Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz
Paredes 250, Col. San Joachin, Guasave,
Sin. México. CP 81101

 4. I. F. Pedraza Cervantes
Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR
Unidad Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz
Paredes 250, Col. San Joachin, Guasave,
Sin. México. CP 81101



Metales traza en organismos y sedimentos en el complejo lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa

Trace metals in organisms
and sediments in the San Ignacio-Navachiste-
Macapule lagoon complex, Sinaloa

► RESUMEN

El deterioro de los ecosistemas costeros es un problema mundial por los diversos contaminantes que se descargan y afectan la calidad de los recursos (agua, organismos, sedimentos), hasta el ser humano. En Sinaloa, al interior del complejo lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule se vierten aguas de las actividades productivas y domésticas, a pesar de que es un área natural protegida y sitio RAMSAR por la biodiversidad y procesos ecológicos. Se analizaron los datos de Fe, Cu, Mn, Ni, Zn, Cd, Pb en tejido de *Anadara tuberculosa*, *Balistes polylepis* y *Spherooides sp.*, y en sedimentos del complejo lagunar para conocer las condiciones en que se encuentran. Las muestras fueron digeridas con ácidos y las absorbancias de los elementos se midieron con un espectrofotómetro de absorción atómica Avanta GBC, se incluyeron materiales de referencia. Los elementos de mayor contenido en tejido y sedimentos fueron Fe, Mn y Zn, que son esenciales en procesos metabólicos e indican aporte continental; sin embargo, la actividad agrícola aplica grandes cantidades de N y P, fertilizantes que incluyen metales traza de importancia ambiental (Pb, Cd, As) que se depositan o dispersan en las bahías Navachiste y Macapule asociado a baja profundidad, poco dinámicas y con las mayores descargas de drenes.

Palabras clave: metales traza, agricultura, almejas, peces, contaminación.



► ABSTRACT

The deterioration of coastal ecosystems is a global problem due to the various pollutants that are discharged and affect resources (water, organisms, sediments), even humans. In Sinaloa, waters from productive and domestic activities are discharged into the San Ignacio-Navachiste-Macapule lagoon complex, even though it is a protected natural area and RAMSAR site due to biodiversity and ecological processes. The data of Fe, Cu, Mn, Ni, Zn, Cd, Pb in tissue of *Anadara tuberculosa*, *Balistes polylepis* and *Sphoeroides sp.*, and in sediments of the lagoon system were analyzed to understand and describe the conditions in which they are found. The samples were digested with acids and the absorbances of the elements were measured with an Avanta GBC atomic absorption spectrophotometer, reference materials were included. The elements with the highest content in tissue and sediments were Fe, Mn and Zn, which are essential in metabolic processes and indicate continental contribution; However, agricultural activity applies large quantities of N and P, fertilizers that include trace metals of environmental importance (Pb, Cd, As) that are deposited or dispersed in the Navachiste and Macapule bays associated with low depth, low dynamics and with the highest drain discharges.

Keywords: trace metals, agriculture, clams, fishes, pollution

► INTRODUCCIÓN

El golfo de California es una región caracterizada por su diversidad biológica registrando más de 6,000 especies de flora y fauna marina (Enríquez-Andrade *et al.*, 2005), muchas de ellas de interés ecológico y comercial nacional e internacional que llegan a albergarse en la zona costera, franja que bordea los continentes y constituye la interfase entre tierra y el océano (Inman, 2002). Es un elemento importante de la biosfera como lugar de sistemas naturales y de recursos diversos que en las últimas décadas enfrenta serios problemas de deterioro (Mitsch y Gosselink, 2000; Crossland, Baird, Ducrotoy, Lindeboom, 2005; Selman, Greenhalgh, Diaz, Sugg, 2008).



La actividad productiva, los avances tecnológicos y los desarrollos urbanos han motivado la comodidad, la mayor supervivencia de la población humana y la explotación de los recursos naturales; a su vez, modificaciones en su entorno y la introducción de agentes contaminantes en los ecosistemas (Gogoi *et al.* 2018; Rodríguez-Eugenio, McLaughlin, Pennock, 2019). En la zona costera, el deterioro ha sido identificado en 415 zonas en el mundo que presentan problemas de eutrofización (enriquecimiento excesivo de N, P), agotamiento de oxígeno y las floraciones de algas nocivas, que amenazan y degradan la salud humana y los servicios ecosistémicos (Selman *et al.*, 2008); la cantidad de zonas puede aumentar por la falta información de algunas localidades y la toma de medidas de control. En México, el estado de Sinaloa destaca por sus recursos marinos ($> 700 \text{ km}^2$ de sistemas lagunares) y terrestres ($> 57,000 \text{ km}^2$), cuenta con ocho sitios RAMSAR (RAMSAR, 2008, 2015) y áreas naturales protegidas (Acosta-Velázquez y Vázquez-Lule, 2009), se le reconoce por la producción agrícola, ganadera y acuícolas (Cifuentes Lemus y Gaxiola López, 2003).

A nivel mundial, la agricultura utiliza un promedio aproximado de dos terceras partes de todas las fuentes de suministro de agua y es conocida como la actividad más contaminante de aguas dulces, estuarinas y costeras (Escobar, 2002; FAO, 2004), debido que requiere se apliquen grandes cantidades de plaguicidas y fertilizantes (N, P), y generan bastantes desechos tóxicos (Diarte-Arellano, 2007; Lohmann, Breivik, Dachs, Muir, 2007). Entre la amplia variedad de contaminantes en las aguas, los metales tienen particular atención por la amplia distribución, toxicidad y persistencia. No hay una definición clara para los metales o elementos en ciencias de la tierra (Bánfalvi, 2011; Richir y Gober, 2016), debido que un elemento en una fase dada puede ser tan baja que se considera un elemento traza, mientras que en otra fase puede ser un constituyente principal (Navrátil y Minarík, 2011). En la literatura los elementos, metales traza (< 100 parte por millón de átomos, ppma; o menos que $100 \mu\text{g g}^{-1}$) (McNaught y Wilkinson, 2019), micronutrientes, microelementos o metales pesados (densidad $\geq 3 \text{ g/cm}^3$), son elementos esenciales y no esenciales, de fuente natural y antropogénica, con funciones biológicas en baja concentración y que causan efectos tóxicos



al organismo dependiendo de la concentración (límite fisiológico), sus propiedades, disponibilidad (especiación química) y tiempo de residencia (Salomons y Förstner, 1984; Marcovecchio, Botté, Domini, Freije, 2007; O'Geen *et al.*, 2010). Estudios de evaluación y monitoreo de metales son diversos, en organismos (ó bioindicadores) contribuyen a determinar cuantitativamente la calidad de su entorno (Bryan, Langston, Hummerstone, Burt, 1985), esto implica la selección de una especie para ser monitoreados y medir la exposición a diversos niveles de concentración de metales en el ambiente (Wittig, 1993; Ernst y Peterson, 1994).

El sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule (SNM) al norte del estado de Sinaloa, enfrenta serios problemas por la actividad productiva. Romero Beltrán *et al.* (2021) refieren aportes de aguas de $1,126 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ al interior del sistema, que provienen de los drenes agrícolas (60 %) y granjas camaronícolas (17 %), y representan un riesgo para la calidad de los recursos marinos. Páez-Osuna (2003) reportó más de 430 granjas en la zona litoral del estado y 93 granjas camaronícolas (Ruíz-Luna, Acosta-Velazquez, Berlanga-Robles, 2005), cuya calidad y cantidad del agua vertida se desconoce. La introducción de sustancias y su incremento en los ecosistemas del estado generan preocupación por la calidad de los productos marinos, debido que, a diferencia de la biodegradación de tóxicos orgánicos, los metales traza (Hg, Zn, Cd, Cu, etc.), metaloides (As) y radioisótopos, no pueden degradarse debido a su naturaleza elemental (Wuana y Okieimen, 2011) e inicia un proceso acumulativo que implica la persistencia convirtiéndolos especialmente dañinos (Peng, Song, Yuan, Cui, Qui, 2009). Estudios en las costas del estado son diversos y describen las comunidades biológicas (camarón, ostión, almeja, jaiba, callo de hacha, langostino, mojarra, robalo) que sustentan la pesquería (Ramírez-Zavala, 2000; Berlanga-Robles y Ruíz-Luna, 2003) y la contaminación de la zona litoral (Botello, Rojas-Galaviz, Benítez, Zárate-Lomelí, 1999; Green-Ruíz y Páez-Osuna 2003; Berlanga-Robles y Ruíz-Luna, 2003; Páez-Osuna, 2003; Saucedo-López y Gómez-Soto, 2003; Enríquez Andrade *et al.* 2005; González-Farías, Hernández Garza, Díaz-González, 2006; Páez Osuna, Ramírez Reséndiz, Ruíz Fernández, Soto Jiménez, 2007). En el sistema lagunar el

biomonitorio de metales se ha realizado con manglar (González-Ocampo, Parra-Olivas, Pérez Gonzales, Rodríguez Meza, 2024), crustáceos (Castro Elenes, Rodríguez Meza, Pérez Gonzales, González Ocampo, 2021), moluscos (Frías-Espericueta, Osuna-López, Flores-Reyes, López-López, Izaguirre-Fierro, 2005; Frías-Espericueta, Osuna-López, Izaguirre-Fierro, Aguilar-Juárez, Voltolina, 2010; Jara-Marini *et al.*, 2013; Pedraza Cervantes, 2020; Montoya Hansen, 2023), algunas especies de peces (Barroso-Soto, Castillo-Gallardo, Quiñonez-Velázquez, Morán-Angulo; 2007; Muñoz Armenta, 218; Michel Rubio, 2019), principalmente. Sin embargo, estudios del contenido de metales en *B. polylepis* y *Spherooides sp.* son escasos. Con base en las diferentes actividades antrópicas y la descarga de aguas al interior del sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, el interés del presente trabajo es analizar el contenido de Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cd y Pb en tejido de *Anadara tuberculosa*, *Balistes polylepis* y *Spherooides sp.*, y comprender las diferencias de acumulación de los metales en los organismos que son especies de alto consumo regional.

► MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de muestreo. El sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule es un complejo costero con una superficie aproximada de 24,000 ha. Dentro del sistema lagunar se encuentran tres islas principales: San Ignacio, Macapule y Vinorama, además de otras islas e islotes catalogadas dentro del Área Natural Protegida Islas del Golfo de California (ANP) desde 1978. A partir del 2008 fue decretado como sitio RAMSAR, que convierten a esta zona de importancia económica y prioritaria de manejo (Carrasquilla-Henao, González-Ocampo, Luna González, Rodríguez Quiroz, 2013).

Se colectaron ejemplares de *A. tuberculosa* en 11 puntos (junio y octubre 2018, febrero 2019), y para *B. polylepis* (agosto y noviembre 2016, abril 2017) y *Spherooides sp.* (agosto y diciembre 2017, marzo 2018) en ocho puntos, con estos últimos se tuvo problema en la captura debido a la sobreexplotación del recurso (Figura 1). Se recolectaron alrededor de 25 a 38 almejas y 9 a 25 peces en cada sitio seleccionado, los organismos se

almacenaron en bolsas y se mantuvieron en frío (4° C) para su transporte en el laboratorio. Las medidas biométricas de los especímenes (talla y peso) fueron tomadas en campo y en algunos casos en el laboratorio. Los peces fueron diseccionados y se extrajo el músculo, mientras que, para los moluscos se procesó completo el organismo, el tejido se enjuagó con agua desionizada para eliminar partículas del sedimento o impurezas. Por otro lado, en los sitios de colecta de los organismos se tomó aproximadamente 500 g de sedimento (Figura 1) que se guardó en bolsas para su traslado al laboratorio, donde el material se puso a secar en un horno a 60° C.

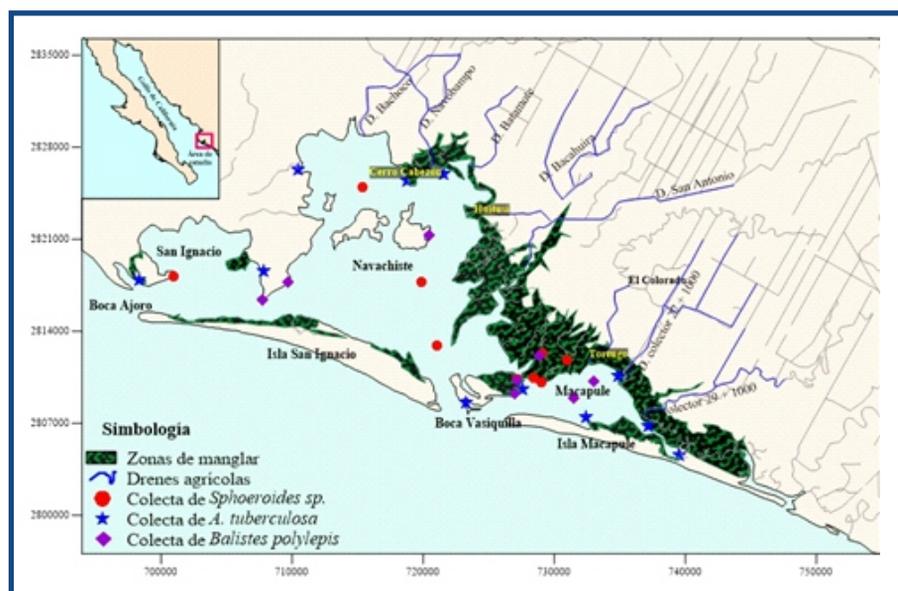


Figura 1. Localización del área de estudio y sitios de colecta en el complejo lagunar

Análisis de muestras. El tejido de los organismos se colocó en cápsulas de porcelana donde se dejó secar a 60 °C por un periodo de 72 h o más tiempo. Una vez seco el tejido, se tomó 0.5 g, se adicionó 5 ml HNO₃ grado analítico y se dejó en planchas de calentamiento hasta su digestión total, con base en el método modificado de la norma NOM-117-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 1995). Con respecto a los sedimentos, el material se homogenizó en morteros hasta obtener una fracción fina y se tomó 0.5 g para su digestión con 5 ml de agua regia (1:3 HCl:HNO₃) en planchas de calentamiento hasta sequedad con referencia al método de Breder (1982). La solución resultante para tejido y sedimentos se aforó con agua desionizada, se almacenó en tubos de polipropileno de 50 ml y



se mantuvo en refrigeración. Durante el procesamiento de muestras se incluyeron blancos y materiales de referencia que fueron TORT-2 (tejido de crustáceo), MESS-3 y PACS-2 (sedimentos marinos) materiales de referencia del Consejo nacional de investigación de Canadá, que presentaron una desviación menor a 15 % de los valores certificados.

La absorbancia de cada elemento se midió en un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) GBC Avanta. Para la calibración del equipo se prepararon curvas de calibración con soluciones estándar certificadas de Perkin Elmer (Fe, Cu, Mn, Ni, Zn, Cd, Pb).

Análisis de datos. A partir de los datos obtenidos se crearon bases de datos para la estadística básica, se hizo prueba de normalidad de los datos (Kolmogorov-Smirnov, $\alpha=0.05$) y análisis de correlación de Spearman ($p < 0.05$) entre las variables. La distribución espacial de las variables se elaboró con el software Surfer 10.0 (Surface Mapping System, Golden Software, Inc.) y las cartas vectoriales G1206, G1209 y G1307 de INEGI.

▶ RESULTADOS

Metales en organismos marinos. Las medidas de los ejemplares de *A. tuberculosa* oscilaron entre 4.3 a 7.1 cm ancho y 5.5 a 9.0 cm de largo. La secuencia de concentración de elementos en los ejemplares fue: Fe > Zn > Mn > Ni > Cu, con Fe como elemento principal cuyas concentraciones son altas en el mes de febrero (2019) en la localidad Ensenada Biby al interior del Macapule (Figura 2). La prueba de normalidad Kolmogorov Smirnov mostró que los datos no se ajustan a una distribución normal ($\alpha = 0.05$). El análisis de correlación mostró valores bajos entre Fe-Mn (0.41) y Fe-Pb (0.47) en los ejemplares del mes de octubre (2018).

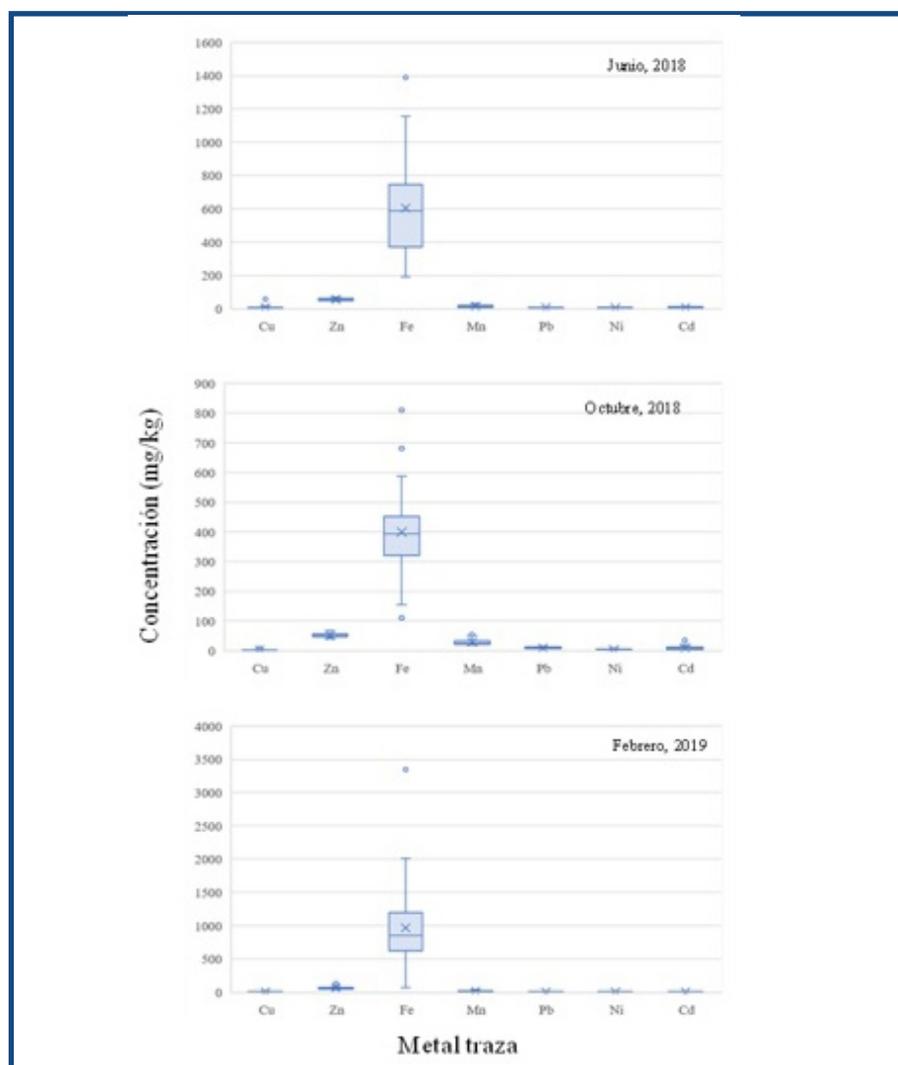


Figura 2. Concentración ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) de metales traza en tejido de *A. tuberculosa*

Por otro lado, la talla de *Sphoeroides* sp. y *B. polylepis* osciló entre 13-30 cm de longitud total y 400-1000 g de peso, además 13-30 cm de longitud y 60-430 g en peso, respectivamente. Por el tamaño de los ejemplares corresponden a organismos juveniles a adultos, la zona con mayor presencia fue al interior de Macapule adyacente a las zonas de manglar. En algunas de las estaciones no fue posible obtener ejemplares, por lo que los datos fueron muy dispersos en algunas temporadas de colecta. La secuencia de concentración de elementos en músculo de *Sphoeroides* sp. y *B. polylepis* fue similar: Zn > Fe > Mn > Ni > Cu, variaciones se observaron en los últimos elementos. En la Figura 3 se presenta el contenido de metales traza en musculo de ambas especies, la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha=0.05$) para los datos de ambos organismos no mostró distribución normal.

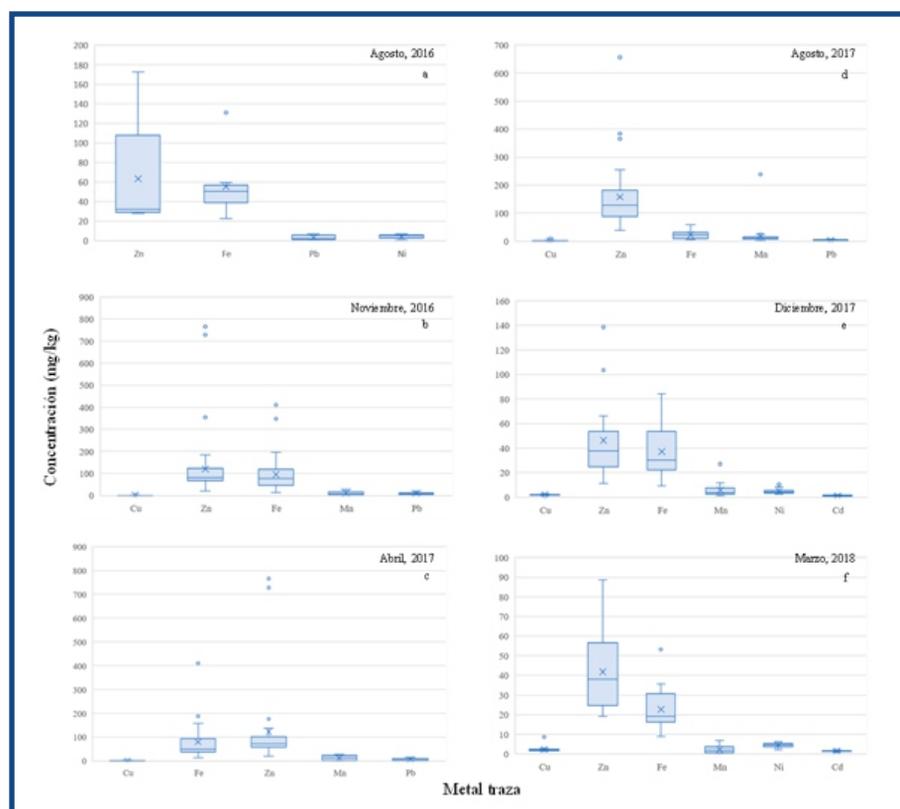


Figura 3. Concentración (mg/kg) de metales traza en músculo de *S. sp.* (a,b,c) y *B. polylepis* (d,e,f)

El contenido de Zn en músculo de *B. polylepis* fue de $130 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en agosto (2017) y fue menor en los otros meses de captura (Figura 3d). La comparación de Zn en otros tejidos de esta especie mostró la siguiente secuencia: intestino (549 mg/kg)> hígado (373 mg/kg)> piel (210.9 mg/kg)> músculo, misma secuencia que se observó para Fe y Cu. Por otro lado, en músculo de *Spherooides sp.* el Zn fue menor en agosto (2016) y noviembre (2016), e incrementa en abril (2017) con $120 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en promedio (Figura (3a-c)). La secuencia de concentración de este elemento en los otros tejidos es: hígado (264.6 mg/kg)> intestino (187.4 mg/kg)> piel (84 mg/kg). Con respecto a Fe y Mn se registró en el intestino más contenido ($610.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y 115 mg/kg , respectivamente). La correlación de los metales en el músculo indica valores ≥ 0.5 entre Fe-Ni, Fe-Zn y Fe-Cu en *Spherooides sp.*; mientras que, en *B. polypelis* fue Fe-Ni, Fe-Cu.

La distribución espacial en el sistema lagunar del contenido de Fe y Zn de los organismos en temporada seca (marzo-abril), permiten destacar a los organismos adyacentes a Cerro Cabezón y Huitusi en bahía Navachiste, como al interior de bahía Macapule (Figura 4). Con respecto a *A. tuberculosa*, también los organismos en San Ignacio obtuvieron concentración alta. En Macapule y Navachiste resalta la presencia de granjas acuícolas, asentamientos humanos (Cerro Cabezón, Huitusi y Tortugo), zonas de manglar y diferentes drenes agrícolas.

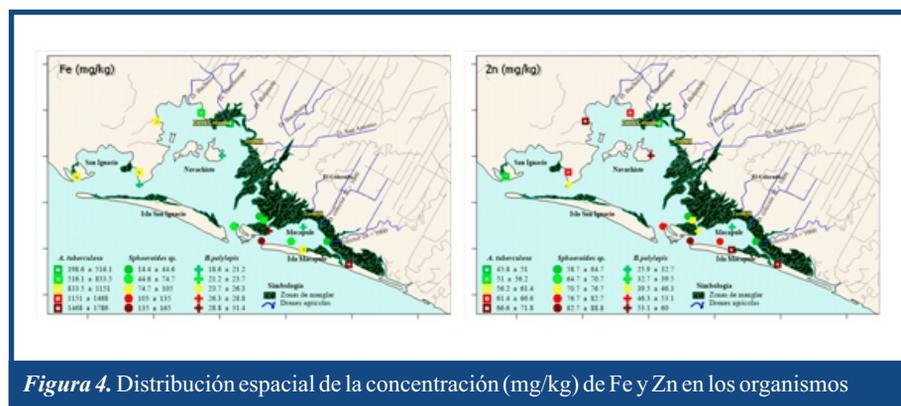


Figura 4. Distribución espacial de la concentración (mg/kg) de Fe y Zn en los organismos

Metales traza en sedimentos. En la Figura 5a se presentan el contenido promedio de metales en sedimentos del sistema lagunar dada la relación que guardan con los organismos como fuente de alimento y en su ciclo de vida. La concentración de Fe (%) no se incluyó en el grafico debido que es muy abundante en el sedimento, se obtuvo un promedio de 2.09 ± 0.5 %. Con base en los datos, la secuencia de concentración promedio fue: Fe (2.09 %)> Mn (247.0 mg/kg)> Zn (55.0 mg/kg)> Ni (14.5 mg/kg)> Pb (15.2 mg/kg)> Cu (7.8 mg/kg). La distribución espacial de Fe, como principal elemento en los sedimentos muestran valores por arriba de 2.3 % adyacente a Boca Ajoro, Cerro Cabezón, Huitusi y en Macapule donde los valores son más elevados (> 2.5 %) con respecto a las otras localidades (Figura 5b).

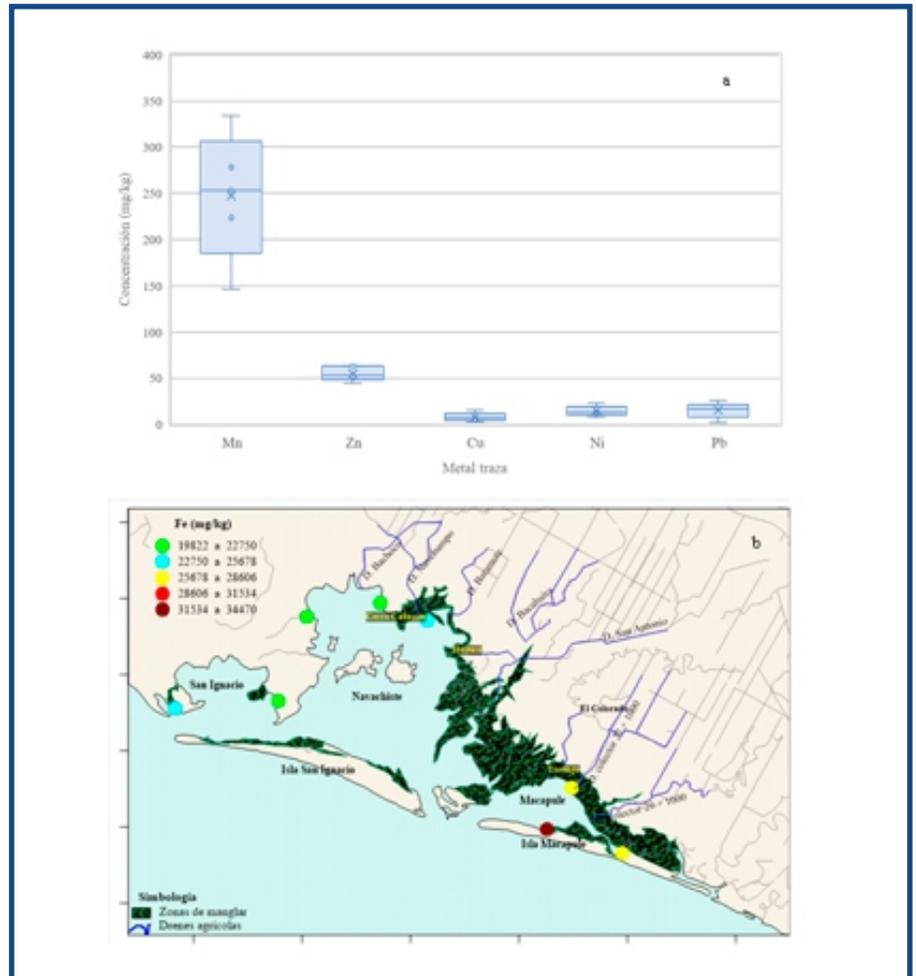


Figura 5. Concentración (mg/k1) de metales traza (a) y distribución espacial en los sedimentos (b) del sistema lagunar

Para establecer afinidades y posibles fuentes de procedencia de los elementos, se obtuvo el coeficiente de correlación de los elementos. En el caso de Fe es un elemento normalizador conservativo junto con Al, Sc, Li y Cs que aportan información de los procesos que alteran la concentración y especiación de los elementos en sedimentos costeros y estuarinos, como la variabilidad natural de las contribuciones antropogénicas (Anikiyev *et al.*, 1989, Loring, 1991). Para el complejo lagunar se empleó el Fe como normalizador y las correlaciones por arriba de 0.6 fue con Zn ($r^2 \geq 0.97$) con los datos de 2017 en ambas temporadas de colecta y en 2019 con Cu ($r^2 \geq 0.65$), Zn ($r^2 \geq 0.8$) y Ni ($r^2 \geq 0.9$) cuyas correlaciones son altas en ambos periodos (Tabla I).

Tabla I

Coeficiente de correlación entre la concentración de metales traza en los sedimentos

	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Pb
Fe	1.00					
Mn	0.42	1.00				
Zn	0.97	0.28	1.00			
Cu	0.70	-0.14	0.68	1.00		
Ni	0.45	-0.30	0.64	0.26	1.00	
Pb	-0.49	0.10	-0.60	-0.46	-0.73	1.00

► DISCUSIÓN

La concentración de Fe, Mn, Zn y Cu en el tejido de *A. tuberculosa*, *B. polylepis* y *Sphoeroides sp.* fue alta a pesar del sitio y fecha de colecta, estos son elementos esenciales y constituyentes de enzimas, vitaminas, hormonas y pigmentos respiratorios, o como cofactores en el metabolismo y otras funciones (Tacon, 1989). La secuencia de concentración obtenida en el presente estudio es similar a la señalada por Krishan, Saion, Halimah, Yap (2023) para el tejido de *Cerithidae obtusa* (molusco) y sedimentos de Sungai Besar Sepang. Además de las correlaciones de Fe, Pb, Ni y Cd que atribuyen a una asociación con los sedimentos y a reflejar las concentraciones ambientales de los metales.

La presencia de estos elementos se asocia dos fuentes: i) natural, el entorno, los hábitos alimenticios y las particularidades de la especie (almejas de sangre); ii) a la influencia antropogénica de las actividades



productivas. El género *Anadara*, también se le conoce como “almejas de sangre” por la presencia de hemoglobina que le confiere el color rojo a la hemolinfa, es una proteína globular que contiene Fe, es importante en la fisiología y supervivencia de la almeja (Espinoza, Zapata-Vívenes, Lodeiros, 2022), debido que donde habitan las condiciones son cambiantes (salinidad, cambios de marea, oxígeno, contaminación) y con el tiempo pueden generar una fragilidad mecánica u osmótica (Orbach, Zeling, Yedgar, Barshtein, 2017). Por otro lado, Duran y Gómez (2001) en tejido de *A. tuberculosa* de Punta Chame (Panamá) observaron mayor contenido de Fe (296.15 a 358 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) asociado a pigmentos respiratorios y al arrastre de minerales (magnetita e ilmenita) en temporada de lluvias. En costas de Nicaragua, Aguirre-Rubí *et al.* (2019) observaron en época seca más As (7.3-12.7 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cd (0.5-13.1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cu (3.5-5.2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y Zn (68.4-95.9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), con excepción de Cd y As, el contenido es bajo con respecto a los datos del programa de monitoreo de moluscos (NOAA) (Kimbrough, Johnson, Lauenstein, Christensen, Apeti, 2008). Tomando como referencia los datos de la NOAA, se observó que el contenido de Cu y Ni en *A. tuberculosa* son bajos en el sistema lagunar, no así para Cd y Pb cuyos valores oscilan de bajos a altos relacionados a las descargas de aguas residuales provenientes de la agricultura y las comunidades. Frías-Espericueta *et al.* (2010) reportaron en *C. corteziensis* de 5.6 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 18.2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de Cd para esta misma localidad, que es semejante a lo obtenido y atribuyen a la misma causa como también a procesos biogeoquímicos en el golfo de California. Delgadillo-Hinojosa, Macias-Zamora, Segovia-Zavala, Torres-Valdés (2001) en el golfo de California y Segovia-Zavala *et al.* (2011) en el canal de Ballenas, destacan que Cd disuelto tiene una relación positiva con los fosfatos, debido a la producción y remineralización de materia orgánica. Las concentraciones superficiales de Cd en el golfo de California son de 25 a 100 veces mayores a las aguas superficiales del Océano Pacífico norte, relacionado a la mezcla de marea y masas de agua, aporte fluvial, afloramiento de la corriente de California (Delgadillo-Hinojosa *et al.*, 2001). Probablemente, estas aguas enriquecidas en Cd ingresan al sistema lagunar por las bocas (Ajoro, Vasiquilla y La Bocanita) e influyen en las condiciones del sistema



debido que Sánchez Lindoro, Jiménez- Illescas, Espinosa Carreón, Obeso Nieblas (2017) señalan hay una conexión continua y muy dinámica.

En Punta Chame (Panamá), Durán, Fuentes y Gómez (2004) reportaron en *A. tuberculosa* $3.9 \mu\text{g Cd g}^{-1}$ y $0.58 \mu\text{g Cu g}^{-1}$ en resto de tejido blando (RT), y $0.75 \mu\text{g Cd g}^{-1}$, $0.36\text{-}0.42 \mu\text{g Cu g}^{-1}$ en gónada-glándula digestiva (GGD), que aumentan en la época de lluvia por su capacidad de filtración y a las diferentes fuentes de elementos. A través de la filtración los moluscos concentran contaminantes a un nivel superior al de su entorno (Lee, Lovatelli, Ababouch, 2010), estimaciones de la tasa de filtración en *A. tuberculosa* oscilan de $1.43 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ y $3.27 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ en costas de Costa Rica (Wong, González, Antillón, Glenn, 1997), de 0.332 a $0.441 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ en bahía Altata (México) (Nieves *et al.*, 2009), $0.041 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ en el manglar Cayapas, Ecuador (Arizaga-Gamboa y Lemos, 2016). No hay coincidencias entre los datos porque depende de varios factores, sin embargo, muestran la importancia de este proceso en los organismos que habitan ambientes afectados por vertidos antropogénicos. Es por ello, que en los últimos años la calidad sanitaria e inocuidad de los recursos marinos en la zona costera es relevante por la contaminación microbiana y química (fertilizantes, pesticidas agrícolas, derrames petroleros, afluentes domésticos e industriales) (Lee *et al.*, 2010).

Por otro lado, en músculo de *Spherooides sp.* se observó mayor contenido de Fe ($27\text{-}78.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), Mn ($1.2\text{-}20.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y Pb ($2.9\text{-}9.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), y los datos de Cu, Ni y Cd fueron semejantes entre *Spherooides sp.* y *B. polylepis*. Con excepción de Cd y Pb, todos los elementos son esenciales y cumplen diversas funciones en los organismos (enzimas, vitaminas, hormonas, pigmentos respiratorios o cofactores, entre otras funciones) (Tacon, 1989). Sin embargo, el músculo es donde se encontraron las menores concentraciones y los mayores en intestinos e hígado, que se relaciona a los hábitos alimenticios de ambas especies dada la presencia de restos de organismos y partículas del sedimento en ambas especies. Esto coincide con lo reportado por Targett (1978), que indica que el género *Spherooides* es reconocido como carnívoro y consumen anfípodos, isópodos en etapas tempranas, bivalvos, gasterópodos y cangrejos braquiuros en juveniles a adultos (10 % de la



dieta es detritus). En Ría Lagartos (Yucatán), Chi-Espínola y Vega-Cendejas (2013), en *S. testudineus* se encontró gasterópodos, macrofitas, cangrejos braquiuros, en menor cantidad anfípodos, cangrejos ermitaños, pasto marino y detritus. También observaron partículas de sedimento en el intestino de algunos ejemplares, que lo asocian a la captura accidental de sus presas en el fondo, particularidad que probablemente contribuye a la absorción de elementos por la descomposición del material orgánico y considerando que en los sedimentos los niveles de Fe, Mn y Zn son mayores. Arizaga-Bamboá y Lemos (2016) destacan que sedimentívoros y la meiofauna, captan los metales al ingerir partículas de los sedimentos contaminados, las aguas poro del sedimento y los metales presentes en las bacterias que viven asociadas al sedimento.

Con respecto a *B. polylepis* tiene una alimentación omnívora, incluye erizos de mar, pequeños crustáceos, moluscos, ocasionalmente de detritus y algas (Mendoza-Cruz y Gómez del Prado, 2012). En otras especies como *B. vetula* en Belice, destacan principalmente los cangrejos y quitones, en menor importancia los moluscos, que son organismos que habitan desde lechos arenosos, pastos marinos hasta fragmentos de coral (Reinthal, Kensley, Lewis, 1984). En el Caribe Colombiano, Von Schiller y García (2000) encontraron que las presas principales de *B. vetula* son: crustáceos, moluscos y equinodermos. Encontraron arena ocasionalmente, atribuida al modo de alimentación. En la misma localidad, Castellanos-Jiménez, Polo-Silva, Sanjuan-Muñoz, Delgado-Huertas (2021) indican que *B. capriscus* se alimenta en zonas costeras de la red trófica bentónica, que consiste en: percebes (crustáceo), bivalvos, gasterópodos, equinodermos, en mayor cantidad. En el sistema lagunar en varios de los ejemplares se observaron partículas del sedimento que oscila de arena media a fina al interior, siendo fina en las zonas de manglar donde se capturaron los organismos. En ambas especies de peces, la descomposición del material orgánico en el intestino libera los nutrientes como los metales adsorbidos en las partículas del sedimento como en la materia orgánica, debido que se reconocen como ligandos.



En los sedimentos del sistema lagunar, Fe y Mn son los elementos más abundantes, que Siegel (2002) refiere influyen en la precipitación o adsorción de otros elementos en los suelos y sedimentos. Otros componentes del fondo son el ácido húmico, los minerales arcillosos (Förstner, Muller, y Stoffers., 1978; Förstner, 1987), los óxidos de Al, sílice amorfo, sulfatos o fosfatos (Mills y Saiers, 1993), cuya capacidad de adsorción se relaciona al tamaño de la partícula (radio superficie-masa) (Warren y Zimmerman, 1993) y demuestran que las arcillas, los óxidos y el material orgánico (tamaño $\leq 2 \mu\text{m}$) acumulan más metales traza (Chester, 2003). De esta manera, la ingesta directa o accidental de las partículas del sedimento representa un riesgo para la biota y los consumidores por la presencia de metales de importancia ambiental que proceden de diferentes fuentes en el sistema lagunar.

El sistema lagunar es principalmente somero, sobre todo al interior de Navachiste y Macapule, donde Sánchez Lindoro *et al.* (2017) estimaron 16 días para el recambio de agua al interior de bahía Navachiste y 2.2 días para bahía Macapule, tiempo que permite modificar las condiciones ecológicas del sistema por las actividades antropogénicas alrededor. Romero Beltrán *et al.* (2021) estimaron un tiempo de recambio de agua con el golfo de California de 33.4 días, ambas estimaciones indican un tiempo que puede provocar la sedimentación y dispersión del material procedente de los campos agrícolas y otras fuentes. Martínez López, Escobedo Urías, Reyes Salinas, Hernández Real (2007) indicaron que la influencia agrícola aporta nitritos, amonio, materia orgánica y metales pesados cerca de las salidas de drenaje. La mayor actividad agrícola ocurre en el ciclo otoño-invierno, cuyas acciones comprenden la preparación de los suelos, riegos, uso de agroquímicos, limpieza de canales y drenes. El riego por inundación de los campos y la limpieza de los drenes permite que el agua empleada incluya diversos contaminantes y se descarguen al interior del sistema, hay que incluir la actividad acuícola que utiliza antibióticos y alimento para su producción. A nivel mundial, el agua con tendencias eutróficas por incremento de N y P en la zona costera es una problemática y requiere ser evaluada (Selman *et al.*, 2008).



Romero Beltrán *et al.* (2021) identifican cuatro fuentes de vertimientos en el sistema lagunar: las granjas camaronícolas ($253.36 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$), los drenes agrícolas ($872.7 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$), desde la subcuenca ($65.4 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) y de las precipitaciones ($254.54 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$), solo las aguas agrícolas comprenden un 60 % de los vertimientos y contribuyen con fósforo ($236 \text{ t} \cdot \text{año}^{-1}$) y nitrógeno ($1,754 \text{ t} \cdot \text{año}^{-1}$) (86.7 %), seguido de las granjas acuícolas (9.6 % de P y 6.7 % de N). La superficie agrícola en el municipio de Guasave se estima en 181,000 ha de riego y se aplican N-P (gases y granulados de amoníaco, urea y mezclas) (Cuadras-Berrelleza *et al.*, 2021). La materia prima de los fertilizantes fosforados es la fosforita, que incluye diferentes metales traza (Ca, Co, Cd, Ni, V, Cu, Cr, Mn, Ag, Mo, Se, Sr, U, Zn, otros) algunos de importancia ambiental, que pueden incorporarse a los suelos agrícolas y al sistema lagunar (Álvarez Arellano y Páez Osuna, 1995). Jiao, Chen, Chang, Page (2012) indican que el uso constante de fertilizantes en zonas con intensa producción agrícola representa un riesgo por la acumulación de metales dañinos (As, Cd, Pb) en los suelos y afectan las cadenas alimenticias, incluyendo la salud humana.

En Argentina, Martí, Burba, Cavagnaro (2002) reportaron en fertilizantes fosfatados $10.9 \text{ mg Pb kg}^{-1}$, $10.4 \text{ mg Cd kg}^{-1}$ y en nitrogenados $4.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de Pb, $2.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de Cd, que son absorbidos por las plantas y otra cantidad se dispersa por la influencia de los riegos y lluvias temporales a los cuerpos de agua adyacentes. El estudio químico de otros fertilizantes alternativos para una agricultura sustentable, también incluyen metales, como es la composta de lombriz que puede proporcionar $17,139 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de As y $2,190 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Cd; y por cada $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N aplicado aporta $76,176 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Pb, y para el fosfato diamónico (DAP) se calcula $6,394 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de As y $2,057 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Cd (Rodríguez Ortiz *et al.*, 2014). Por otro lado, análisis en materias primas (gallinaza, pasto de corte, estiércol vacuno y cascara de maní) y abonos orgánicos (compost y humus) reportan Cu, Pb, Ni y Cd en niveles permisibles con base a la Norma Global EPA, sin embargo, consideran que con el tiempo podrían acumularse en el suelo y ser absorbido por los cultivos que provocan riesgos en los consumidores (Dueñas-Rivadeneira y Intriago Flor, 2022).



La influencia de la actividad agrícola en el sistema lagunar es importante al considerar la superficie que se emplea, es una actividad intensiva, el tipo de riego, la cantidad y diversidad de fertilizantes que se emplean. Los organismos planctónicos y las especies filtradoras están más expuestas a los metales disueltos en agua o asociados a partículas (Arizaga-Gaboa y Lemos, 2016), aspecto que se observa al considerar los niveles de *A. tuberculosa*, *B. polylepis* y *Sphoeroides sp.*, además que el sitio donde se capturaron recibe agua de los drenes 27+1000 y 29+1000 (bahía Macapule). El Consejo de cuenca de los ríos Fuerte y Sinaloa (2005) que las aguas de drenes están enriquecidas en material particulado, agroquímicos (plaguicidas, fertilizantes), bacterias y otros, que provienen de las poblaciones, campamentos de jornaleros, granjas acuícolas y campos agrícolas en los alrededores.

Es por ello, que organismos filtradores (*A. tuberculosa*) y otros que habitan o se alimentan en zonas someras y fangosas como las zonas de manglar, son susceptibles de incrementar los niveles de metales en algunos tejidos (sistema digestivo, hígado, piel) como se pudo observar con *B. polilepys* y *Sphoeroides sp.*

Los datos en sedimentos del complejo lagunar son semejantes a los datos de referencia (Burton, 2002; Contreras Pérez, Mendoza y Gómez, 2004) y de otras localidades que reflejan las condiciones naturales. Los datos no sobrepasan los niveles guía de protección para la vida marina (Canadian sediment quality guidelines, 2025), sin embargo, la presencia de Cd y Pb junto con los volúmenes de descarga de las actividades productivas que se reportan, permiten señalar que es un ambiente con alta presión antropogénica sobre la biodiversidad (Enríquez-Andrade *et al.*, 2005), situación que incrementará con el aumento de la población y requerimientos alimenticios (Schubel, 1994). Por otro lado, niveles de metales en las especies de peces analizadas son escasas, el contenido de Cd, Pb, Cu en los organismos si llegan a sobrepasar los niveles de referencia de la FAO-OMS (2018) y del reglamento 2023/945 la Unión Europea, relacionado a la ingesta de partículas del fondo y las condiciones del sistema lagunar. Frias-Espéricueta *et al.* (2010) reportaron concentraciones de Pb en *Mugil cephalus* (2.07-3.05 mg kg⁻¹) y en *Scomberomorus sierra* (0.10-3.95 mg kg⁻¹) del Estero de Urías y



Mazatlán, respectivamente, que son semejantes a lo encontrado al presente estudio, aunque algunos organismos registraron más Pb al interior de Navachiste y Macapule por la influencia de las descargas, sobrepasando el límite máximo para el consumo humano (1 mg kg^{-1}) de peso fresco (4 mg kg^{-1} de peso seco) en crustáceos y peces de las normas oficiales mexicanas (NOM-027-SSA1-1993, NOM-242-SSA1-2009). Límites permisibles para Fe y Mn no se cuentan, las concentraciones de metales variaron entre los organismos atribuido a característica intrínsecas de cada uno y al medio donde habitan. Aspectos que también señalan Tanhan *et al.* (2022), que observaron mayor contenido en moluscos que en peces de Cd, Fe, Mn, Zn. En el caso de moluscos es recomendable depurarlos como indican Lee *et al.* (2010) para evitar la ingesta de virus y bacterias, aunque con los metales en concentraciones elevadas no es práctico. Hay que añadir la presencia de contaminantes emergentes, como microplásticos que pueden incorporar metales de importancia ambiental al sistema lagunar y la sorción está afectada por la salinidad y temperatura (Yu, Yang, Zhu, Bai, Mac, 2019). Por tal motivo, se debe evaluar los daños a mediano y largo plazo en el complejo lagunar, así como las estrategias de manejo considerando el incremento de las actividades antropogénicas y los desechos que se vierten.

► LITERATURA CITADA

Acosta-Velázquez, J., Vázquez-Lule, A.D. (2009). Caracterización del sitio de manglar San Ignacio – Navachiste – Macapule, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.

Aguirre-Rubí, J.R., Ortíz-Zarragoitia, M., Izaguirre, U., Etxebarria, N., Espinoza, F., Marigómez, I. (2019). Prospective biomonitor and sentinel bivalve species for pollution monitoring and ecosystem health disturbance assessment in mangrove-lined Nicaraguan costas. *Science of the total environment*. 649 : 186 - 200 .
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.269>



- Álvarez Arellano, A., Páez Osuna, F. (1995).** Estudio geoquímico de siete muestras de las formaciones fosfáticas del sur de la península de Baja California, México. *Geofísica Internacional*. 34 (4) : 411 - 416 .
<http://dx.doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1995.34.4.1046>
- Arizaga-Gamboa, R.E., Lemos, E. (2016).** Determinación del grado de contaminación por metales pesados en bivalvos (*Anadara tuberculosa*) en la reserva ecológica manglares Cayapas Mataje Cantón San Lorenzo de la Provincia de Esmeraldas 2015. *Universidad Agraria del Ecuador*. 12 p.
https://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/13/048-2017.pdf
- Bánfalvi, G. (2011).** Heavy metals, trace elements and their celular effects. en: Bánfalvi, G. (eds) Cellular effects of heavy metals. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0428-2_1
- Barroso-Soto, I., Castillo-Gallardo, E., Quiñonez-Velázquez, C., Morán-Angulo, R. (2007).** Age and growth of the finescale Triggerfish, *Balistes polylepis* (Teleostei: Balistidae), on the Coast of Mazatlán, Sinaloa, Mexico. *Pacific Science*. 61: 121-127. <http://dx.doi.org/10.1353/psc.2007.0002>
- Berlanga-Robles, C. A. & Ruíz-Luna, A. (2003).** Los sistemas acuáticos costeros de Sinaloa. En: J.L. Cifuentes-Lemus, J. Gaxiola-López (eds.) *Atlas de los ecosistemas de Sinaloa*. (197-205). El Colegio de Sinaloa. México. https://www.researchgate.net/profile/Arturo_Ruiz-Luna/publication/282252213_Los_sistemas_acuaticos_costeros_de_Sinaloa/links/5609976008ae576ce63e3318/Los-sistemas-acuaticos-costeros-de-Sinaloa.pdf?__cf_chl=tk=VnbOyduqG2lB5IIQ14SHILM8DCn8qI1fwP_5SKLuUKo-1745256551-1.0.1.1-wZmM1WLv2AJLxDUVIc9wh3j7fFzzny6gPhGS8RWavUk



- Breder, R. (1982).** Optimization studies for reliable trace metal analysis in sediments by atomic absorption spectrometric methods. *Fresenius Z. Ana. Chem.* 313: 395-402. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00495841.pdf>
- Bryan, G.W., Langston, W. J., Hummerstone, L. G., Burt, G. R. (1985).** A guide to the assessment of heavy metal contamination in estuaries using biological indicators. *Marine Biological Association of UK.* 4: 1-92. <http://plymsea.ac.uk/271/>
- Burton, GA. (2002).** Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology.* 65-76. <https://link.springer.com/article/10.1007/s102010200008>
- Canadian Council of ministers of the environment (CCME) (2025).** Guidelines. <https://ccme.ca/en/current-activities/canadian-environmental-quality-guidelines>
- Carrasquilla-Henao, M., González-Ocampo, H. A., Luna González, A., Rodríguez Quiroz, G. (2013).** Mangrove forest and artisanal fishery in the southern part of the Gulf of California, Mexico. *Ocean & coastal management.* 83: 75-80.
- Castellanos-Jiménez, M.C., Polo-Silva, C.J., Sanjuan-Muñoz, A., Delgado-Huertas, A. (2021).** Trophic inferences of the gray triggerfish *Balistes capriscus* based in stable isotopes analyses, in the Colombian caribbean. *Journal of Sea Research.* 178: 102140. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2021.102140>
- Castro-Elenes, M., Rodríguez-Meza, G. D., Pérez-González, E., González-Ocampo, H. A. (2021).** Trace metal residues in swimming warrior crab *Callinectes bellicosus*: A consumption risk. *Frontiers in Environmental science.* 9:772221. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.772221>
- Chester, R. (2003).** *Marine geochemistry.* Unwin Hyman. DOI:10.1002/9781118349083
- Chi Espinola, A. A., & Vegas Cendejas, M. E. (2013).** Hábitos alimenticios de *Sphoeroides testudineus* (Perciformes: Tetraodontidae) en el sistema lagunar de Ría Lagartos, Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.* 61(2): 849-858. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000300028



- Consejo de cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa. (2005).** *Programa de gestión del agua para el saneamiento en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa.* Grupo de Seguimiento y Evaluación. Culiacán, Sinaloa. 43 p.
- Contreras Pérez, J. B., Mendoza, C. L. & Gómez, A. (2004).** Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina. *Ciencia y Sociedad.* 29(1): 38-71. <https://www.redalyc.org/pdf/870/87029103.pdf>
- Crossland, C.J., Baird, D., Ducrottoy, D.B., & Lindeboom, H. (2005).** The coastal zone – a domain of global interactions. en C.J. Crossland, H.H. Kremer, H.J. Lindeboom, J.I. Marshall Crossland, M.D.A. Le Tissier (Eds), *Coastal Fluxes in the Anthropocene.* (1-37). Global Change — The IGBP Series. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-27851-6_1
- Cuadras-Berrelleza, A.A., Peinado-Guevara, V.M., Portillo-Molina, R., Ahumada-Cervantes, R., Leyva-Morales, J.B., Peinado-Guevara, H.J., & Cervantes-Rosas, M. A. 2021.** Prácticas agrícolas y sustentabilidad en cultivos de Maíz en Guasave, Sinaloa. *Ra Ximhai.* 17(3): 355-385. <https://doi.org/10.35197/rx.17.03.2021.15.ac>
- Delgadillo-Hinojosa, F., Macias-Zamora, J.V., Segovia-Zavala, J.A., & Torres-Valdés, S. 2001.** Cadmium enrichment in the Gulf of California. *Marine Chemistry.* 75(1-2): 109-122. [https://doi.org/10.1016/S0304-4203\(01\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4203(01)00028-7)
- Diarte-Arellano, I. (2007).** Revisión de la literatura: Intoxicación por plaguicidas por plaguicidas organofosforados en Sinaloa. *Archivos de Salud de Sinaloa.* 1(2): 62-68. <https://biblat.unam.mx/hevila/ArchivosdesaludenSinaloa/2007/vol1/no2/4.pdf>
- Dueñas-Rivadeneira, J. P., Intriago Flor, F. G. (2022).** Contenido de metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) en abonos orgánicos y las materias primas para su elaboración. *La Técnica: Revista de las Agrociencias.* 27: 26-35. https://www.researchgate.net/publication/262617038_Contentido_de_metales_pesados_en_abonos_organicos_sustratos_y_plantas_cultivadas_en_organoponicos



- Durán, I. L., Gómez, J. A. 2001.** Concentración de hierro, cobre y zinc en los tejidos de *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) durante la estación lluviosa y la estación seca (octubre 1998-marzo 1999), en Punta Chame, Panamá, República de Panamá. *Scientia (Panamá)*. 16 (1): 43 - 53 . https://www.researchgate.net/publication/362961818_Concentracion_de_hierro_cobre_y_zinc_en_los_tejidos_de_Anadara_tuberculosa_Pelecypoda_Arcidae_durante_la_estacion_lluviosa_y_la_estacion_seca_octubre_1998-marzo_1999_en_Punta_Chame_Panama_Republica_d
- Durán, I. L., Fuentes, M. V., Gómez, J. A. (2004).** Concentración de cadmio, plomo y cobre en *Anadara tuberculosa* del manglar de la isla Taborcilla, Punta Chame, Republica de Panamá. *Tecnociencia*. 6 (2): 91 - 104 . <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/663>
- Enríquez-Andrade, R., Anaya-Reyna, G., Barrera-Guevara, J.C., Carvajal-Moreno, M. A., Martínez-Delgado, M. E., Vaca-Rodríguez, J., Valdés-Casillas, C. 2005.** An Analysis of critical areas for biodiversity conservation in the Gulf of California Region. *Ocean & Coastal Management*. 48: 31-50. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2004.11.002>
- Ernst, W.H.O., Peterson, P. J. (1994).** The role of bio-markers in environmental assessment. Terrestrial plants. *Ecotoxicology*. 3: 180–192. <https://doi.org/10.1007/bf00117083>
- Escobar, E. 2002.** *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL-ECLAC. Naciones Unidas. 50: 67. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6411-la-contaminacion-rios-sus-efectos-areas-costeras-mar>
- Espinoza, K., Zapata-Vívenes, E., Lodeiros, C. 2022.** Parámetros hemocitarios y química de la hemolinfa en reproductores de la concha prieta *Anadara tuberculosa* (Arcoidea: Arcidae). *Rev. Peru. Biol.* 29 (4): e23624 . <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v29i4.23624>



- Food and agricultura organization of the united nations (FAO). (2004).** Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. <https://www.fao.org/4/y3557s/y3557s00.htm#TopOfPage>
- Food and agricultura organization of the united nations (FAO)-OMS (2018).** Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. Codex alimentarius. 75. https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/CodexCXS%20193-1995_Contamiantes_y_Toxinas.pdf
- Förstner, U., Muller, G., Stoffers, P. (1978).** Heavy element contamination in estuarine and coastal sediments: sources, chemical association and diagenetic effects. en UNESCO/SCOR. *Biogeochemistry of estuarine sediments*. (49-69) <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032842>
- Förstner, U. (1987).** Sediment-associated contaminants an overview of scientific bases for developing remedial options. *Hydrobiologia*. 149: 221-246. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00048663>
- Frías-Espéricueta, M.G., Osuna-López, J.I., Flores-Reyes, S., López-López, G., Izaguirre-Fierro, G. (2005).** Heavy metals in oyster *Crassostrea corteziensis* from Urias lagoon, Mazatlán, México, associated with different anthropogenic discharges. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 74: 996-1002. DOI: 10.1007/s00128-005-0678-z
- Frías-Espéricueta, M.G., Osuna-López, J.I., Izaguirre-Fierro, G., Aguilar-Juárez, M., Voltolina, D. (2010).** Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios. *CICIMAR Océanides*. 25(2): 121-134. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v25i2.88>
- Gogoi, A., Mazumder, P., Kumar Tyagi, V., Tushara Chaminda, GG., Kyoungjin Una, A., Kumar, M. (2018).** Occurrence and fate of emerging contaminants in water environmets: A review. *Groundwater for sustainable development*. 6: 169-180. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.12.009>
- González-Farias, F., Hernández-Garza, M. R., & Díaz- González, G. (2006).** Organic carbon and pesticide pollution in a tropical coastal lagoon-estuarine system in northwest Mexico. *International Journal of Environment and Pollution*, 26(1/2/3), 234–253. <http://dx.doi.org/10.1504/IJEP.2006.009109>



- González-Ocampo, H.O., Parra-Olivas, C., Pérez Gonzales, Rodríguez Meza, G.D. (2024).** *Rhizophora mangle* L. bioindicator of environmental exposure to heavy metals in the Navachiste lagoon complex, Sinaloa, Mexico. *Mar. Poll. Bull.* 209:117131. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117131>
- Green Ruíz, C., Páez Osuna, F. (2003).** Heavy metal distribution in surface sediments from a subtropical coastal lagoon system associated with an agricultural basin. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 71: 52-59.
- Inman, D. L. (2002).** Nearshore processes. *UC San Diego Sciencie.* 181(4094): 20-32.
- Jara-Marini, M. E., Tapia-Alcaraz, J. N., Dumer-Gutiérrez, J. A., García-Rico, L., García-Hernández, J., Páez-Osuna, F. (2013).** Comparative bioaccumulation of trace metals using six filter feeder organisms in a coastal lagoon ecosystem (of the central east Gulf of California). *Environ. Monit. Assess.* 185: 1071-1085.
- Jiao, W., Chen, W., Chang, A. C., Page, A. L. (2012).** Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: A review. *Environmental Pollution.* 168: 44-53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2012.03.052>
- Kimbrough, K. L., Johnson, W.E., Lauenstein, G.G., Christensen, J.D., Apeti, D.A. (2008).** *An Assessment of Two Decades of Contaminant Monitoring in the Nation's Coastal Zone.* Silver Spring, MD. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 74. 1 0 5 . https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2499/noaa_2499_DS1.pdf
- Krishan, K., Saion, E., Halimah, M.K., Yap Ch.K. (2023).** Utilizing mollusk soft tissue and shells as biomarkers for monitoring heavy metal pollution in mangrove forests. *MethodsX.* 11: 102281. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102281>
- Lee, R., Lovatelli, A., Ababouch, L. (2010).** Depuración de bivalvos: aspectos fundamentales y prácticos. *FAO Documento técnico de pesca.* N. 511. Roma. <https://www.fao.org/4/i0201s/i0201s00.htm>



- Lohmann, R., Breivik, K., Dachs, J., Muir, D. (2007).** Global fate of POPs: Current and future research directions. *Environmental pollution*. 150 (1) : 150 - 165 .
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.051>
- Marcovecchio, J.E., Botté, S., Domini, C.E., Freije, R.H. (2007).** Heavy metals, major metals, trace elements. en L. M. L. Nollet, L. S. P. de Gelder (eds.). Handbook of water analysis. CRC Press.
doi.org/10.1201/9781420006315
- Martí, L., J. N. Burba y M. Cavagnaro. (2002).** Metales pesados en fertilizantes fosfatados, nitrogenados y mixtos. *Rev. FCA. U N C u y o*. X X X I V (2) : 43 - 48 .
https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/2829/martiagrarias2-34-02.pdf
- Martínez-López, A., Escobedo-Urías, D., Reyes-Salinas, A., Hernández-Real, M. T. 2007.** Phytoplankton response to nutrient runoff in a large lagoon system in the Gulf of California. *Hidrobiológica*, 17 (2) : 101 - 112 .
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972007000200002
- McNaught, A.D., Wilkinson, A. (2019).** Compendium of chemical terminology: The Gold Book. 2nd edn. Blackwell Science, London. <https://goldbook.iupac.org/>
- Mendoza Cruz, M., Gómez del Prado, M.C. (2012).** Infracomunidad parasitaria de *Balistes polylepis* Steindachner, 1876 (Tetraodontiformes: Balistidae) al este de bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *The Biologist*. 10.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4183739>
- Michel Rubio, A.A. (2019).** Determinación de metales pesados y plaguicidas organoclorados en músculo de pez cochito (*Balistes polylepis*) del complejo lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule y su riesgo potencial para la salud humana. Tesis maestría. IPN-CIIDIR Sinaloa.
- Mills, L.A., Saiers, J.E. (1993).** Particle-associated transport of pollutants in subsurface environments. en S.S. Rao (ed.) *Particulate matter and aquatic contaminants*. (105-126). CRC Press. Boca Raton.



Mitsch, W. J., Gosselink, J. G. (2000). The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological economics*. 35(1): 25-33. doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00165-8

Montoya Hansen, M.D. (2023). Riesgo a la salud humana por el consume de ostión de placer (*Crassostrea corteziensis*) y su contenido de plaguicidas organoclorados y metals pesados en el complejo lagunar Navachiste, Sinaloa, México. Tesis maestría. IPN-CIIDIR Sinaloa.

Muñoz Armenta, G. (2018). Efecto carcinogénico y no carcinogénico por consume de botete (*Sphoeroides spp*) contaminado con plaguicidas organoclorados y metales pesados capturado en el sistema lagunar Navachiste, Sinaloa, México. Tesis de maestria. IPN-CIIDIR Sinaloa.

Navratil, T., Minarik, L. (2011). Trace elements and contaminants. En: Cilek, V. (ed.). *Earth system: history and natural variability*. U N E S C O - E O L S S . https://www.researchgate.net/publication/313525890_Trace_elements_and_contaminants

Nieves, M., Román Reyes, J. C., Piña Valdez, P., Medina Jasso, A., Leal, S., Miranda Baeza, A., Muñoz Durán, G. (2009). Balance energético de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) a diferentes temperaturas. *Rev. Invest. Mar.* 30(23): 135-144. https://www.researchgate.net/publication/265685921_Balance_energetico_de_Anadara_tuberculosa_Sowerby_1833_a_diferentes_temperaturas

O'Geen, A.T., Budd, R., Gan, J., Maynard, J.J., Parikh, S.J., Dahlgren, R.A. (2010). Chapter Ome – Mitigating nonpoint source pollution in agricultura with constructed and restored wetlands. *Advances in agronomy*. 108: 1-76. ([https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08001-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08001-6))

Orbach, A., Zeling, O., Yedgar, S., Barshtein, G. (2017). Biophysical and biochemical markers of red blood cell fragility. *Transfus Med. Hemother.* 44(3): 1873-187. <https://doi.org/10.1159/000452106>



- Páez-Osuna, F. (2003).** Efectos de la camaronicultura en la zona costera de Sinaloa. en: J.L. Cifuentes-Lemus, J. Gaxiola-López (eds.) *Atlas de los ecosistemas de Sinaloa*. (215-224). El Colegio de Sinaloa. México. https://www.researchgate.net/profile/Arturo_Ruiz-Luna/publication/282252213_Los_sistemas_acuaticos_costeros_de_Sinaloa/links/5609976008ae576ce63e3318/Los-sistemas-acuaticos-costeros-de-Sinaloa.pdf?cf_chl_tk=VnbOyduqG2lB5lIQl4SHILM8DCn8qI1fwP_5SKLuUKo-1745256551-1.0.1.1-wZmM1WLv2AJLxDUVIc9wh3j7fFzzy6gPhGS8RWavUk
- Páez Osuna, F., Ramírez Reséndiz, G., Ruíz Fernández, A.C., Soto Jiménez, M.F. (2007).** La contaminación por nitrógeno y fósforo en Sinaloa flujos, fuentes, efectos y opciones de manejo. UNAM. El Colegio de Sinaloa. <https://es.scribd.com/document/428432578/La-Contaminacion-Por-Nitrogeno-y-Fosforo-en-Sinaloa>
- Pedraza Cervantes, I.F. (2020).** Riesgo cancerígeno y no cancerígeno por consumo de pata de mula (*Larkinia grandes*) y almeja china (*Chionopsis gnidia*) del complejo lagunar Navachiste, por su contenido de metales pesados y plaguicidas organoclorados. Tesis maestría. IPN-CIIDIR Sinaloa.
- Peng, J., Song, Y., Yuan, P., Cui, X., Qui, G. L. (2009).** The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of hazardous materials*. 161 (2-3) : 633 - 640 . <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.04.061>
- Ramírez-Zavala, J. R. 2000.** *Estudio de camaronicultura en el Estado de Sinaloa*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. 49 p.
- RAMSAR. (2008).** The list of wetlands of International Importance. <http://www.ramsar.org/pdf/sitelist.pdf>.
- Ramsar. (2015).** Humedales de México. <http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php>



Reglamento (UE) 2023/945 de la comisión de 25 de abril de 2023 relativo a los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos por el que se deroga el Reglamento (CE) n°. 1881/2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023R0915>

Reinthal, P.N., Kensley, B., Lewis, S. (1984). Dietary shifts in the quenn triggerfish, *Balistes vetula*, in the absence of its primary food item, *Diadema antillarum*. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*. 5(2): 191-195. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1984.tb00314.x>

Richir, J., Gober, S. 2016. Trace elements in marine environments: occurrence, threats and monitoring with special focus on the coastal Mediterranean. *J. Environ. Anal. Toxicol.* 6(1): 1000349. DOI: 10.4172/2161-0525.1000349

Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma, FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7d70ca8d-7503-4839-8d6b-8250e9add8ac/content>

Rodríguez Ortiz, J. C., Alcalá Jáuregui, J. A., Hernández Montoya, A., Rodríguez Fuentes, H., Ruiz Espinoza, F. H., García Hernández, J. L., Díaz Flores, P. A. (2014). Elementos traza en fertilizantes y abonos utilizados en agricultura orgánica y convencional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(4): 6 9 5 - 7 0 1 . https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000400013

Romero Beltrán, E., Rendón Martínez, J. R., Gaspar Dillanes, M. T., Osuna Bernal, D. A., Mauricio Payán, J. A., Medina Osuna, P. M., Romero Correa, A., Castillo Lejarza, M., Valdez Ledón, P. (2021). *Estimación de la capacidad de carga de sistemas abiertos y cerrados en el estado de Sinaloa: lagunas costeras de Sinaloa y Presa Picachos, Sinaloa*. CRIAP-Mazatlán. Agricultura-INAPESCA. México.



- Ruíz-Luna, A. J., Acosta-Velazquez, Berlanga-Robles, C.A. (2005).** Expansión de la camaronicultura sobre humedales costeros en Sinaloa, México. *Semana Geomática Barcelona “Los sensores de alta resolución y sus aplicaciones.* Barcelona, España. https://www.researchgate.net/publication/355945523_Expansio_n_de_la_camaronicultura_sobre_humedales_costeros_en_Sinaloa_Mexico
- Salomons, W., Förstner, U. (1984).** *Metals in the hydrocycle.* Springer-Verlag. Berlin. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-69325-0_3
- Sánchez-Lindoro, F. J., Jiménez- Illescas, A. R., Espinosa-Carreón, T. L., Obeso-Nieblas, M. (2017).** Modelo hidrodinámico en el Sistema lagunar Navachiste, Guasave, Sinaloa, México. *Revista de Biología marina y Oceanografía.* 52(2): 219-231. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572017000200003>
- Sauceda-López, R. y Gómez-Soto. (2003).** La actividad agrícola y su impacto en el medio ambiente. en J.L. Cifuentes-Lemus, J. Gaxiola-López (eds.) *Atlas de los ecosistemas de Sinaloa.* (417-425). El Colegio de Sinaloa. México. https://www.researchgate.net/profile/Arturo_Ruiz-Luna/publication/282252213_Los_sistemas_acuaticos_costeros_de_Sinaloa/links/5609976008ae576ce63e3318/Los-sistemas-acuaticos-costeros-de-Sinaloa.pdf?_cf_chl_tk=VnbOyduqG2lB5IIQl4SHILM8DCn8qI1fwP_5SKLuUKo-1745256551-1.0.1.1-wZmM1WLv2AJLxDUVIc9wh3j7fFzzy6gPhGS8RWavUk
- Schubel, J. R. (1994).** Coastal pollution and waste management. en National Research Council. *Environmental Science in the Coastal Zone: Issues for Further Research.* (124-172). doi: 10.17226/2249.
- Secretaria de Salud (SSA). (1993).** NOM-027-SSA1-1993, Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.
- Secretaria de Salud (SSA). (1995).** NOM-117-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.



Secretaría de Salud (SSA). (2009). NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.

Segovia-Zavala, J. A., F. Delgadillo-Hinojosa, M. L. Lares-Reyes, M. A. Huerta-Díaz, A. Muñoz-Barbosa, E. Santamaría del Ángel, E. V. Torres-Delgado, S. A. Sañudo-Wilhelmy. (2011). Distribuciones verticales de hierro, cobre y cadmio disueltos en el canal de Ballenas, Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 37 (4A) : 457 - 469 .
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802011000400007

Selman, M., Greenhalgh, S., Diaz, R., Sugg, Z. (2008). Eutrophication and hypoxia in coastal áreas: A global assessment of the state of knowledge. World Resources Institute. 1: 6.
https://www.researchgate.net/publication/285775211_Eutrophication_and_hypoxia_in_coastal_areas_a_global_assessment_of_the_state_of_knowledge

Siegel, F. R. (2002). *Environmental geochemistry of potentially toxic metals*. Springer. Germany. 218 p.
http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/58217/1/Frederic%20R.%20Siegel_2002.pdf

Tacon, A. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de Capacitación. Documento de campo 4. F A O - I t a l i a .
<https://www.fao.org/4/ab492s/ab492s00.htm#:~:text=Debido%20a%20que%20la%20mayor%20C3%ADa%20de%20los,la%20fertilizaci%20B3n%20C%20compostas%20y%20dietas%20alimenticias%20suplementarias.&text=1%20El%20papel%20del%20alimento%20natural%20y,sistemas%20de%20cultivo%20extensivo%20C%20semiintensivo%20o%20intensivo>.

Tanhan P, Lansubakul N, Phaochoosak N, Sirinupong P, Yeesin P, Imsilp K. (2022). Human health risk assessment of heavy metal concentration in seafood collected from Pattani Bay, Thailand. *Toxics*. 26;11(1):18. doi: 10.3390/toxics11010018.



- Targett, T.E. (1978).** Food resource partitioning by the Pufferfishes *Sphoeroides spengleri* and *S. testudineus* from Biscayne Bay, Florida. *Marine Biology*. 49: 83 - 91. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00390732>
- Von Schiller, D., García, C.B. (2000).** Observations on the diet of *Balistes vetula* (Pisces: Balistidae) in the gulf of Salamanca, Colombian Caribbean. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 29: 35-40. <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v29n1/v29n1a03.pdf>
- Warren, L.A., Zimmerman, A.P. (1993).** Trace element-suspended particulate matter associations in a fluvial system: physical and chemical influences. en S.S. Rao (Ed.) *Particulate matter and aquatic contaminants*. (127-155). CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Wittig, R. 1993.** General aspects of bio-monitoring heavy metals by plants. en: Market, B. (ed.). *Plants as bio-monitors: Indicators for heavy metals in the terrestrial environment*. VCH Press, Weinheim, pp. 3–27
- Wong, E., González, M.I., Antillón, F., Glenn, E. (1997).** Efecto de varios agentes, a diferentes niveles de pH, sobre la tasa de filtración de la piangua, *Anadara tuberculosa* (Mollusca: Arcidae). *Rev. Biol. Trop.* 45(4): 1453-1457. https://tropicalstudies.org/rbt/attachments/volumes/vol45-4/14_Wong_Anadara_tuberculosa.pdf
- Wuana, R.A., Okieimen, F.E. (2011).** Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 111-122. <http://dx.doi.org/10.5402/2011/402647>
- Yu, F., Yang, Ch., Zhu, Z., Bai, X., Mac, J. 2019.** Adsorption behavior of organic pollutants and metal ion micro/nanoplastics in the aquatic environment. *Science of the total environment*. 694: 133643. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133643>



Artículo Científico

Social and environmental insights of a fishing population in the Yucatan Peninsula, Mexico

Perspectivas sociales y ambientales de una población pesquera en la Península de Yucatán, México

 1. Constanza Loreto-Digiammarco

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Km 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil s/n. C.P. 97315. Mérida, Yucatán, México.

Autor de correspondencia: consporta@gmail.com

 2. Roberto Barrientos-Medina

 0000-0003-2144-034X

Departamento de Ecología. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán

 3. Diego Morales-Chulines

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Km 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil s/n. C.P. 97315. Mérida, Yucatán, México.

latindex



CREATIVE COMMONS

 OPEN ACCESS

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



**Social and environmental insights
of a fishing population in the
Yucatan Peninsula, Mexico**

**Perspectivas sociales y ambientales
de una población pesquera en la
Península de Yucatán, México**

▶ ABSTRACT

Coastal communities face significant environmental and socioeconomic challenges including climate change, pollution, and overexploitation of marine resources. Developing countries, such as Mexico, are vulnerable due to overcapacity fisheries and inaccurate resource estimates. Approximately 13.6% of global marine re-sources are severely deteriorated, leading to declining populations of key species, such as grouper, octopus, and lobster. This research identified environmental, social and economic issues from El Cuyo, a fishing community in Yucatan, México. The main factors affecting the community of El Cuyo are natural phenomena such as tropical storms and hurricanes, resource degradation in size and catch, and distancing of resources from the coast. This study highlights the need for measures to reduce fishing efforts and develop alternative economic activities.

Keywords: Coastal communities, overexploitation, fisheries management and climate change.



► RESUMEN

Las comunidades costeras enfrentan importantes desafíos ambientales y socioeconómicos como el cambio climático, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos marinos. Los países en desarrollo, como México, son vulnerables debido al exceso de capacidad pesquera y a las estimaciones inexactas de los recursos. Aproximadamente el 13,6% de los recursos marinos mundiales están gravemente deteriorados, lo que provoca una disminución de las poblaciones de especies clave como el mero, el pulpo y la langosta. Esta investigación identificó problemáticas ambientales, sociales y económicas de la comunidad pesquera de El Cuyo, Yucatán. Los principales factores que afectan a la comunidad de El Cuyo son los fenómenos naturales como las tormentas tropicales y los huracanes, la degradación de los recursos en tamaño y captura y el alejamiento de los recursos de la costa. Este estudio pone de manifiesto la necesidad de adoptar medidas para reducir el esfuerzo pesquero y desarrollar actividades económicas alternativas.

Palabras clave: Comunidades costeras, sobreexplotación, manejo pesquero, cambio climático.

► INTRODUCTION

Coastal tropical communities face multiple challenges affecting ecosystem health and the well-being of inhabitants, such as climate change, pollution, and overexploitation of marine resources (Delgado *et al.*, 2024). Developing countries are susceptible to the adverse effects of climate change, exacerbating the issue of overexploited or overcapacity fisheries (Gutiérrez-Pérez, 2014).

Fishing, as a means of economic remuneration, entails environmental risks (e.g., extreme weather, resources far from the coast, deterioration of marine resources) that have repercussions on social (e.g., increase of decompression sickness, high-risk activities, increase of fishing efforts) and economic (e.g., high cost of inputs) aspects. Globally, approximately 13.6% of marine resources are severely deteriorated,



26% overexploited and, 25.6% in maximum exploitation (Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón, 2011). Several factors contribute to the persistence of overexploitation of fisheries, i.e., 1) the increase in the world population, 2) economies that do not account for environmental and social costs, 3) erroneous estimates of the abundance of fishing stocks, and 4) illegal catches (Méndez-Cárdenas *et al.*, 2013). In Mexico, fisheries management measures have not addressed the impacts of overexploitation and climate change on commercial resources, including grouper, octopus, and lobster (Hernández-Delgado *et al.* 2024; Méndez-Cardenas *et al.*, 2013; Casado-Izquierdo & Crespo-Guerrero, 2023). Most of these fisheries exhibit negative trends in both size and landings, and yet they remain the mainstay of fishing communities in the Yucatan Peninsula, Mexico, comprised of approximately 95,498 individuals (Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón, 2011; Méndez-Cárdenas *et al.*, 2013).

A key example is the grouper (*Epinephelus morio*), with its current population size being one-third of that estimated in the early 1970s (Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón, 2011). This confers a state of alarm and economic insecurity that has forced social processes such as migrations in search of new opportunities (Méndez-Cárdenas *et al.*, 2013), the practice of illicit activities such as illegal fishing and increased fishing effort, which is related to the development of high-risk activities and the increase of decompression sickness (Aguñaga-Malanco, 2022; Huchim-Lara *et al.*, 2018). Some studies (e.g, Méndez-Cárdenas *et al.*, 2013) have reiterated the capacity of fishing communities in the Yucatan Peninsula for the development of alternative strategies that allow the management and preservation of resources founded on a community-based perspective, as fishermen actively deploy strategies to the problems generated by the environment through the need to know the dynamics of the marine habitat, the impacts to it and the intent of the administration of scarce resources; even so, there are



many variables beyond the control of fishermen, such as the morbidity of marine organisms due to the effects of pollution; nevertheless, fishing as poorly regulated economic activity provides an outlet for pollution (mainly gas leaks and fishing residues) that potentially influence the state of the ecosystem (Méndez-Cárdenas *et al.*, 2013). The objective of this study was to determine the main factors (environmental, social, and economic) affecting the fishing community of El Cuyo, Yucatan, Mexico.

▶ MATERIAL AND METHODS

Study area

El Cuyo (Fig. 1) belongs to the municipality of Tizimin, Yucatan, Mexico. It is a fishing port and has a total population of 1,787 inhabitants (Aguñaga-Malanco, 2022). It has a warm subhumid climate, with an average annual temperature of 25.6°C; rainfall is frequent during the summer but increases during September. Along the coastline, there are regions with algae, bivalves, and sediment that are mostly biogenic (Aguñaga-Malanco, 2022).

El Cuyo is located within the Ria Lagartos Biosphere Reserve, which harbors a great diversity of terrestrial and aquatic organisms distributed mostly in a mangrove-type ecosystem, which is a feeding and reproduction zone for important and commercially valuable resources (e.g., shrimp, lobster, and grouper) (Aguñaga-Malanco, 2022). There are species recognized by the NOM-059-SEMARNAT-2010 and international agreements like CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) such as *Phoenicopterus ruber* (pink flamingo), *Chelonia mydas* (green turtle), *Eretmochelys imbricata* (hawksbill turtle), and *Crocodylus moreletii* (Mexican crocodile) (Fig. 2).



Figure 1. Town of El Cuyo, Yucatan, Mexico.

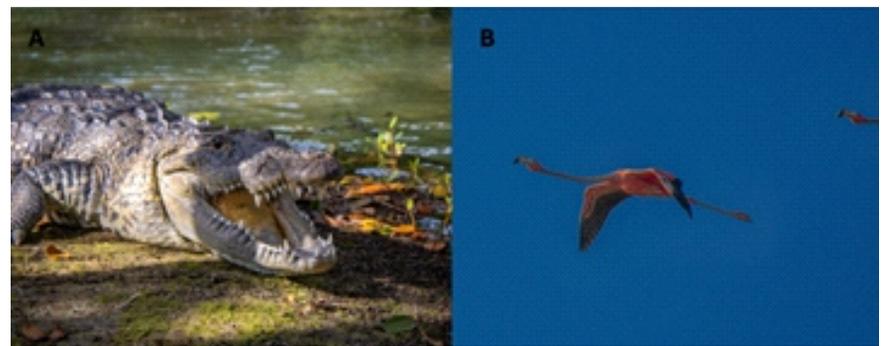


Figure 2. Protected species of Ria Lagartos A) *Crocodylus moreletii* and B) *Phoenicopterus ruber*. Photos by: Diego Morales Chulines.

Sampling design

Guided personal interviews were conducted in June 2024 with fishermen and community members of El Cuyo, Yucatan, Mexico. Before conducting the interviews, voluntary consent was kindly requested from those interested in participating and the confidentiality of data use was informed. The interviews covered three topics: 1) general data, 2) main problems affecting the fishermen, and 3) possible solutions. To calculate the sample size of the number of fishermen, the following formula was used for finite populations:



$$n = \frac{Nz^2pq}{(N-1)d^2 + z^2pq}$$

Where n is the estimated sample size, $z=1.96$, $p=0.5$ estimated proportion, $q=1-p$, $d=0.1$ (estimation error), and $N=400$ which is the estimated number of local fishermen active in El Cuyo.

Consequently, about 30 fishermen represented an adequate sample size. Simple random sampling was used to select the fishermen based on a numbered list.

Data analysis

The coding of 30 interviews was carried out through the inductive method, from which the main themes were identified; subsequently, a matrix was made based on the interaction of the themes and their frequency to develop a social network graph in the Gephi software version 0.10.1 (Bastian *et al.*, 2009).

▶ RESULTS

Twenty-seven of the 30 interviewed stakeholders were fishermen (90%) and three belonged to a waste management program (El Cuyo es tuyo). The average age of fishermen was 45 years old and showed an average experience of 29 years (Fig. 3).

The main issues identified were grouped into four categories: 1) environmental, 2) social, 3) economic, and 4) tourism. Within the environmental category were identified a) extreme weather (hurricanes, tropical storms, etc.), b) deterioration of marine resources (diminishment of size, catch, and biodiversity), c) resources significantly far from the coast, d) eutrophication events (eutrophication of the sea bottom and complications derived from it) and, e) pollution (mainly from anthropogenic activities). Within the social aspect, the following were

identified: a) lack of government programs or support, b) lack of alternative income sources, c) increase of decompression sickness (related to lobster divers), d) high-risk activities (fishing in adverse weather, risk of shipwreck), e) illegal fishing and invasion of fishing zones and, f) increase of fishing efforts (rise in the number of active-fishing vessels). In the economic category, a) low value of marine products (regarding the price offered to the fisherman) and b) high cost of inputs (rise in the prices for factors of production) were identified. Finally, in the tourism aspect, a) interest in touristic activities was identified (Fig. 4).

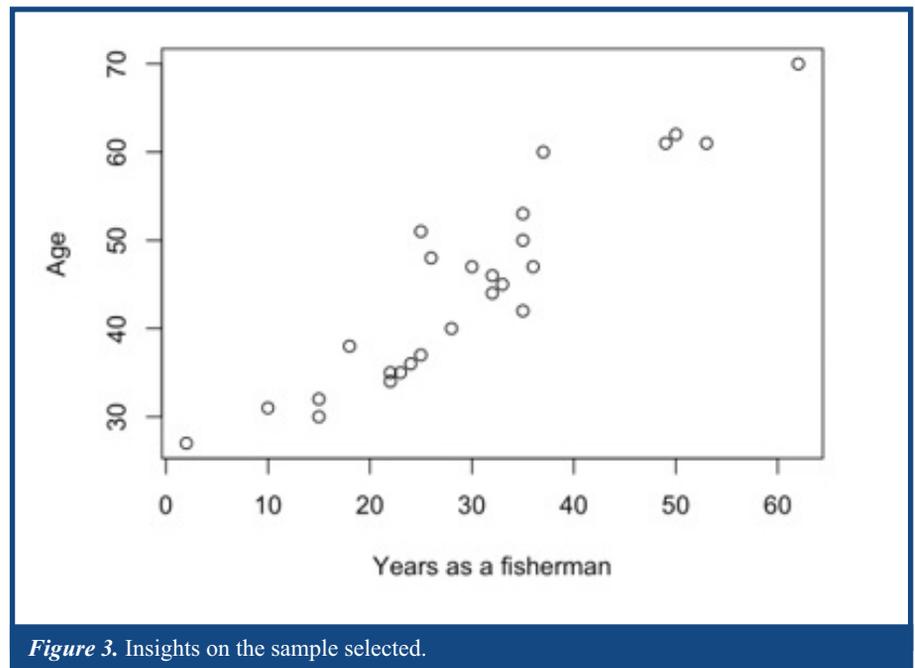


Figure 3. Insights on the sample selected.

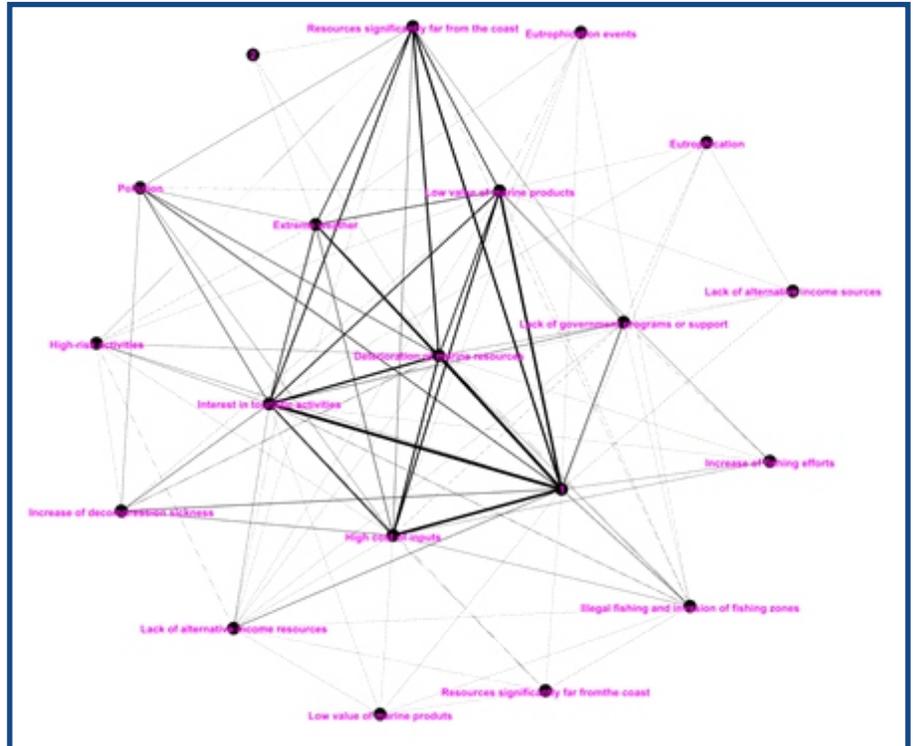


Figure 4. Social network graph.

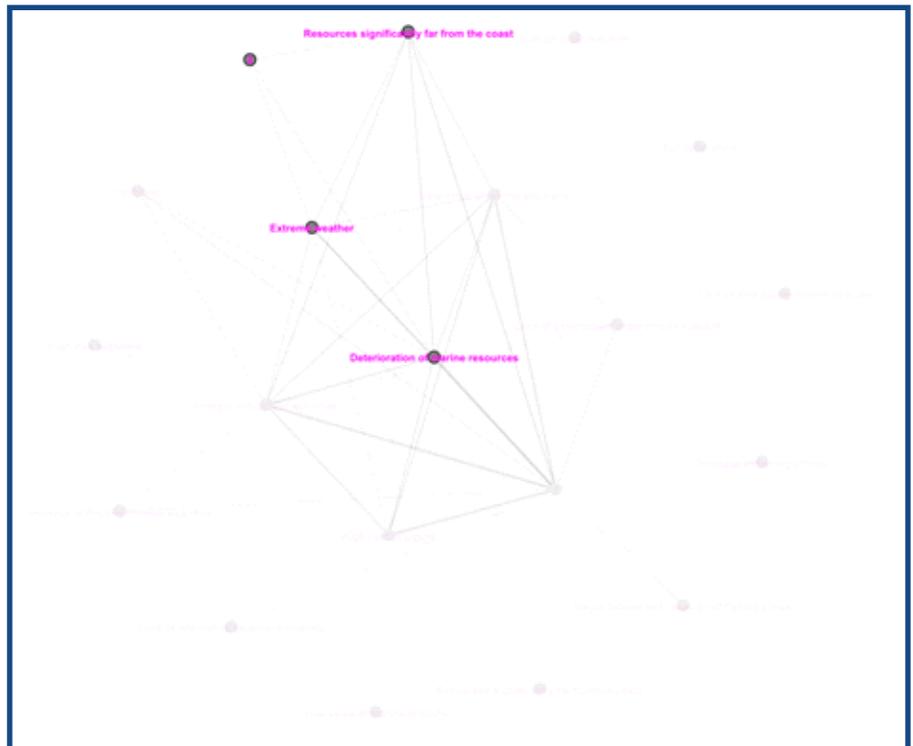


Figure 5. Identified tendencies.



Figure 6. Fishermen interviewed. Photos by: Diego Morales Chulines.

► DISCUSIÓN

There is a significant trend evidenced by the nodes (factors) that have the greatest number of shared connections (edges), specifically between marine resources far from the coast (approximately 50 miles), extreme weather, and resource degradation (Fig.5), which is supported by Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón (2011), Gutiérrez-Pérez (2014), and Méndez-Cárdenas *et al.* (2013). These factors directly condition the functioning and reproduction of fishing activities and therefore the normal access and exploitation of resources (Méndez-Cárdenas *et al.*, 2013). This is a clear example of how climate change and overexploitation are shaping fisheries and affecting artisanal fleet fishers, who are extremely vulnerable to these and other related factors, causing a reduction in income and economic efficiency (Gutiérrez-Pérez, 2013).

The absence of strategies to undermine the economic lag resulting from the problems above generates a negative gap that is visible in a greater increase in fishing efforts (fishing vessels, nets, etc.) and a high cost of inputs in contrast to a low catch and a low value of marine products (Fig. 4). It is essential to implement effective measures to reduce the fishing effort (Hernández-Delgado *et al.*, 2024) and develop alternative



economic production areas in the coastal communities of Yucatan (Gutiérrez-Pérez, 2013).

The economic incursion into tourism as an alternative to the deterioration of the fishery was one of the main suggestions made by the fishers in this study, however, certain limitations hinder this strategy, including the high number of requirements and permits required and their associated costs. Despite this, 27% of the fishermen interviewed work in this area and encourage the community to take part in these activities, indicating that fishing no longer satisfies their basic economic requirements.

Among the main factors affecting the community of El Cuyo are natural phenomena such as tropical storms and hurricanes, resource degradation in size and catch, and distancing of resources from the coast. Future perspectives include the creation of effective management plans that target general and local issues as well as encouraging community-based strategies and efforts, which are supported by individual and federal actions.

► LITERATURE CITED

Aguñaga-Malanco, S.E. (2022). Calidad de vida relacionada con la salud en buzos pescadores de pequeña escala de El Cuyo, Yucatán. [Master Thesis, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio C I N V E S T A V .
<https://repositorio.cinvestav.mx/handle/cinvestav/4833>

Arreguín-Sánchez, F., & Arcos-Huitrón, E. (2011). Fishing in Mexico: state of exploitation and use of ecosystems. *Hidrobiológica*, 21(3), 431-462.

Bastian M., Heymann S., & Jacomy M. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*.



- Casado-Izquierdo, J.M., & Crespo-Guerrero, J.M. (2023).** Spatial organization of the lobster economy in the state of Yucatan, Mexico. *Investigaciones Geográficas*, 80(1), 237-257. <https://doi.org/10.14198/INGEO.24920>
- Gutiérrez-Pérez, C. (2014).** The context of social vulnerability of coastal fishermen in the Yucatan peninsula. *Sociedad Ambiente*, 1(5), 25-47.
- Hernández-Delgado, F., Aguilar-Perera, A., Giglio, V.J., Noh-Quñones, V., Euán-Ávila, J.I., Aguilar-Cordero, W.J., & Sélem-Salas, C.I. (2024).** Stakeholders' perception on consumption, fishing, and conservation of Red grouper, *Epinephelus morio*, off the northern coast of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Marine Policy*, 161, 105999. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105999>
- Huchim-Lara, O., Hernández, A., & Villanueva, R. (2018).** The cost of decompression illness: the case of lobster and sea cucumber fishery in Yucatan, Mexico. *Undersea and Hyperbaric Medicine*, 45(5), 531-539
- Méndez-Cárdenas, G., Munguía-Gil, A., Munguía-Gil, M.T., & Méndez-Cárdenas, S.A. (2013).** El conocimiento local sobre el cambio climático de mujeres y hombres pescadores de la costa de Yucatán. *Veredas: Revista del pensamiento sociológico*, 27(1), 199-220.



latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

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

Artículo Científico

Invertebrados salobres en colectores artificiales en bahía Cospita, Culiacán, Sinaloa, México

Brackish-water invertebrates in artificial collectors in Cospita bay, Culiacan, Sinaloa, Mexico



1. Juan Antonio Torres Alcázar
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. AP 610. Mazatlán, Sinaloa, México.



3. José Salgado Barragán
iD 0000-0002-3414-4008

Unidad Mazatlán. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Mazatlán, Sinaloa, México.



5. Jorge Payán Alejo
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. AP 610. Mazatlán, Sinaloa, México.



7. Juan Francisco Arzola González
iD 0000-0003-3349-1021
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. AP 610. Mazatlán, Sinaloa, México.
Autor de correspondencia: farzola@uas.edu.mx



2. Martin Ignacio Borrego
iD 0000-0002-5912-621X

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. AP 610. Mazatlán, Sinaloa, México.



4. Jennifer Zoé Borrego Durán
iD 0000-0002-9600-7711

Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. AP 610. Mazatlán, Sinaloa, México.



6. Yecenia Gutiérrez Rubio
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. AP 610. Mazatlán, Sinaloa, México.



Invertebrados salobres en colectores artificiales en bahía Cospita, Culiacán, Sinaloa, México

Brackish-water invertebrates in artificial collectors in Cospita bay, Culiacan, Sinaloa, Mexico

► RESUMEN

La zona costera del noroeste de México se ha caracterizado por una importante pesquería de langosta espinosa (*Panulirus* spp), aunque se desconocen sus principales zonas de asentamiento o refugio de juveniles de langosta. El objetivo de este trabajo es determinar la fauna de invertebrados de ambiente lagunar asociada a refugios artificiales (tipo sándwich) utilizados como colectores de organismos juveniles de langosta espinosa en la bahía Cospita, Culiacán, Sinaloa, México. Se realizaron muestreos mensuales en dos zonas de la bahía (Zona Hawei y La Ostionera) entre marzo 2017 y febrero 2018. Las especies obtenidas fueron depositadas en la colección de referencia del Laboratorio de Langosta de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa (FACIMAR-UAS). En total, se recolectaron 5,552 organismos. La composición faunística correspondió a cuatro filos: Annelida, Mollusca, Arthropoda y Echinodermata, siete clases, 40 familias, 55 géneros y 65 especies. Las familias más representativas de moluscos fueron Calyptraeidae (12 especies) y Calliostomatidae (cinco especies), en crustáceos Panopeidae (cuatro especies) y el grupo menos representativo correspondió a los anélidos, con una especie de la familia Nereididae (una especie). El género más común fue el caliptreido *Crepidula* con 10 especies. Los crustáceos fueron más frecuentes entre los colectores, pero la mayor diversidad de especies se encontró entre los moluscos.

Palabras Clave: Fauna asociada, invertebrados acuáticos, langosta espinosa, noroeste de México.



► ABSTRACT

The coastal area of northwestern Mexico has been characterized by the presence of an important spiny lobster (*Panulirus*) fishery, although the main settlement or refuge areas for juvenile lobsters are unknown. The objective of this work is to determine the brackish-water invertebrate fauna of associated to artificial shelters (sandwich type) used as collectors of spiny lobster juvenil in the Cospita Bay, Culiacan, Sinaloa, Mexico. Monthly samplings were carried out in two areas of the bay (Hawei and Ostionera Zone) between March 2017 and February 2018. The species obtained were deposited in the reference collection of the Lobster Laboratory of the Facultad de Ciencias del Mar, of the Universidad Autónoma de Sinaloa. (FACIMAR-UAS). In total 5552 organisms were collected, and the faunal composition corresponded to four phyla (Annelida, Mollusca, Arthropoda and Echinodermata), seven classes, 40 families, 55 genera and 65 species. The most representative families of mollusks were Calyptraeidae (12 species) and Calliostomatidae (five species), in crustaceans, Panopeidae (four species) and the least representative phylum was Annelida, with one family, and one species (Nereididae). The most common genus was the calyptraeid *Crepidula*, with 10 species. Crustaceans were more frequent among collectors, but the greatest diversity of species corresponded to the mollusks.

Key words: Associated fauna, marine invertebrates, spiny lobster, Northwestern Mexico.

► INTRODUCCIÓN

En México se han registrado siete especies de langostas espinosas con importancia comercial pertenecientes al género *Panulirus*; *Panulirus argus*, *Panulirus laevicauda* y *Panulirus guttatus* presentes en el Golfo de México y mar Caribe y *Panulirus interruptus*, *Panulirus inflatus*, *Panulirus gracilis* y *Panulirus penicillatus* en las costas del Pacífico (Chapa-Saldaña, 1964, Gracia y Kensler, 1979). En las costas de Sinaloa *P. inflatus* y *P. gracilis* son las especies que sostienen principalmente la pesquería de ese crustáceo (Arzola-González et al., 2011, Pérez-González, 2011). Durante el asentamiento de juveniles de langosta estos



organismos se refugian principalmente con fines de protección entre zonas de algas y rocas en aguas someras. En estas áreas, los juveniles comparten hábitat con una importante cantidad de especies de invertebrados bentónicos, resaltando los grupos taxonómicos de anélidos, moluscos, crustáceos y equinodermos entre otros.

En los últimos años la pesquería de langosta espinosa se ha visto afectada por los incrementos en los precios de insumos (gasolina, aceites) y sobre todo por las bajas capturas que se han obtenido, asimismo, los pescadores desconocen hacia donde se están distribuyendo sus fases larvales de filosomas y puerulos, sobre todo con fines de crecimiento, refugio o asentamiento.

La presencia de larvas filosomas en las costas del noroeste de México, fue señalada por Muñoz-García, Pérez-González, Flores-Campaña y Borrego (2000), quienes estudiaron la abundancia y distribución de larvas de langostas *Panulirus* en el sureste del Golfo de California, asimismo, Muñoz-García, García-Rodríguez, González-Armas, Pérez-Enríquez y Ayón-Parente (2014), analizaron la taxonomía de las larvas filosomas de ambas especies, mediante el estudio de su morfometría y el análisis molecular. La captura de puerulos y postpuerulos o juveniles de *P. inflatus*, utilizando colectores artificiales en el sur de Sinaloa, fue determinada por Valadez-Manzano, Pérez-González, Becerra-Arroyo y Borrego (2017). Los autores indicaron que durante el estudio se logró coleccionar un total de 40 puerulos y 198 postpuerulos de langosta en colectores artificiales.

Por la importancia potencial de este recurso acuícola a través de la presencia de larvas, juveniles (puerulos y postpuerulos) y adultos de langostas *P. inflatus* y *P. gracilis* en el noroeste del Pacífico mexicano (Arzola-González et al., 2011; Pérez-González, 2011), en algunas regiones se ha considerado como alternativa el desarrollo de cultivo de langosta espinosa (Mohan, 2001), sin embargo, uno de los principales inconvenientes que han retrasado el avance de esta actividad, ha sido el nulo o poco avance en el desarrollo de larvicultura por diversas razones. Por la complejidad que presenta el desarrollo de las etapas larvarias en el ambiente oceánico (Muñoz-García et al., 2014), la duración de éstas en el océano (Ramírez-Félix, Villa-Diharce, García-Borbón, Cisneros-

Mata, 2024), y la competencia intraespecífica e interespecífica, aunada a las dificultades técnicas que se presentan para replicar las condiciones naturales de desarrollo de estos organismos en ambientes controlados (Kittaka, 2000, Valadez-Manzano et al., 2017). En este sentido, con el propósito de incrementar el conocimiento del desarrollo de estos organismos en su etapa juvenil, se ha analizado su fauna de acompañamiento de invertebrados acuáticos en colectores artificiales en una laguna costera (bahía Cospita) de Sinaloa, México.

► MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 12 muestreos mensuales de marzo 2017 a febrero 2018. Se establecieron dos estaciones de muestreo en la bahía Cospita, Culiacán, Sinaloa, México (24°06'19'' N y 107°07'45'' O): Estación 1 (El Hawei), ubicada en la desembocadura de la bahía y la Estación 2 (La Ostionera), aledaña a una granja de cultivo comercial de ostiones (*Crassostrea corteziensis* y *Magallana gigas*), dentro de la bahía. Para la captura de la fauna asociada en cada estación, se colocaron dos colectores tipo “sándwich” modificado, de acuerdo con el descrito por Montgomery y Craig (1997), que es una combinación del colector semi cuantitativo desarrollado por tipo Phillips (1972) y el de Booth y Tarring (1986), que simulan algas marinas y espacios huecos y cavidades como refugios. La modificación de este colector (Figura 1) fue propuesta por el personal del Laboratorio Langosta de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Sinaloa (ProLan-FACIMAR) y consiste en una estructura elaborada por dos unidades de cajas ostrícolas tipo Nestier unidas con cinchos de plástico. A los orificios de la pared de la caja, se les realizaron perforaciones más amplias (2 cm de ancho en promedio) de tal forma que permitan la entrada a los colectores de la fauna de invertebrados y juveniles de langosta. Además, a cada pared se les adicionaron 12 borlas de filástica con la finalidad de simular algas marinas (Valadez-Manzano et al., 2017). Cada colector fue sumergido a media columna de agua y sujetado a superficie (boyas) y fondo (ancla) del sustrato de la bahía.

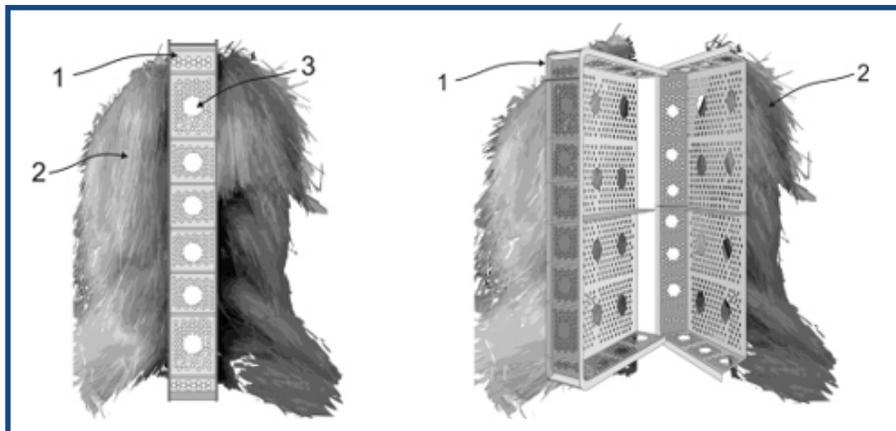


Figura 1. Colector tipo algas, modificado por Valadez-Manzano et al. (2017). 1: caja ostrícola, 2: Cerdas de plástico y 3: Orificios ostrícolas ampliados para el ingreso de los juveniles de langosta y fauna asociada.

La extracción de organismos se obtuvo al abrir y separar las dos cajas ostrícolas del colector. Dentro de un recipiente de 170 L los colectores fueron agitados constantemente, lo que permitió que los organismos que se encontraban entre la filástica descendieran por gravedad al recipiente. La muestra biológica fue tamizada y se extrajo al azar una submuestra, la cual fue depositada en frascos de 250 ml y fijada en alcohol etílico al 70 %. La determinación taxonómica de los organismos capturados se realizó de acuerdo con la literatura referente a cada grupo taxonómico, además, se hizo la comparación de especies de anélidos, moluscos, crustáceos y equinodermos con las colecciones de referencia depositadas en la Unidad Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (ICMyL-UNAM).

Simultáneamente a los muestreos biológicos, se determinaron las variables hidrológicas por cada estación como temperatura del agua (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mg/L), con la finalidad de conocer las condiciones hidrológicas mencionadas en los colectores artificiales para puerulos de langosta. Además, se realizaron pruebas estadísticas de t de Student (Temperatura del agua) y de U de Mann-Whitney (Salinidad y Oxígeno disuelto) para determinar si existen diferencias entre las zonas de muestreo.

▶ RESULTADOS

La captura total de invertebrados salobres en los colectores artificiales en la bahía Cospita fue de 5,552 organismos, distribuidos en una composición faunística de cuatro filos (Annelida, Mollusca, Arthropoda y Echinodermata) (Tabla 1), siete clases, 40 familias, 55 géneros y 65 especies. Del total de organismos recolectados, el 67.7 % correspondió a los moluscos, seguido de los crustáceos con 29.2 % y solamente el 3 % fueron los anélidos. Por cuanto a los moluscos, el 59 % de éstos (40 % del total) fueron gasterópodos y el 41 % (27.7 % del total) fueron bivalvos. La mayor dominancia de moluscos correspondió a las familias Columbelloidea y Calyptraeidae con 83.8 % del total de organismos. Entre los crustáceos, la mayor dominancia por familias correspondió a Panopeidae y Balanidae (62.6 % del total de crustáceos). En lo que respecta a los anélidos y equinodermos, en las submuestras solamente se obtuvo una especie de cada grupo con 2 y 4 organismos, respectivamente, por lo que su presencia no se consideró significativa.

Entre los moluscos gasterópodos las familias con mayor número de especies, o más representativas, fueron Calyptraeidae (12 especies) y Calliostomatidae (cinco especies), seguidas por los crustáceos braquiuros de la familia Panopeidae representados por cuatro especies como se mencionó anteriormente, los grupos menos representativos fueron los anélidos y los equinodermos, ambos grupos taxonómicos con una especie (Tabla 2, 3). Las especies de moluscos que se presentaron con mayor frecuencia y abundancia fueron *Anachys pigmea* (Columbellidae), *Cerithium stercusmuscarum* (Cerithiidae) y *Crepidula rostrata* y *Crepidula incurva* (Calyptraeidae). Mientras en los crustáceos, *Balanus* sp. (Balanidae), *Callinectes arcuatus* (Portunidae) y *Eurypanopeus canalensis* (Panopeidae), fueron las especies más frecuentes y abundantes. Los géneros con mayor número de especies correspondieron a los moluscos gasterópodos *Crepidula* con 10 especies, seguida por *Calliostoma* (cinco especies) y *Turritella* (cuatro especies), sin embargo, la frecuencia de aparición entre los colectores fue mayormente representada por los crustáceos que moluscos.

En la bahía Cospita, las colectas de organismos entre ambas zonas de muestreo presentaron en promedio una temperatura del agua de 26.7 °C, una salinidad de 32.6 ups y un oxígeno disuelto de 5.04 mg/L. Sin embargo, para el análisis de la temperatura del agua entre las dos zonas de muestreo (El Hawei y La Ostionera), resultaron con diferencias estadísticas entre ambas zonas (p. t de Student, $p=0.05$). En salinidad, no presentaron diferencias entre las dos zonas (p. U de Mann-Whitney, $p<0.05$), al igual que el oxígeno disuelto (p. U de Mann-Whitney, $p<0.05$).

Tabla 1. Número de organismos por colector por cada estación de muestreo en la bahía Cospita, Culiacán, Sinaloa.

Grupo	Estación 1		Estación 2		Total
	El Hawei		La Ostionera		
	Familia/Filo	Colector	Colector	Colector	
	1	2	3	4	
Annelida					
Nereididae			2		2
Mollusca					
Arcidae	5	2		3	10
Buccinidae	18				18
Bullidae		6	9	1	16
Calliostomatidae	16			9	25
Calyptraeidae	470	59	223	219	971
Cerithidae	72	14	75		161
Columbellidae	1616	459	669		2744
Haminoeidae				30	30
Isognomonidae	3	4			7
Limidae	38	4	4		46
Litiopidae			3		3
Littorinidae		2			2
Melongenidae		1			1
Modulidae	1	2	1		4
Muricidae	7	8	1		16
Mytilidae	3	4	11		18
Nassaridae	16	2			18
Naticidae	1				1
Neritidae	56		10		66
Ostreidae	42	45	5		92
Pectinidae	1	2	2		5
Pseudomelatomatidae				1	1
Pteridae	2		1		3
Tegulidae	13				13
Terebridae		1			1
Turritellidae	125	29	2		156
Veneridae		1	2		3
Crustacea					
Aethridae				1	1
Alpheidae	8	2	3	36	49
Balanidae	132	68	93	24	317
Diogenidae		5			5
Epialtidae	1	8	8	9	26
Hippolitidae	4	61	16	49	130
Inachidae	6	1	7	3	17
Mithracidae	2	2			4
Panopeidae	178	48	98	58	382
Porcellanidae	28	54	13	52	147
Portunidae	6	13	8	11	38
Echinodermata					
Holothuridae				2	2
Echinometridae			2		2
Ophiactidae	1				1
				Total	5,552

Tabla 2. Número de especies por familia para moluscos en la bahía Cospita, Culiacán, Sinaloa.

Gasteropoda		Pelecypoda	
Familia	No. especies	Familia	No. especies
Buccinidae	1	Arcidae	3
Bullidae	1	Crasatalidae	1
Calyptraeidae	12	Isognomonidae	2
Calliostomatidae	5	Limidae	1
Cerithidae	3	Mytillidae	2
Columbellidae	3	Ostreidae	4
Fasciolaridae	1	Pectinidae	2
Haminocidae	1	Pteridae	1
Litiopidae	1	Veneridae	2
Littorinidae	1		
Melongenidae	1		
Modulidae	1		
Muricidae	2		
Nassaridae	3		
Neritidae	2		
Pseudomelatomatidae	1		
Tegulidae	1		
Terebridae	1		
Turritelidae	4		
Vermetidae	1		
Total especies	26	Total especies	18
Total Familias	20	Total Familias	9

Tabla 3. Número de especies por familia para crustáceos en la bahía Cospita, Culiacán, Sinaloa.

Familia	No. especies
Arthropoda	
Cirripedia	
Balanidae	2
Brachyura	
Aethidae	1
Epiplatidae	2
Inachidae	1
Panopeidae	4
Portunidae	2
Anomura	
Diogenidae	1
Porcellanidae	5
Caridea	
Alpheidae	1



► DISCUSIÓN

Entre las comunidades de invertebrados marinos bentónicos de la zona intermareal del Golfo de California para diversos sustratos como rocoso, algal y sedimentos blandos destacan principalmente los anélidos, moluscos, crustáceos y equinodermos y quizás sean estos grupos la comunidad taxonómica intermareal más conocida del golfo (Holguín-Quiñones, Wrigth-López, Solin-Marín, 2000, González-Medina, Holguín-Quiñones, De la Cruz-Agüero, 2006). El presente estudio representa el primer trabajo sobre las especies de invertebrados de ambiente salobre en la laguna de Cospita en colectores artificiales en la laguna y puede ser de gran utilidad como una muestra representativa de la fauna de invertebrados de un sistema lagunar. Las 65 especies de invertebrados aquí recolectadas, fueron señaladas por otros autores como presentes en el sur del Golfo de California (Keen, 1971, Brusca, 1980, Hendrickx, Brusca, Findley, 2005, Hendrickx, Brusca, Cordero, Ramírez, 2007) y en el sistema lagunar Navachiste, Sinaloa (Ortiz-Arellano y Flores-Campaña, 2008). En estos trabajos se ha indicado que los parámetros temperatura, salinidad y oxígeno disuelto son importantes para el desarrollo de estas poblaciones de invertebrados y que sus intervalos óptimos se encuentran dentro de los promedios señalados en este estudio para la bahía de Cospita (Flores-Campaña, Arzola-González, Ramírez-Soto, Osorio-Pérez, 2012).

Las especies de invertebrados registradas en este trabajo también han sido reportadas en aguas marinas, lo cual era de esperarse puesto que en la bahía Cospita no se localizan entradas importantes de ríos y escurrimientos urbanos y su salinidad media fue ligeramente menor que la zona marina. Lo anterior, indica que la presencia de estos grupos de moluscos y crustáceos aquí recolectados, coincidió con otros inventarios faunísticos realizados en la zona marina del Golfo de California (Keen, 1971, Brusca, 1980, Hendrickx et al., 2005, Hendrickx et al., 2007).

Las 44 especies de moluscos, el total de crustáceos decápodos, están relacionadas con sustratos bentónicos con cierta solidez (rocoso, arenoso, o sustrato vegetal) por lo que, en un ambiente donde predominan los sustratos lodosos, este tipo de especies se ven atraídas



por un sustrato artificial que les brinda un lugar de fijación y refugio, como son los colectores artificiales. Por otra parte, suponemos que algunos organismos como anélidos, crustáceos y equinodermos, probablemente utilizaron los colectores como una zona de refugio (crustáceos: Porcellanidae y Alpheidae) o de crianza para su desarrollo o crecimiento (Crustáceos: Portunidae, Balanidae y Panopeidae), a diferencia de los moluscos gasterópodos (lapas) y de bivalvos como la familia Ostreidae (ostiones), los colectores artificiales se utilizaron posiblemente como sustrato permanente.

Las especies aquí recolectadas presentaron una diferenciación cualitativa entre los colectores (Hawey y La Ostionera), principalmente de moluscos como los columbelidos y ceritidos, además, en los colectores artificiales ubicados en Hawey, registraron una mayor abundancia y diversidad de especies que en La Ostionera. De acuerdo a Brusca (1980) y Hendrickx et al. (2005), los ambientes cercanos al medio marino (Hawey) se caracterizan por presentar una mayor diversidad de organismos de invertebrados bentónicos que en aguas salobres (La Ostionera).

Las 65 especies enlistadas en la presente investigación, no tienen comparación alguna con las especies reportadas en monografías monumentales del Pacífico este tropical (Keen, 1971) y en particular del Golfo de California (Brusca 1980, Hendrickx et al., 2005). Aunque, cabe señalar que estos autores consideraron una región geográfica más amplia con respecto a los invertebrados recolectados en la bahía Cospita, la cual se ubica al centro-norte del Golfo de California o Provincia de Cortés (Fischer, Krupp, Schneider, Sommer, Carpenter, Niem, 1995), siendo entonces de interés este estudio para estos cuatro grupos taxonómicos (anélidos, moluscos, crustáceos y equinodermos) recolectados dentro de una laguna costera y no sobre la línea de costa del Golfo de California donde se han realizado diversas investigaciones (Keen, 1971, Brusca 1980, Fischer et al., 1995, Hendrickx et al., 2005).

Por los resultados obtenidos de 5,552 organismos obtenidos en los colectores artificiales y distribuidos en un total de 65 especies entre anélidos, moluscos, crustáceos y equinodermos, podría también ser considerados de suma importancia para la conservación o como refugio



de una infinidad de especies de invertebrados acuáticos en un sistema lagunar del Golfo de California, y quizás con el tiempo, incrementar sus poblaciones principalmente para los moluscos y crustáceos con fines de un mejor aprovechamiento de estos recursos pesqueros para la bahía Cospita, Sinaloa, México.

► AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico y colecciones de referencias de anélidos, moluscos, crustáceos y equinodermos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Al proyecto PROFAPI2015/045 por los recursos otorgados y los estudiantes del Laboratorio ProLan-FACIMAR por los muestreos.

► LITERATURA CITADA

- Arzola-González, J. F., Flores-Campaña, L.M., Ortiz-Arellano, M., & Gutiérrez-Rubio, Y. (2007).** Captura y aspectos reproductivos de la pesquería de las langostas espinosas *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* (Crustacea: Decapoda) en el sur de Sinaloa, México. *Revista Ciencia y Mar*, 11(31): 15-22. http://cienciaymar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/35/ART31_2.
- Arzola-González, J. F., Pérez-González, R., Muñoz-García, I., Gutiérrez-Rubio, Y., & Flores-Campaña, L. M. (2011).** Distribución de tallas de langosta *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* en la pesquería del sur de Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 7(1): 15-20. <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/189>.
- Brusca, R. C. (1980).** *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California*. Tucson, Arizona: University of Arizona Press.
- Booth, J. D. & Tarring, S. C. (1993).** *Puerulus settlement of the red lobster *Jasus edwardsi**. Wellington: New Zealand Fisheries Assesment Research Document.



- Chapa-Saldaña, H. (1964).** Contribución al conocimiento de las langostas del Pacífico Mexicano y su pesquería. *Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras. Secretaria de Industria y Comercio (México). Publicación 6:* 1-68.
- Flores-Campaña, L. M., Arzola-González, J. F., Ramírez-Soto, M. & Osorio-Pérez, M. (2012).** Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa, México. *Revista Colombiana de Geografía*, 21(1): 115 - 129. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/25562/30805>.
- González-Medina, F. J., Holguín-Quñones, O. E., & De la Cruz-Agüero, G. (2006).** Variación espacio-temporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda: Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 32(1A): 33-44. <https://doi.org/10.7773/cm.v32i1.67>.
- Gracia, A. & Kensler, C. B. (1980).** Las langostas de México: su biología y pesquería. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. 7: 111-128.
- Hendrickx, M. E., Brusca, R. C. & Findley, L. T. (2005).** *Listado y distribución de la macrofauna del Golfo de California*. Sonora: Arizona-Sonora Desert Museum.
- Hendrickx, M. E., Brusca, R. C., Cordero, M. & Ramírez, G. (2007).** Marine and brackish-water molluscan biodiversity in the Gulf of California, México. *Scientia Marina*, 71(4): 637-647. <https://doi.org/10.3989/scimar.2007.71n4637>.
- Holguín-Quñones, O. E., Wrigth-López, H., & Solin-Marín, F. (2000).** Astroidea, Echinoidea y Holothuroidea en fondos someros de la bahía Loreto, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*, 48: 749 - 757. <https://doi.org/10.15517/rbt.v48i4>.
- Keen, A. M. (1971).** *Sea shells of Tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru*. Stanford, California: Stanford University Press.



- Kittaka, J. (2000).** Culture of larval spiny lobsters. 508-532. *In:* Phillips, B. C. & Kittaka, J. (Eds.) *Spiny Lobsters: Fisheries and Culture*, Fishing News Books, Oxford.
- Mohan, R. (2001).** Tropical spiny lobster. 158-164. *In:* Goddard, S., Al-Oufi, H., McIlwain, J. & Claereboudt, M. (Eds.). *A new mariculture species for the Sultanate of Oman and the Arabian Gulf States*. Sultan Qaboos University. Muscat and Oman.
- Montgomery, S. S., & Craig, J. R. (1997).** A strategy for measuring the relative abundance of pueruli of spiny lobster *Jasus varreauxi*. 574-578. *In:* Hancock, D. A. & Smith D. C. (Eds.). *Fisheries resources. The state of science and management. Proceeding of the 2nd World Fish Congress*. Collinwood, Australia CSIRO publishing.
- Muñoz-García, I., Pérez-González, R., Flores-Campaña, L. M., & Borrego, M. I. (2000).** Distribución y abundancia de filosomas *Panulirus* (Decapoda: Palinuridae) en el sureste del golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(1): 159-167. <https://doi.org/10.15517/rbt.v48i1>.
- Muñoz-García, I., García-Rodríguez, F. J., González-Armas, R., Pérez-Enríquez, R., & Ayón-Parente, M. (2014).** Taxonomy of the phyllosoma of *Panulirus inflatus* and *Panulirus gracilis*, based on morphometry and molecular analysis. *Nauplius*, 22(1): 41-51. <https://www.scielo.br/j/nau/a/9tQ5jHscVrSSHrX4CbsHPR/?format=pdf&lang=en>.
- Ortiz-Arellano, M. A., & Flores-Campaña, L. M. (2008).** *Catálogo descriptivo e ilustrativo de los moluscos de la zona intermareal de las islas de la bahía Navachiste, Sinaloa, México*. Culiacán: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Pérez-González, R. (2011).** Catch composition of the spiny lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) off the western coast of the Mexico. *Latin American Journal Aquatic Research*, 39(2): 225-235. <https://doi.org/10.3856/vol39-issue2-fulltext-4>.



Phillips, B. F. (1972). A semi-quantitative collector of the puerulus larvae of the western rock lobster, *Panulirus cygnus* (Decapoda: Palinuridea). *Crustaceana*, 43: 2126-2130. <https://doi.org/10.1163/156854072X00408>.

Ramírez-Félix, E. A., Villa-Diharce, E. R., García-Borbón, J. A., & Cisneros-Mata, M. A. (2024). Life cycle and natural mortality rates of the Blue spiny lobster (*Panulirus inflatus*). *Journal of Shellfish Research*, 43(1): 119-132. <https://doi.org/10.2983/035.043.0112>.

Valadez-Manzano, L. M., Pérez-González, R., Becerra-Arroyo, D., & Borrego, M. I. (2017). Settlement of the spiny lobster *Panulirus inflatus* postlarvae in the southeastern Gulf of California, Mexico. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(11): 403-409. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.684>.



 Artículo Científico

Especies de crustáceos comerciales en Ecuador: un listado y observaciones generales

Commercial crustacean species of Ecuador: a checklist and general remarks

latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

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



1. René Zambrano



0000-0002-0603-7475

Unidad Educativa Maura Barreto
Falcones, Recinto Los Cachos, km 16
vía Bahía de Caráquez-Tosagua
CP. 131203, Ecuador.

Autor de correspondencia: eddie_zam89@hotmail.com



Especies de crustáceos comerciales en Ecuador: un listado y observaciones generales

Commercial crustacean species of Ecuador: a checklist and general remarks

► RESUMEN

En Ecuador, los crustáceos braquiuros comerciales incluyen camarones, langostas y cangrejos, principalmente marinos, también de aguas continentales y especies invasoras, inclusive. Los camarones peneidos poseen relevancia pesquera y acuícola. En las Islas Galápagos se pescan las langostas *Panulirus penicillatus* y *Scyllarides astori*, mientras que, en Ecuador continental se captura *P. penicillatus*, *P. gracilis* y *Evibacus princeps*. Existen especies con un potencial pesquero por desarrollar, como los camarones rojos de profundidad (*Heterocarpus hostili*), las jaibas (*Callinectes* spp. *Euphylax* spp.) y centolla (*Maiopsis panamensis*). Los cangrejos *Menippe frontalis*, *U. occidentalis*, *C. crassum* poseen pesquerías desarrolladas en zonas específicas, como Posorja, Golfo de Guayaquil y Esmeraldas, respectivamente. Existen especies de crustáceos de aguas continentales capturados de manera artesanal y comercializados a orillas de las carreteras o en mercados locales. La información biológica, ecológica y pesquera de los crustáceos comerciales, en Ecuador, es escasa. Es necesario investigar más este grupo, para sostener un aprovechamiento sustentable de las especies capturadas.

Palabras clave: Camarones, langostas, cangrejos, aguas continentales, Golfo de Guayaquil



► ABSTRACT

Commercial brachyuran crustaceans in Ecuador include shrimps, lobsters and crabs, mainly from the sea, also from inland waters and invasive species. Penaeid's shrimps are the most important species for fisheries and aquaculture. In the Galapagos Islands, the lobsters *Panulirus penicillatus* and *Scyllarides astori* are fished, while in continental Ecuador *P. penicillatus*, *P. gracilis* and *Evibacus princeps* are caught. There are species with fishing potential to be developed, such as deep-water red shrimp (*Heterocarpus hostili*), swimming crabs (*Callinectes* spp., *Euphyllax* spp.) and spider crabs (*Maiopsis panamensis*). The crabs *Menippe frontalis*, *U. occidentalis*, *C. crassum* have developed fisheries in specific areas, as Posorja, Gulf of Guayaquil and Esmeraldas, respectively. There are crustacean species from inland waters that are caught by artisanal fishermen and sold by the roadside or in local markets. Biological, ecological and fishery information on commercial crustaceans in Ecuador is scarce. More research is needed on this group to ensure their sustainable exploitation of the fished species.

Keywords: Shrimps, lobsters, crabs, freshwater, Gulf of Guayaquil

► INTRODUCCIÓN

Los crustáceos son un grupo de organismos con especies de importancia comercial alrededor del mundo (FAO, 2024). Determinar su estado poblacional, métodos de evaluación, necesidades de investigación y manejo, son necesarios para su aprovechamiento sustentable (Hodgdon, Khalsa, Li, Sun, Boenish, Chen, 2022). En este sentido, se debe partir por reconocer las especies que están siendo capturadas, para establecer mecanismos de recolección de datos y de evaluación poblacional, previo a la toma de decisiones y la aplicación de un manejo pesquero.

El objetivo del trabajo es reconocer a las especies de crustáceos de importancia comercial en Ecuador, como base para crear líneas de investigación enfocadas en las especies enlistadas. En este sentido, nuevos estudios permitirían conocer aspectos biológicos, ecológicos y



pesqueros de las especies enlistadas, utilizables para su aprovechamiento sustentable. El presente incluye información científica publicada y el conocimiento empírico obtenido a través de observaciones directas.

La información fue obtenida mediante una revisión bibliográfica de trabajos técnicos y científicos (libros, tesis de grado, artículos científicos), publicada de forma impresa y digital (Correa, 1993; Hendrickx, 1995a, 1995b; Macías-Álava & Rivero-González, 2020; Zambrano & Ramos, 2021; Zúñiga & Zambrano, 2023). La recopilación de información se realizó mediante bases de datos científicas (Scopus) y motores de búsqueda, empleando las palabras clave “crustáceos de Ecuador”, “cangrejos, camarones, langostas en Ecuador”, “crustáceos comerciales”, “pesquería de crustáceos”. Adicionalmente, el listado de especies fue construido mediante observaciones directas realizadas por el autor en la zona costera y continental de Ecuador, en los últimos 15 años.

Los nombres científicos y la clasificación taxonómica fueron validados en plataformas *World Register of Marine Species*, *Global invasive species database* y listados taxonómicos (Campos, 2003; Crandall & De Grave, 2017; ISSG, 2025; WoRMS, 2025). Las especies de crustáceos comerciales fueron clasificadas en dos tipos, los marinos y los de aguas continentales.

LISTADO DE ESPECIES

Crustáceos comerciales marinos

En Ecuador, la mayor cantidad de especies de crustáceos comerciales son de hábitat marino-costero y están incluidas en el Sub-Orden Pleocyemata. El listado incluye especies de camarones, langostas y cangrejos (Tabla I). Las especies de mayor importancia comercial pertenecen al Sub-Orden Dendrobranchiata, Familia Penaeidae, que incluye a los camarones *Penaeus*. Estos camarones poseen una pesca dirigida y/o son cultivados, siendo *P. vannamei* la especie más representativa en la acuicultura de Ecuador y a nivel mundial (Rothlisberg, 1998; Villarreal, 2023; Wurmman, Madrid, Brugger, 2004).

Tabla I. Listado de especies de crustáceos comerciales marinos, en Ecuador. S.O., Sub-Orden; I.O., Infra-Orden; F., Familia.

S.O.	I.O.	F.	Nombre científico	Nombre vernáculo
Dendrobranchiata				
		Penaeidae		
			<i>Penaeus brevistris</i> Kingsley, 1878	Camarón rosado
			<i>Penaeus californiensis</i> Holmes, 1900	Camarón café
			<i>Penaeus occidentalis</i> Streets, 1871	Camarón blanco del Pacífico
			<i>Penaeus stylirostris</i> Stimpson, 1871	Camarón azul
			<i>Penaeus vannamei</i> Boone, 1931	Camarón patiblanco
			<i>Protrachypene precipua</i> Burkenroad, 1934	Camarón pomada
			<i>Rimapenaeus byrdi</i> (Burkenroad, 1934)	Camarón cebra
			<i>Xiphopenaeus riveti</i> Bouvier, 1907	Camarón titi
Pleocyemata				
		Achelata		
		Scyllaridae		
			<i>Evibacus princeps</i> Smith, 1869	Langostino de arena
			<i>Scyllarides astori</i> Holthuis, 1960	Langostino de Galápagos
		Palinuridae		
			<i>Panulirus gracilis</i> Streets, 1871	Langosta espinosa verde
			<i>Panulirus penicillatus</i> (Olivier, 1791)	Langosta espinosa roja
		Anomura		
		Hippidae		
			<i>Emerita rathbunae</i> Schmitt, 1935	Michugo
		Caridea		
		Pandalidae		
			<i>Heterocarpus hostili</i> Faxon, 1893	Camarón rojo de profundidad
		Brachyura		
		Calappidae		
			<i>Calappa convexa</i> de Saussure, 1853	Cangrejo cajeta bola
		Portunidae		
			<i>Callinectes arcuatus</i> Ordway, 1863	Jaiba azul
			<i>Callinectes toxotes</i> Ordway, 1863	Jaiba verde
			<i>Cardisoma crassum</i> Smith, 1870	Cangrejo azul
			<i>Euphylax dovii</i> Stimpson, 1860	Jaiba mora
			<i>Euphylax robustus</i> A. Milne-Edwards, 1874	Jaiba marciana
		Majidae		
			<i>Maiopsis panamensis</i> Faxon, 1893	Cangrejo araña, centolla
		Menippidae		
			<i>Menippe frontalis</i> A. Milne-Edwards, 187	Pangora
		Ocypodidae		
			<i>Ucides occidentalis</i> (Ortmann, 1897)	Cangrejo rojo, guariche

En el infraorden Achelata, *Scyllarides astori* y *Panulirus penicillatus* son especies objetivos de pesca en las Islas Galápagos (Ecuador insular) mientras que, *Evibacus princeps* lo es en el Ecuador continental. Por su parte, *P. gracilis* representa una especie comercial tanto en la región insular como continental. Aquello se debe a la distribución de las especies, *E. princeps* está reportada para Ecuador continental, *S. astori* para Ecuador insular y *P. gracilis* en ambas regiones (Hendrickx,



1995b). En el caso de *P. penicillatus*, Figueroa-Guzmán y Zambrano (2024) realizaron el primer registro en la pesca artesanal en el Ecuador continental, sin embargo, representa un recurso pesquero de importancia comercial, únicamente en las Islas Galápagos.

Emerita rathbunae es una especie objetivo que pasó de ser una pesca comercial a una pesca de subsistencia debido a que, el relevo generacional de los pescadores y consumidores ha conllevado a una disminución de su pesca y consumo. Se captura en la zona intermareal de playas arenosas, por ejemplo, en la comunidad José Luis Tamayo-Muey, Provincia del Guayas (Macías-Álava & Rivero-González, 2020; Valdez, Mendoza, Álvarez, Cedeño, Zambrano, 2024).

Heterocarpus hostili es una especie de camarón Carideo que forma parte de la fauna asociada a la pesca de profundidad, pero con potencial para una pesca dirigida (Cornejo-Antepara, 2013; Zambrano, Coello, Herrera, 2023). *Calappa convexa* es un cangrejo comercial capturado en las redes de pesca, principalmente asociada con la pesca dirigida a langostas. Se comercializa en el mercado local de forma entera o únicamente sus quelípedos. Estas características de la pesca son similares a las reportadas para el Pacífico Mexicano (Arvizu-Merín et al., 2021).

Las jaibas (*Callinectes arcuatus* y *C. toxotes*) son capturadas artesanalmente en estuarios o en la franja marino-costera, siendo una especie objetivo para la pesca. Al igual que, las jaibas *Euphylax dovii* y *E. robustus*, también pueden componer la fauna asociada a las pesquerías que emplean redes de pesca (Cedeño & Zambrano, 2025; Torres, 2024). *Cardisoma crassum* es un cangrejo semiterrestre capturado artesanalmente de forma directa o utilizando trampas (Zambrano & Olivares, 2020). Habita en las zonas altas del ecosistema de manglar y/o en el ecotono entre estuario y el ambiente terrestre; sus principales zonas de capturas se encuentran en la Provincia de Esmeraldas y la zona norte de Manabí.

Maiopsis panamensis es una especie de cangrejo no-objetivo de la pesca artesanal, siendo la comunidad Las Piñas de la Provincia de Manabí, el principal puerto de desembarque para esta especie. *Menippe frontalis* es

una especie de cangrejo capturada con redes de pesca como pesca objetivo, siendo el principal puerto de desembarque la comunidad de Posorja, Provincia del Guayas (Zambrano & Ramos, 2020). Esta especie se comercializa de forma entera y/o únicamente los quelípedos.

Ucides occidentalis es un cangrejo capturado en las zonas de manglar, principalmente, en el Golfo de Guayaquil (Provincias de Guayas y El Oro). Posee la mayor importancia económica entre los crustáceos capturados artesanalmente, con un aporte bruto en dólares mayor a 16 millones, estimados para el año 2012 (Flores, 2012; Zambrano & Meiners, 2018; Zambrano & Solano, 2018).

Otro crustáceo, que no es braquiuro, es el percebe *Pollicipes elegans*, del Orden Pollicipedomorpha y Familia: Pollicipedidae, es capturado en la zona intermareal rocosa en varias comunidades costeras (Salango, Engabao) (Ladínes-Freire Andrade-Ruiz, Vera-Borbor, González-Banchón, 2023). Su comercialización y consumo es limitado a los habitantes y turistas que visitan la comunidad.

Crustáceos comerciales de aguas continentales

Estas especies son menos conocidas al representar una pesquería muy local, de comercialización limitada o son pesca de subsistencia. Su hábitat son las aguas continentales de la zona costera de Ecuador (Tabla II).

Tabla II. Listado de especies de crustáceos comercializados localmente en Ecuador. S.O., Sub-Orden; I.O., Infra-Orden; F., Familia.

S.O.	I.O.	F.	Nombre científico	Nombre vernáculo
Pleocyemata				
Astacidea				
		Parastacidae		
			<i>Cherax quadricarinatus</i> (von Martens, 1868)	Langosta australiana
		Cambaridae		
			<i>Procambarus clarkii</i> (Girard, 1852)	Langosta roja de río
Brachyura				
		Pseudothelphusidae		
			<i>Hypolobocera</i> spp. (Ortmann, 1897)	Cangrejo de montaña
Caridea				
		Palaemonidae		
			<i>Macrobrachium americanum</i> Spence Bate, 1868	Langostino de río



Cherax quadricarinatus y *Procambarus clarkii* son especies invasoras en Ecuador, distribuidas en ríos, canales y embalses de la costa continental ecuatoriana, ambas especies introducidas con fines acuícolas (Zambrano & Ramos, 2021). Se capturan de forma directa o por medio de un arpón. Los pescadores se sumergen en apnea (buceo directo) y también los capturan en las orillas de los ríos y canales, principalmente, entre la vegetación riparia y flotante, así como, dentro de las madrigueras que construyen. En los embalses, los pescadores utilizan redes de pesca multiespecíficas. Su comercialización se realiza de forma directa (pescador-consumidor) en diferentes puntos de las carreteras (e.g., peajes, redondeles/glorietas, muros reductores de velocidad) y en mercados locales.

Las especies del Género *Hypolobocera* son cangrejos terrestres, cuya pesca y consumo es principalmente de subsistencia en zonas montañosas de la costa continental ecuatoriana; sin embargo, esto se ha reducido por el potencial de riesgo de contagio de la enfermedad “paragonimiasis” (Calvopina, Romero-Alvarez, Rendon, Takagi, Sugiyama, 2018; Vélez-B. et al., 2000).

Macrobrachium americanum es capturado y comercializado durante la época de lluvias (diciembre-abril) en la comunidad Bachillero, Provincia de Manabí. En esa época, la especie muestra actividad reproductiva, desplazándose entre los cuerpos de agua para desovar, siendo el humedal La Segua un punto importante de reproducción. Se ha estudiado el potencial acuícola de esta especie, pero no existe un cultivo funcional, hasta el momento. Existen otras especies del Género *Macrobrachium* que son capturadas como pesca de subsistencia, de forma esporádica (Holthuis, 1980), pero esta actividad no ha sido investigada en Ecuador. La única especie identificada con certeza de captura en ríos y canales de la Provincia de Manabí es *M. digueti*, conocido localmente como “manito de piedra”.



► CONCLUSIONES

Existen al menos 28 especies de comerciales en Ecuador, de hábitat marino y de aguas continentales. Los camarones peneidos poseen la mayor importancia económica por mover a la industria acuícola del Ecuador. En las Islas Galápagos se pescan tres especies de langostas (*P. penicillatus*, *P. gracilis* y *S. astori*). Los crustáceos de aguas continentales son capturados y comercializados localmente. La información biológica, ecológica y pesquera de las especies de crustáceos comerciales es escasa, en Ecuador, así como su manejo pesquero.

► LITERATURA CITADA

- Arvizu-Merín, C. A., Arzola-González, J. F., Félix-Ortiz, J. A., Rodríguez-Domínguez, G., Marín-Enríquez, E., & Aragón-Noriega, E. A. (2021).** Allometry of the box crab *Calappa convexa* De Saussure, 1853 (Brachyura, Calappidae) in the southeastern Gulf of California. *Crustaceana*, 94(11–12), 1407–1427. <https://doi.org/10.1163/15685403-bja10165>
- Calvopina, M., Romero-Alvarez, D., Rendon, M., Takagi, H., & Sugiyama, H. (2018).** *Hypolobocera guayaquilensis* (Decapoda: Pseudothelphusidae): A new crab intermediate host of *Paragonimus mexicanus* in Manabí Province, Ecuador. *Korean Journal of Parasitology*, 56(2), 189–194. <https://doi.org/10.3347/kjp.2018.56.2.189>
- Campos, M. R. (2003).** A review of the freshwater crabs of the genus *Hypolobocera* Ortmann, 1897 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae), from Colombia. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 116(3), 754–802.
- Cedeño, J., & Zambrano, R. (2025).** Size at sexual maturity in females *Euphylax robustus* (Brachyura: Portunidae) collected in coastal waters off Ecuador. *Nauplius*.



- Cornejo-Antepara, M. (2013).** Los crustáceos decápodos de aguas profundas del mar Ecuatoriano. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 7, 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.53591/cna.v7i1.205>
- Correa, J. (1993).** Crustáceos de mayor importancia comercial en Ecuador. In S. Massay, E. Mora, & J. Correa (Eds.), *Peces, crustáceos y moluscos de mayor importancia comercial en Ecuador*. Instituto Nacional de Pesca. 71-88.
- Crandall, K. A., & De Grave, S. (2017).** An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology*, 37(5), 615–653. <https://doi.org/10.1093/jcbiol/rux070>
- FAO. (2024).** El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción. In *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- Figueroa-Guzmán, J., & Zambrano, R. (2024).** Primer registro de la langosta roja (*Panulirus penicillatus*) en la costa continental de Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 31(3), e27390. <https://doi.org/10.15381/rpb.v31i3.27390>
- Flores, José. (2012).** Cadena de valor del cangrejo rojo en el Golfo de Guayaquil. Usaid Costas y Bosques Sostenibles. 1-74.
- Hendrickx, M. E. (1995a).** Cangrejos. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, & V. H. Niem (Eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados: Vol. I* (pp. 646–636). FAO.
- Hendrickx. (1995b).** Langostas. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, & K. E. Carpenter (Eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados: Vol. I* (pp. 383–415). FAO.
- Hodgdon, C. T., Khalsa, N. S., Li, Y., Sun, M., Boenish, R., & Chen, Y. (2022).** Global crustacean stock assessment modelling: Reconciling available data and complexity. *Fish and Fisheries*, 23(3), 697–707. <https://doi.org/10.1111/faf.12642>



- Holthuis, L. B. (1980).** Shrimps and prawns of the world: An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fisheries Synopsis*, 125(1), 1–271.
- ISSG. (2025).** *Global invasive species database*. <https://www.iucngisd.org/gisd/>
- Ladines-Freire, M. D., Andrade-Ruiz, C. E., Vera-Borbor, E., & González-Banchón, T. (2023).** Evaluación poblacional de *Pollicipes elegans* en la zona rocosa de Puerto Engabao, Cantón Playas-Provincia del Guayas. *Acta Oceanográfica Del Pacifico*, 5(2), 17–26. <https://doi.org/10.54140/raop.v3i2.69>
- Macías-Álava, D. S., & Rivero-González, A. N. (2020).** *Análisis del uso culinario del Michugo (Emerita rathbunae), propuesta de difusión mediante feria gastronómica en Muey Provincia de Santa Elena*. Universidad de Guayaquil.
- Rothlisberg, P. C. (1998).** Aspects of penaeid biology and ecology of relevance to aquaculture: a review. *Aquaculture*, 164(1–4), 49–65. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00176-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00176-8)
- Torres, A. (2024).** *Determinación del estado de madurez sexual de Callinectes toxotes durante la época de verano “agosto-noviembre”-2023 en el Estuario del Río Chone* [Tesis de grado]. Universidad de Guayaquil.
- Valdez, J., Mendoza, J. L., Álvarez, J., Cedeño, J., & Zambrano, R. (2024).** Parámetros poblacionales de *Emerita rathbunae* (Crustacea, Anomura, Hippidae) en la playa “Punta Bikini, Cantón Sucre, Ecuador. *Revista Ciencias Del Mar*, 1(4), 7–25.
- Vélez-B., I. D., Ortega, J., Hurtado-M, M. I., Salazar, Ai. L., Robledo-R., S. M., Jiménez, J. N., & Velásquez-T., L. E. (2000).** Epidemiology of paragonimiasis in Colombia. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 94, 661–663.
- Villarreal, H. (2023).** Shrimp farming advances, challenges, and opportunities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(5), 1092–1095. <https://doi.org/10.1111/jwas.13027>
- WoRMS, E. B. (2025).** *World Register of Marine Species*. <https://doi.org/10.14284/170>



- Wurmann, C. G., Madrid, R. M., & Brugger, A. M. (2004).** Shrimp farming in Latin America: Current status, opportunities, challenges and strategies for sustainable development. *Aquaculture Economics & Management*, 8(3–4), 117–141. <https://doi.org/10.1080/13657300409380358>
- Zambrano, R., Coello, D., & Herrera, M. (2023).** Bycatch in an experimental fishery for Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*, Nototheniidae) in Ecuadorian oceanic waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 103, e73. <https://doi.org/10.1017/S0025315423000632>
- Zambrano, R., & Meiners, C. (2018).** Notas sobre taxonomía, biología y pesquería de *Ucides occidentalis* (Brachyura: Ocypodidae) con énfasis en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 25(1), 055. <https://doi.org/10.15381/rpb.v25i1.13821>
- Zambrano, R., & Olivares, S. (2020).** Alometría y madurez sexual morfométrica de *Cardisoma crassum* (Decapoda: Gecarcinidae) en la costa continental norte de Ecuador. *Geomare Zoologica*, 2(2), 25–33.
- Zambrano, R., & Ramos, J. (2020).** Relative growth of *Menippe frontalis* (Crustacea: Brachyura) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador, by multi-model approach. *Nauplius*, 28. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020030>
- Zambrano, R., & Ramos, J. (2021).** Alien crustacean species recorded in Ecuador. *Nauplius*, 29, e2021043. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2021043>
- Zambrano, R., & Solano, F. (2018).** Análisis de las capturas de cangrejo rojo de manglar (*Ucides occidentalis*) en el Golfo de Guayaquil-Ecuador durante el 2013. *Revista Ciencias Del Mar y Limnología*, 18(2), 72–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.31876/rcm.v12i2.42>
- Zúñiga, A., & Zambrano, R. (2023).** Los cangrejos de montaña (Pseudothelphusidae: Hypolobocera) en el neotrópico. *The Biologist (Lima)*, 21(2), 187–194.



Revista CIMAR UAS

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

ISSN (en trámite)

 Revisión Científica



Fortalezas, debilidades e impacto de las investigaciones de los científicos sinaloenses con énfasis en las ciencias del mar

Strengths, weakness, and impact of the research published by the Sinaloa scientists with emphasis on the marine sciences

latindex



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

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

 1. Federico Páez Osuna

 0000-0002-1579-817X

Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Joel Montes Camarena s/n, Mazatlán 82040, Sinaloa, México.

Autor de correspondencia: paezos@ola.icmyl.unam.mx



Fortalezas, debilidades e impacto de las investigaciones de los científicos sinaloenses con énfasis en las ciencias del mar

Strengths, weakness, and impact of the research published by the Sinaloa scientists with emphasis on the marine sciences

▶ RESUMEN

Se presenta una síntesis sobre cuánto y dónde publican sus investigaciones los científicos sinaloenses a partir de las revistas publicadas dentro y fuera de México registradas en la base de datos Elsevier Scopus. En el mismo contexto, también se discuten brevemente las áreas que más investigan, quién financia o patrocina dichas investigaciones, los tópicos de mayor liderazgo y, en el caso del investigador en ciencias del mar, qué temas han tenido más impacto y qué grupo de organismos han sido los más y menos estudiados durante los últimos 45 años. Esta información es valiosa para identificar las fortalezas y debilidades de las diversas líneas de investigación, lo que puede permitir a las autoridades, instituciones y grupos de investigación tomar decisiones informadas para la creación, promoción, revisión, consolidación o priorización de determinadas áreas del conocimiento.

Palabras clave: Acuicultura; Investigaciones científicas; Agricultura; Factor de impacto



► ABSTRACT

A synthesis is presented of how many and where scientists from Sinaloa publish their research based on the journals published inside and outside of Mexico registered in the Elsevier Scopus database. In the same context, the areas that are most researched are also briefly discussed, who finances or sponsors such research, the topics of greatest leadership, and in the case of the marine sciences researchers, which topics have had the greatest impact, and which group of organisms have been the most and least studied during the last 45 years. This information is valuable for identifying the strengths and weaknesses of various research lines, enabling authorities, institutions, and research groups to make informed decisions on creating, promoting, reviewing, consolidating, or prioritizing specific areas of knowledge.

Keywords: Aquaculture; Scientific research; Agriculture; impact factor

► INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XIX e inicios del siglo XX algunas mentes brillantes como Louis Pasteur e Irène Joliot-Curie hicieron notar la importancia de la ciencia como verdadero motor del progreso, el primero al afirmar que *“La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de todo progreso”* y la segunda señalando que *“La ciencia es fundamento de todo progreso, mejora la vida humana y alivia el sufrimiento”* (Páez-Osuna, 2017). Actualmente, aunque no seamos capaces de percibirlo todavía, la ciencia y la tecnología nos han permitido poblar el planeta como jamás había ocurrido. Hemos rebasado recientemente los ocho mil millones de habitantes. No es poca cosa dotarles de alimento, energía, hogares, transporte, comunicaciones, entretenimiento, medicina, ropa, etc. Sin embargo, vivimos en un mundo “desigual” donde, como lo resalta Cerejido (1997), *“trabajamos utilizando máquinas que inventaron ellos, viajamos en vehículos que ellos diseñaron, nos curamos, entretenemos y matamos con medicinas, televisores y armas que desarrollan ellos”* ¿Quiénes son ellos? No queda duda, son los países más ricos, los que tienen más



tecnología, más innovaciones, los que invierten más y “adecuadamente” en ciencia y tecnología.

México al igual que muchos otros países en desarrollo invierte muy poco en ciencia y tecnología, además carecemos de un aparato u organismo eficiente que acople el conocimiento generado con los usuarios potenciales. Esto se debe a una variedad de razones, entre ellas, a la falta de tradición científica en nuestro país, carencia de políticas adecuadas de largo alcance, pero sobre todo a que somos una sociedad en general desinteresada en la ciencia, que desconoce el enorme bienestar que esta puede representar para nosotros (INEGI, 2011).

A pesar de este escenario, la ciencia en México ha avanzado y ello se refleja, aunque en menor escala, en los estados. En México, Sinaloa ocupa el lugar 18 en el PIB per cápita (INEGI, 2023), mientras que la Ciudad de México y Nuevo León aparecen en primer y segundo lugar, respectivamente. Estados como Guerrero, Oaxaca y Chiapas están al final. Por otra parte, si revisamos el número de investigadores por cada 10,000 habitantes (SNI, 2025) Sinaloa ocupa el lugar 17, y nuevamente aparece la Ciudad de México a la cabeza y los estados de Chiapas y Guerrero al final. Hay una correspondencia entre el PIB per cápita y el número normalizado de investigadores, que ocurre también globalmente entre países.

A continuación, con el objeto de profundizar sobre la actividad científica en Sinaloa, se presenta una síntesis de cuánto y dónde publican sus investigaciones los académicos sinaloenses, entendidos como cualquier autor que tiene como afiliación una institución académica de Sinaloa. Adicionalmente, se discute brevemente las áreas que más investigan, su financiamiento, el liderazgo y, finalmente, qué grupo de organismos han sido los más estudiados por los investigadores de las ciencias del mar durante los últimos 45 años.



► MATERIALES Y MÉTODOS

La información empleada fue obtenida a partir de una búsqueda hecha en la base de datos Elsevier Scopus, directamente en la sección “Documents” utilizando en la opción “affiliation” la palabra “Sinaloa” sin limitar la fecha. Esta búsqueda se realizó el 6 y 29 de enero 2025. En un subsecuente paso se examinó a qué institución estaban afiliados los autores de dichos documentos utilizando la opción “Analyze results”.

Enseguida se procedió a examinar las revistas donde fueron publicados dichos artículos (“Documents per year by source”); luego se investigó el área o campo y las organizaciones o instituciones que patrocinaron o financiaron las investigaciones que dieron lugar a dichos artículos (“Documents by funding sponsor”). Otro aspecto que se investigó es el impacto de dichas publicaciones mediante el número de citas en la propia base de datos Scopus. Para ello se aprovechó la herramienta que permite ordenar la información de acuerdo con el mayor número de citas por tema (“Cited by (highest)”). Finalmente, se hizo un ejercicio específicamente enfocado hacia el área de la biología y las ciencias del mar, eligiendo la herramienta para refinar dentro de la propia búsqueda como “Refine search” y “Search within results” empleando palabras clave de organismos como “peces”, “camarones”, “moluscos”, “mamíferos marinos”, “aves”, “tiburones”, “esponjas”, arrecifes, etc.

► DISCUSIÓN

La búsqueda en Scopus arrojó un listado de 7,285 documentos, siendo la gran mayoría artículos científicos (6229 artículos formales, 85.5 %), 5.4% artículos de conferencias, 3.8% artículos de revisión, 2.8% capítulos de libro, 1.1% notas, 0.6% cartas editoriales, 0.3% fe de erratas, 0.3% editoriales y 0.2% encuestas. Lo primero que se podría uno preguntar es si este número es alto o bajo. Para ello se optó por hacer una comparación con el acumulado de otras entidades federativas considerando solamente a las que tienen una población similar a la de Sinaloa; es el caso de (Statista, 2025): Baja California (~4.0 millones (M) de habitantes), Tamaulipas (~3.7 M), Guerrero (~3.6 M), Coahuila (~3.3



M), Hidalgo (~3.2 M), Sonora (~3.1 M), Sinaloa (~3.1 M) y San Luis Potosí (~2.9 M). Para cada uno de estos estados Scopus mostró un registro de 15,783, 5,538, 3,125, 6,838, 18,260, 12,631, 7,285 y 16,268 artículos, respectivamente. Sinaloa muestra un número intermedio por debajo de Baja California, Hidalgo, Sonora y San Luis Potosí, y superior a Coahuila, Tamaulipas y Guerrero. Para dar una idea más clara de la magnitud respecto a otras regiones del mundo, el acumulado publicado de California fue de 2,164,703, Barcelona 496,394, Río de Janeiro 225,474 y Santa Catarina 67,911. En Centroamérica, Costa Rica tuvo 26,195, Guatemala 7,607 y Honduras 4,338. Sinaloa está muy por debajo (~300 veces) de California, considerada una potencia tecnológica y científica por sus grandes innovaciones y premios Nobel. También por debajo de Santa Catarina, unidad federativa de la región sur brasileña, o como un pequeño país como Costa Rica. Los números de Sinaloa son similares a los de Guatemala.

Es importante señalar que Scopus sólo registra aquellos artículos publicados en revistas indizadas, esto es que, omite artículos publicados en revistas de circulación local o regional que no están registrados por dicha base de datos. Hay numerosos artículos publicados que no están considerados. De cualquiera manera, estos números proporcionan algunos indicadores interesantes de las tendencias de los últimos cuarenta y cinco años. Antes de 1996 el número de artículos publicados por año por investigadores sinaloenses registrado en Scopus era menor a 15, lo cual se debió a que gran parte del material se publicaba en revistas locales o nacionales y al bajo número de investigadores dedicados a escribir artículos científicos. A partir de 2002 se observa un aumento en la tasa de producción de artículos por año, de 63 pasó a 111 artículos en 2007, luego continuó hasta un máximo de 598 artículos en 2023 (Figura 1).

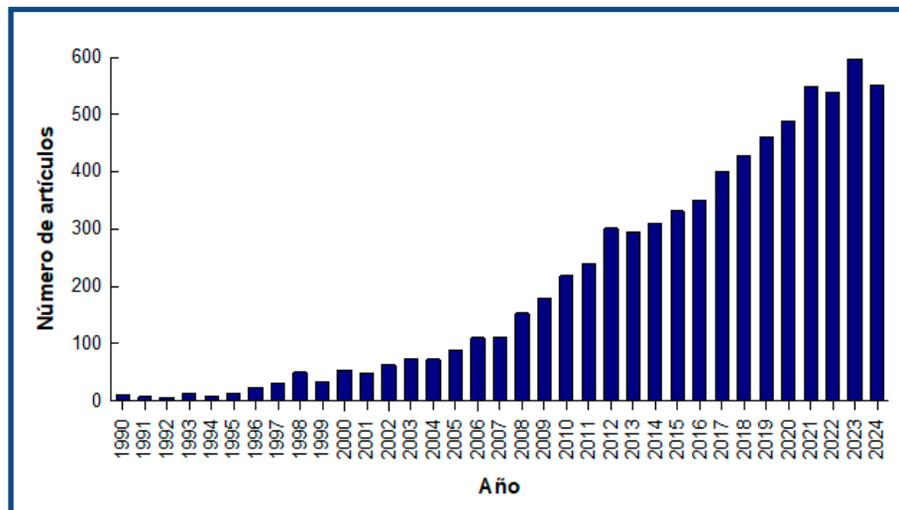


Figura 1. Número de artículos publicados registrados en Scopus (2025) por autores con afiliación “Sinaloa” hasta enero 6 de 2025.

En los últimos años ha aumentado la tasa anual de publicaciones de los investigadores sinaloenses (Figura 1). Este indicador muestra que hay una tendencia ascendente en la tasa anual de publicaciones, lo cual es una noticia alentadora. Sin embargo, esta tendencia hay que analizarla con precaución debido a que simplemente se puede deber a que ha crecido la planta académica durante los últimos 45 años, pero no la productividad de los investigadores.

De los 7,285 artículos registrados en Scopus, encontramos que sus autores tienen como institución de afiliación en primer lugar a la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) con 4,733 artículos (65%), luego la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con 1,833, y en tercer término el Instituto Politécnico Nacional (IPN) con 1,095. El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) aparece con 853 y el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) con 758. Las instituciones extranjeras mayormente representadas son la Panjab University (650 registros), el Centre National de la Recherche Scientifique (634), y la Université Paris-Saclay (615).

Respecto a las revistas donde publican los investigadores sinaloenses, lo primero que se observa

Tabla 1. Número de artículos publicados por investigadores con afiliación “Sinaloa” en las principales revistas registradas en Scopus (2025) durante el periodo 1984-2025.

Revista	Número	Factor de impacto*
Physics Letters Section B Nuclear	153	4.3
Physical Review Letters	116	8.6
Journal of High Energy Physics	110	5.0
Latin American Journal of Aquatic Research	88	0.5-0.8
Southwestern Entomologist	81	0.4
Aquaculture	76	3.9
Crustaceana	76	0.6
European Physical Journal C	74	4.2
Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	69	2.7
Zootaxa	60	0.8
Aquaculture Research	55	2.2
Physical Review C	53	3.2
Plant Disease	53	4.4
Revista de Biología Marina y Oceanografía	52	0.5-0.6
Revista de Biología Tropical	51	0.8
Marine Pollution Bulletin	50	5.3
Ciencias Marinas	49	0.5
Physical Review D Particles Fields	49	inactiva
Hidrobiológica	45	0.2-0.3
Ginecología y Obstetricia de México	41	0.15
Revista Mexicana de Biodiversidad	41	0.3-0.9

* tomado de 2022 o 2023 de la información dada en la página web de cada revista.

es que hay una gran variedad de ellas (Tabla 1), sobresaliendo en primer lugar tres de Física (*Physics Letters Section B*, *Physical Review Letters* y *Journal of High Energy Physics*). De ciencias del mar y biología la mayoría de los artículos fueron publicados en *Latin American Journal of Aquatic Research*, *Aquaculture*, *Crustaceana* y *Zootaxa*. 24 artículos fueron publicados en *The Lancet* y *Nature* revistas de alto impacto, lo cual es altamente meritorio. Los artículos registrados en Scopus publicados por investigadores sinaloenses en su mayoría (23.0%) son de las áreas de agricultura y ciencias biológicas (2,803 artículos), física y astronomía (1,109; 9.1%), medicina (1,051; 8.6%) y ciencias ambientales (1,043; 8.5%). En las ingenierías (786), ciencias sociales (415), ciencias computacionales (542), química (470), y otras (395) contaron con menos del 5% cada una. Las ciencias del mar están comprendidas dentro de las ciencias biológicas y las ciencias ambientales y no aparecen separadas, sin embargo, se puede estimar que entre un 6.0 y 7.0% corresponde a este campo.



Es importante resaltar el rol que en los pasados 45 años han jugado las organizaciones e instituciones financiadoras de los proyectos de investigación de los científicos sinaloenses. En relación con el patrocinio de las investigaciones han derivado en artículos registrados en Scopus con afiliación Sinaloa, en primer lugar aparece el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con 1,645 documentos (~23%), UK Research and Innovation (560), Science and Technology Facilities Council (522) y Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (483). Otros patrocinadores nacionales importantes son Universidad Nacional Autónoma de México (406), Universidad Autónoma de Sinaloa (387) y la Secretaría de Educación Pública (51).

Una parte de la producción científica de los investigadores sinaloenses con mayor impacto (más citas), está publicada en revistas de alto impacto como *The Lancet*, *JAMA* y las revistas de Física. Lo cual tiene tres características importantes: (i) abordan temas de frontera como el cáncer y otras enfermedades; (ii) estudian la materia mediante técnicas altamente avanzadas (gran colisionador de iones, detectores de barril central, espectrómetro de muones, etc.); y (iii) participan una cantidad extraordinariamente alta de autores (> 100 o 1000 autores). Por ello se identificó una gran cantidad de europeos como autores de los artículos registrados con afiliación Sinaloa. Dentro del marco de colaboración ALICE (A Large Ion Collider Experiment) se han generado ~573 artículos en Scopus con afiliación Sinaloa. ALICE se refiere a un “Experimento con un gran colisionador de iones” que posee un detector dedicado a la física de los iones pesados que opera con el gran colisionador de hadrones de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en francés), en la cual opera el laboratorio de Física más grande del mundo y esencialmente investiga la estructura fundamental de las partículas de la materia. Es importante que varios sinaloenses hayan sido y continúen siendo colaboradores de ALICE. Sin embargo, para Sinaloa sería trascendental divulgar los resultados derivados de tales colaboraciones.

Otra parte importante de la producción registrada corresponde al campo de las enfermedades, y que están entre los artículos más citados, sobresaliendo los artículos publicados en *The Lancet* y *JAMA* (*Journal of*



the American Medical Association). El número de autores en ocasiones excede los 500 o 1000 debido a la coordinación global en el llamado “Global Burden of Disease” que comprende diferentes tópicos como: Cancer 2019, Cardiovascular Diseases Writing Group, Neurology 2016, Stroke 2019, Dementia Forecasting 2019, Blindness Causes 2019, Demographics 2019, y Diabetes 2021. En Scopus hay un registro de ~260 artículos comprendidos en esta categoría, que sumados a los de ALICE dan un total de 833, lo que revela que el investigador sinaloense tiene una gran capacidad de colaboración. Sin embargo, lo que llama la atención, en este y el de ALICE, es que no se observa entre los autores líderes a colegas sinaloenses formando parte de dichos artículos. Esperemos que esto cambié en los próximos años y las colaboraciones sean más activas y mejor aprovechadas.

Más allá de los temas de ciencia de frontera, que por su naturaleza son a veces masivos, los resultados de la búsqueda permiten evidenciar liderazgos de los investigadores sinaloenses en algunos temas “ordinarios”. En el tema de tecnología de alimentos aparecen tres artículos con 1,067, 566, y 549 citas que abordan el tema de los pigmentos naturales, una técnica analítica mejorada, y la extracción y producción de compuestos bioactivos utilizados como nutraceuticos e ingredientes de alimentos. En ciencias del mar aparecen cuatro artículos con 514, 480, 422, y 368 citas, respectivamente, que abordan el tema del manejo y conservación de las tortugas marinas, las pesquerías de la sardina y anchoveta y el empleo de probióticos en el cultivo de organismos acuáticos larvarios. Por su parte, en el área de agricultura emergen dos artículos con 410 y 418 citas que abordan la simbiosis de ciertos arbustos para aumentar la resistencia a las enfermedades y otro sobre el desarrollo de antioxidantes como mecanismo de defensa de las plantas. Estos indicadores revelan el liderazgo de nuestros investigadores en dichos campos, lo cual es digno de resaltar.

Cuando se afina la búsqueda se puede observar, por el número de citas, que las investigaciones sobre ciencias del mar se publican principalmente en las siguientes revistas (Tabla 2): *PLoS ONE*, *South African Journal of Marine Science*, *Aquaculture*, *Applied and Environmental Microbiology*

Tabla 2. Principales revistas de acuerdo al mayor número de citas de los artículos donde se publican las investigaciones en ciencias del mar por investigadores con afiliación “Sinaloa” registradas en Scopus (2025).

Revista	Número de citas	Factor de impacto*
PLoS ONE	517	2.9
South African Journal of Marine Science	480	1.4
PLoS ONE	424	2.9
Aquaculture	368	3.9
Aquaculture	339	3.9
Applied and Environmental Microbiology	305	3.9
Environmental Management	284	2.7
Environmental Chemistry Letters	271	15.0
Global Change Biology	264	10.8
Progress in Oceanography	236	3.8
Environmental Chemistry Letters	221	15.0
Landscape and Urban Planning	193	7.9
Microbiology	186	1.3
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	183	9.4
Estuarine, Coastal and Shelf Science	182	2.6

* tomado de 2022 o 2023 de la información dada en la página web de cada revista.

y *Environmental Management*. Mientras que por el mayor número de artículos publicados sobresalen (Tabla 1): *Latin American Journal of Aquatic Research*, *Aquaculture*, *Crustaceana*, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *Zootaxa*, y *Aquaculture Research*. Todas estas revistas de circulación internacional, luego aparecen tres revistas nacionales (con editores y comités editoriales mexicanos) con un número importante de artículos publicados: *Ciencias Marinas*, *Hidrobiológica* y la *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Esto revela que las líneas de investigación que desarrollan los investigadores que han trabajado durante los últimos cuarenta y cinco años han sido temas que publicaron predominantemente en revistas la mayoría de biología, oceanografía y contaminación.

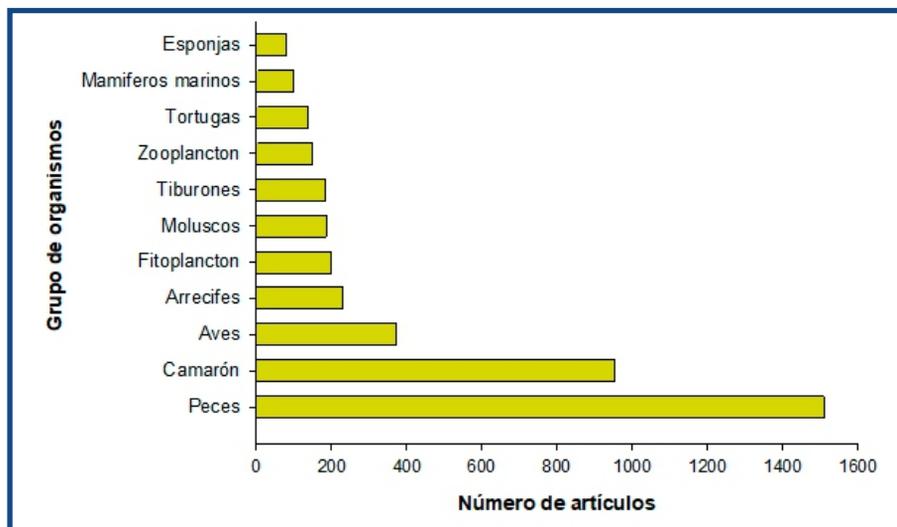


Figura 2. Número de artículos publicados registrados en Scopus (2025) para autores con afiliación “Sinaloa” ordenados de acuerdo al grupo de organismos estudiado.

Los organismos que aparecen más frecuentemente en las publicaciones y por tanto, probablemente sean los más estudiados son: peces (1502) y camarones (950), finalmente están las esponjas, mamíferos marinos y tortugas (Figura 2). En conclusión, durante los últimos 45 años la contribución de los investigadores de ciencias del mar sinaloenses ha sido significativa en la conservación de tortugas marinas, la acuicultura, taxonomía y pesquerías. Por el número de artículos la incidencia ha sido mayor en el estudio de peces y camarones, en los cuales se ha investigado principalmente la dinámica de poblaciones, enfermedades, tipos y mejoras de cultivos. En contraste, se observan limitados estudios sobre otros campos interesantes de las ciencias del mar como la microbiota intestinal, genética, biología molecular y ecotoxicología de contaminantes emergentes. Los cuales han comenzado a estudiarse recientemente por lo que su impacto seguramente va a verse reflejado dentro de la siguiente década.

Para los próximos veinte años tendrán que ser considerados varios retos por la comunidad científica sinaloense y el sistema gubernamental de ciencia y tecnología estatal y federal. Se requiere incrementar y consolidar el número de grupos científicos capaces de resolver los problemas importantes del país en materia de salud, agua, alimentos y sustentabilidad ambiental. Por otra parte, la importancia de publicar en revistas internacionales indizadas con alto factor de impacto no se puede



dejar de lado pues es una forma de garantizar la calidad de los estudios y contribuir al desarrollo de la ciencia en México. Sin embargo, también es necesario crear e impulsar a las revistas científicas mexicanas para dar a conocer las investigaciones sobre las problemáticas regionales siempre y cuando se asegure la calidad de dichas investigaciones.

► LITERATURA CITADA

- Cereijido, M. (1997).** Por qué no tenemos ciencia. Serie Umbrales de México. Cultura y Sociedad. Siglo XXI Editores, México D.F., 165 pp.
- INEGI. (2011).** Encuesta sobre la percepción de la ciencia y tecnología en México. 131 pp.
- INEGI. (2023).** Producto interno bruto por entidad federativa (PIBE) 2022. Comunicado de prensa número 774/23, 7 de diciembre de 2023.
<https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/PIBEF/PIBEF2022.pdf>. [Consultada el 6 de enero 2025].
- Páez-Osuna, F. (2017).** Saber, dudar e innovar. 2da edición, Culiacán, Sinaloa, El Colegio de Sinaloa, Universidad Politécnica de Sinaloa. 117 pp.
- Scopus. (2025).** <https://www-scopus-com.pbidi.unam.mx:2443/search/form.uri?display=basic#basic>. [Consultada el 12 de diciembre 2024].
- SNI. (2025).** Sistema Nacional de Investigadores. <https://datos.gob.mx>. [Consultada el 12 de diciembre 2024].
- Statista. (2025).** <https://es.statista.com/estadisticas/575948/numero-de-personas-en-mexico-por-entidad-federativa/>. [Consultada el 13 de diciembre 2024].