

ISSN 1659-455X

REVMAR

REVISTA CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

VOLUMEN 14(2)





Maestría en Ciencias Marinas y Costeras



REVMAR

REVISTA CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS



**Rector:** Francisco González Alvarado**Comité Editorial Revista Ciencias Marinas y Costeras****Director**

Ricardo Jiménez Montealegre Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica.

Editores

Nidya C. Nova Bustos Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica.

Miembros Nacionales

Luis A. Villalobos Chacón Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica.
Luis M. Sierra Sierra Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica.
Maurizio Protti Quesada Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica.
Daniel A. Ballesterio Sakson Departamento de Física, Universidad Nacional, Costa Rica.
Jorge Cortés Núñez Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica.
Álvaro Morales Ramírez Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica.

Miembros Internacionales

Aida C. Hernández-Zanuy Instituto de Oceanología, Agencia de Medio Ambiente, CITMA, Cuba.
Pedro M. Alcolado Instituto de Oceanología, Agencia de Medio Ambiente, CITMA, Cuba.
Silvia Salas Márquez CINVESTAV-Mérida, México.
José L. Carballo Cenizo Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM), México.
Gabriel Márquez Couturier Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.
Juan Antonio Baeza Universidad Católica del Norte de Chile, Coquimbo, Chile.
M. Soledad Fuentes Postdoctoral Associate, National Oceanic and Atmospheric Administration.
Carlos Jara Instituto de Zoología, "Ernst F. Kilian", Universidad Austral de Chile.
Anelio Aguayo-Lobo Instituto Antártico Chileno. INACH.
Georgina A. Rivera-Ingraham Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Alemania.
Galdy Hernández Zárate Instituto Tecnológico de Boca del Río, Boca del Río, Veracruz, México.
Jorge Eduardo Zamora Castro Instituto Tecnológico de Boca del Río, Boca del Río, Veracruz, México.
Allyse Ferrara Department of Biological Sciences, Nicholls State University.
Quenton Fontenot Department of Biological Sciences, Nicholls State University.
Esteban Fernando Félix Pico Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR-IPN, México.
Francisco J. Ocampo Torres Oceanografía Física, CICESE, Ensenada, México.
Néstor Hernando Ocampo CECIMAR, Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe, Santa Marta, Colombia.
Julio Lamilla Gómez Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile.

Consejo Editorial de la Universidad Nacional

Dra. Iliana Araya Ramírez, Presidenta
Dr. Francisco Vargas Gómez, Secretario
Dr. Jorge Herrera Murillo
Dr. Marco Vinicio Méndez Coto
M.Sc. Patricia Vásquez Hernández
M.A. Erick Álvarez Ramírez
Licda. Andrea Morales Méndez

Producción editorial: Marianela Camacho

578.77

R454r

Revista Ciencias Marinas y Costeras / Maestría en Ciencias Marinas y Costeras y Escuela de Ciencias Biológicas. Heredia, C.R. : EUNA, 2021.
v.1: il. ; 25 cm.

ISSN 1659-455X
Semestral

1. BIOLOGÍA MARINA. 2. ECOLOGÍA EVOLUCIÓN. 3. OCEANOGRAFÍA. 4. RECURSOS MARINOS. 5. GEOLOGÍA MARINA. 6. SEDIMENTOS MARINOS. 7. TAXONOMÍA. 8. BIOTECNOLOGÍA. 9. CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS.
I. Título.

Dirección postal para canje:**Revista Ciencias Marinas y Costeras**

Escuela de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional

Apartado 86-3000, Heredia, Costa Rica.

Telefax: (506)2277-3438. Tel: (506)2277-3480

Página Web: www.una.ac.cr/revmarCorreo electrónico: revmar@una.ac.crrevcienmarycos@gmail.com

CONTENIDO

Contaminación por microplásticos en manglares y playas del área marina protegida de Cispata, Caribe colombiano Microplastic pollution in mangroves and beaches of the Cispata marine protected area, Colombian Caribbean Coast <i>Ostin Garcés Ordóñez</i>	9-25
First record of the Fiddler Crab, <i>Minuca osa</i> from the Eastern Montijo Gulf, Panama Primer reporte del cangrejo violinista, <i>Minuca osa</i> en el oriente del golfo de Montijo, Panamá <i>Roberto C. Lombardo-González</i>	27-35
Sistema de información geográfica para la planificación de expediciones marinas en el archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba Geographic information system to plan marine expeditions in the Sabana-Camagüey archipelago, Cuba <i>Alder Luis León-Brito, Claudia Bustamante-López1 y Lisadys Bárbara Dulce-Sotolongo</i>	37-58
Nuevos registros y datos morfométricos y merísticos del conejo de hondura, <i>Sphoeroides pachygaster</i> (Tetraodontiformes: Tetraodontidae), en el suroeste del golfo de México New records and morphometric and meristic data of the blunthead puffer, <i>Sphoeroides pachygaster</i> (Tetraodontiformes: Tetraodontidae), from southwestern Gulf of Mexico <i>Luis Fernando Del Moral-Flores & Alondra Jazmín Castro-Martínez</i>	59-70
Picnogónidos (Arthropoda: Pycnogonida: Pantopoda) de la bahía de Banderas, Pacífico mexicano Pycnogonids (Arthropoda: Pycnogonida: Pantopoda) from the Banderas Bay, Mexican Pacific Coast <i>Alejandrina Villatoro-Ortiz y Patricia Salazar-Silva</i>	71-90
<i>Pentaceraster cumingi</i>, nuevo registro de estrella de mar (Asteroidea) para el Pacífico salvadoreño <i>Pentaceraster cumingi</i>, new record of starfish (Asteroidea) for the Salvadoran Pacific <i>María Fernanda Ramos-Cáceres y Johanna Segovia-Prado</i>	91-97
Instrucciones a los autores	99-129

Presentación

La Universidad Nacional de Costa Rica tiene una trayectoria de casi 30 años en el campo de las Ciencias Marinas, elaborando documentos científicos, pero con limitadas opciones de proyección del conocimiento en el campo marino. En respuesta a la necesidad de ofrecer a los investigadores nacionales e internacionales un espacio de divulgación científica de alto nivel, de publicación anual y de amplia visión, surge la creación de la *Revista Ciencias Marinas y Costeras (REVMAR)*. El propósito de esta es incorporar publicaciones originales relacionadas con las ciencias marinas, tales como: biología, geología y ecología marina, evolución, sistemática y taxonomía de los organismos marinos, oceanografía, contaminación, pesquerías, maricultura, biotecnología marina, conservación y manejo integrado de los recursos marinos y costeros. La *REVMAR* se ofrecerá de forma impresa anualmente, con su correspondiente versión digital en su sitio web, elaborado convenientemente para esos efectos. La Revista cuenta con un Comité Editorial constituido por investigadores (as) de diferentes instituciones de América Latina, que tienen un gran prestigio intelectual en el campo de las ciencias marinas y costeras y son los (as) encargados (as) de velar por la calidad científica de los trabajos que se publiquen.

Contaminación por microplásticos en manglares y playas del área marina protegida de Cispatá, Caribe colombiano

Microplastic pollution in mangroves and beaches of the Cispatá marine protected area, Colombian Caribbean Coast

*Ostin Garcés Ordóñez^{1, 2, 3 *}*



RESUMEN

Los microplásticos son contaminantes emergentes con una distribución global amplia y representan un riesgo para la biodiversidad y el sustento de comunidades humanas. Estas partículas son mayormente transportadas por los ríos desde el continente hacia los ecosistemas marino-costeros, en donde se acumulan y afectan su calidad ambiental. El objetivo de este estudio fue evaluar la contaminación por microplásticos en manglares y playas del área marina protegida de Cispatá, Caribe colombiano. En mayo de 2018, se seleccionaron tres estaciones en los manglares y dos en las playas turísticas, en donde se muestrearon microplásticos en el agua superficial y sedimentos, los cuales se identificaron visualmente bajo el estereoscopio, se contaron para determinar su abundancia y se clasificaron según sus formas. La abundancia de microplásticos fue mayor en los manglares (de 13 a 123 ítems/m³ de agua; de 72 a 1 668 ítems/m² o de 42 a 1 825 ítems/kg de sedimentos) en comparación con las playas (de 0 a 0.13 ítems/m³ de agua; de 8 a 36 ítems/m² de sedimentos). En ambos ecosistemas, las películas, las espumas y los fragmentos fueron las formas más comunes, relacionándose con la deficiente gestión de residuos domésticos, del turismo y la pesca en la zona. Este estudio aporta al conocimiento sobre la distribución, la abundancia y las características de los microplásticos en manglares y playas de la región, para generar conciencia ambiental sobre sus riesgos y promover acciones que permitan prevenir y mitigar sus impactos negativos, especialmente, en las áreas marinas protegidas.

Palabras clave: basura marina, contaminación marina, residuos plásticos, ecosistemas costeros, Colombia

- 1 Grupo de investigación Calidad Ambiental Marina, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, calle 25 #2-55 Rodadero, Santa Marta, Colombia. ostin.garces@invemar.org.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7942-0371>
- 2 Grupo de Recerca Consolidat en Geociencias Marinas, Departamento de Dinámica de la Tierra y del Océano, Universitat de Barcelona, C/ Martí Franquès s/n,08028, Barcelona, España. ostingarcés@ub.edu
- 3 Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - REDCAM, Santa Marta, Colombia.

**ABSTRACT**

Microplastics are emerging pollutants with a wide global distribution posing a risk to biodiversity and the livelihood of human communities. These particles are mostly transported by rivers from the inland to the marine-coastal ecosystems, where they accumulate and affect their environmental quality. The aim of this study was to evaluate microplastic pollution in mangroves and beaches of the Cispatá marine protected area, Colombian Caribbean coast. In May 2018, three stations in the mangroves and two stations on the tourist beaches were selected, where microplastics were sampled in surface water and sediments, as well as visually identified under a stereoscope, counted to determine their abundance, and classified according to their shapes. Microplastic was more abundant in mangroves (from 13 to 123 items/m³ of water; from 72 to 1 668 items/m² or from 42 to 1 825 items/kg of sediment) compared to beaches (from 0 to 0.13 items/m³ of water; from 8 to 36 items/m² of sediment). In both ecosystems, films, foams, and fragments were the most common shapes, being related to deficient management of domestic waste, tourism, and fishing in the area. This study contributes to the knowledge of microplastic characteristics, distribution, and abundance in mangroves and beaches in the region in order to raise environmental awareness about the risks and promote actions to prevent and mitigate the negative impacts, especially in marine protected areas.

Keywords: Marine litter, marine pollution, plastic debris, coastal ecosystems, Colombia

INTRODUCCIÓN

Los microplásticos (partículas <5 mm) son una subcategoría de la basura marina plástica considerada un contaminante emergente, y sus riesgos ambientales son un campo activo de investigación (Auta *et al.* 2017). Estas partículas tienen una distribución global amplia, están afectando a diversas especies y son amenazas para los ecosistemas y el sustento de las comunidades costeras (Wright *et al.* 2013; Antão-Barboza *et al.* 2018).

El conocimiento de la distribución, la abundancia y las características de los microplásticos en los ecosistemas es importante para generar conciencia ambiental sobre sus riesgos y promover acciones que permitan prevenir y mitigar sus

impactos negativos en el corto, mediano y largo plazo (Li *et al.* 2016; Löhr *et al.* 2017; Kutralam-Muniasamy *et al.* 2021).

En las zonas costeras se desarrollan ecosistemas proveedores de servicios ambientales que influyen en el bienestar de las comunidades humanas (Moberg & Rönnbäck 2003; Link & Borchert, 2015). Para proteger a largo plazo y usar sosteniblemente los elementos naturales de estos ecosistemas, se han definido espacios geográficos que albergan rasgos de biodiversidad sobresalientes en la escala regional, nacional o global, o tienen objetivos de conservación definidos, llamados áreas marinas protegidas (AMP) (Day *et al.* 2012).

A pesar de su protección, las AMP se han visto contaminadas por

microplásticos que provienen de las actividades humanas en zonas aledañas o por las corrientes marinas, y diferentes estudios han reportado abundancias de estas partículas en aguas, sedimentos, y organismos (en sistema digestivo, órganos como branquias, gónadas y hojas, y en tejidos blandos, músculos o exoesqueletos) de las AMP en todo el mundo (Kutralam-Muniasamy *et al.* 2021; Garcés-Ordóñez *et al.* 2022a).

En la región de Latinoamérica y el Caribe se han reportado estudios en AMP de México (Rivera-Garibay *et al.* 2020; Celis-Hernández *et al.* 2021), Belice (Coc *et al.* 2021), Guatemala (Mazariegos-Ortiz *et al.* 2020), Costa Rica (Astorga-Pérez *et al.* 2022), Panamá (Delvalle *et al.* 2020), Colombia (Garcés-Ordóñez *et al.* 2019; 2022b), Ecuador (Jones *et al.* 2022), Brasil (Lorenzi *et al.* 2021), Chile (Rech *et al.* 2018) y Argentina (Díaz-Jaramillo *et al.* 2021), por citar algunas investigaciones.

El distrito de manejo integrado de Cispata es un AMP ubicada en la costa Caribe colombiana (Fig. 1), en donde se localizan los manglares más extensos y mejor conservados de esta región del país y en su área aledaña están las playas de mayor importancia turística del departamento de Córdoba (CVS & INVEMAR, 2010). Estos ecosistemas son el hábitat de crianza de especies pesqueras; proveedores de alimentos; zonas recreativas; protectores y estabilizadoras de la costa; entre otras funciones ecológicas (Medina-Contreras *et al.*

2020; 2021), y se han visto afectados por basuras plásticas (Garcés-Ordóñez *et al.* 2020a).

El río Sinú es receptor de residuos domésticos e industriales y desemboca en el área protegida de Cispata, siendo una vía de transporte de los plásticos y otros contaminantes desde el interior del departamento de Córdoba hasta la costa Caribe (Lebreton *et al.* 2017; Bayona-Arenas & Garcés-Ordóñez, 2018). Por la dinámica litoral, parte de esta basura generalmente, se acumula en las playas y los manglares (Harris *et al.* 2021), en donde se fragmentan por la exposición a la radiación solar y otros factores ambientales, generando microplásticos (Garcés-Ordóñez *et al.* 2020b; 2021).

Las preguntas de esta investigación fueron ¿cuál de estos ecosistemas de playas y manglares del área de Cispata, tiene mayor abundancia de microplásticos en sus aguas y sedimentos?, ¿cuáles son los principales tipos de microplásticos en estos ecosistemas?, y ¿cuáles serían sus fuentes probables?

El objetivo de este estudio fue evaluar la contaminación por microplásticos en manglares y playas del AMP de Cispata, Caribe colombiano. La información generada representa la línea base del conocimiento para la acción de las autoridades ambientales y comunidades locales que ayude a conservar estos ecosistemas de las AMP en las mejores condiciones posibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estaciones de muestreo. Se seleccionaron cinco estaciones de muestreo, de las cuales tres se situaron en las zonas de manglar (Mestizo, Boca

de Corea y Caño Lobo) y dos en las playas turísticas (Blanca y Manzanillo) del área de estudio (Fig. 1). Las características de estas estaciones se describen en el cuadro 1.

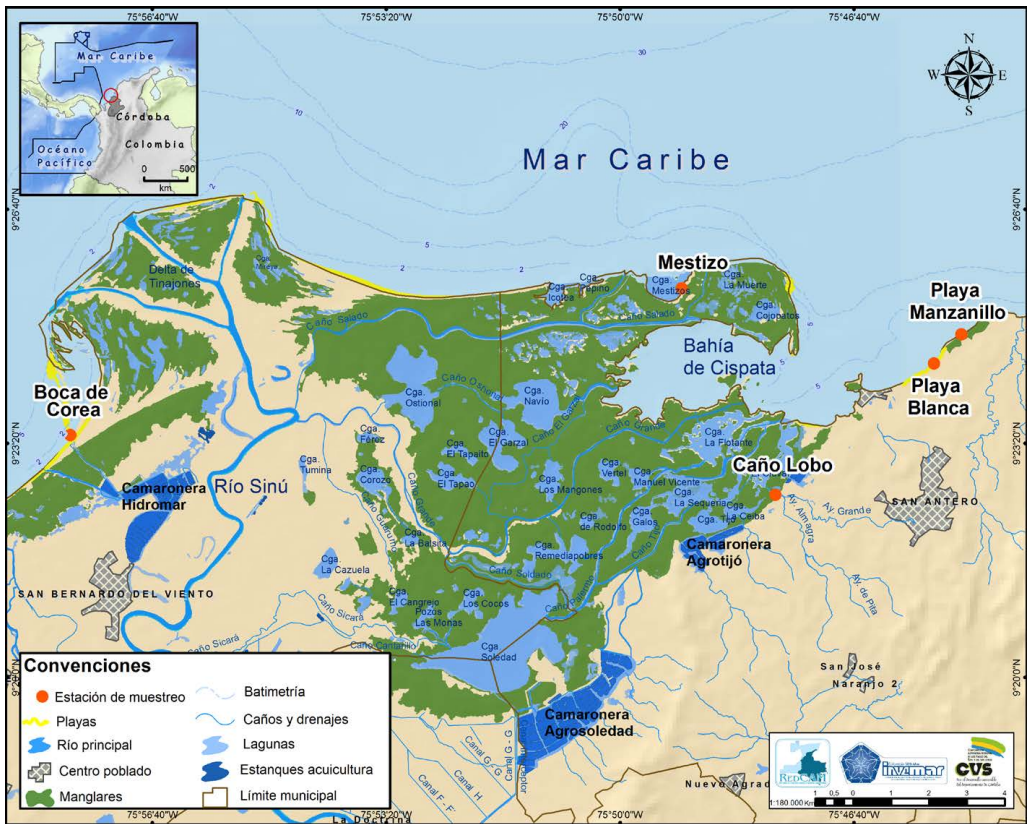


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de microplásticos en dos playas y tres zonas de manglar del área marina protegida de Cispata, departamento de Córdoba, Caribe colombiano

Fig. 1. Location of microplastic sampling stations in two beaches and three mangrove areas in Cispata marine protected area, Córdoba department, Colombian Caribbean coast

Cuadro 1. Coordenadas y descripción de las estaciones de muestreo de microplásticos en los manglares y las playas del área marina protegida de Cispata, Caribe colombiano

Table 1. Coordinates and description of the microplastic sampling stations in the mangroves and beaches of the Cispata marine protected area, Colombian Caribbean coast

Estación	Latitud N	Longitud W	Descripción
Mestizo	9°25.540'	75°49.119'	Manglares expuestos al mar Caribe alejada de la población, con presencia de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> . Densidad de plántula de 3 individuos/m ² . Suelo blando con poca inundación y presencia de neumatóforos y basuras. Dentro del área protegida.
Caño Lobo	9°22.600'	75°47.786'	Manglares en área urbanizada con presencia de <i>R. mangle</i> , <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> . Densidad de plántulas de 9 individuos/m ² . Suelo blando con poca inundación, abundantes neumatóforos, y presencia de macrobasuras. Desembocan arroyos intermitentes dependientes de precipitaciones. Se encuentran embarcaciones artesanales de pescadores. Dentro del área protegida.
Boca de Corea	9°23.453'	75°57.837'	Manglares en la desembocadura del río Sinú, con presencia de <i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> . Densidad de plántulas de 5 individuos/m ² . Suelo duro, sin inundación durante el muestreo. Presencia de algunas viviendas, Instalaciones de acuicultura y de basuras. Dentro del área protegida.
Playa Manzanillo	9°24.885'	75°45.134'	Playa arenosa turística alejada de la población, con presencia de embarcaciones de pesca artesanal y sin servicio de limpieza. Aledaña al área protegida.
Playa Blanca	9°24.473'	75°45.523'	Playa arenosa turística cercana a la población, con limpieza manual, canecas para basuras cada 30 m y espolones para contrarrestar la erosión. Aledaña al área protegida.

Para establecer las estaciones en los manglares se consideró el fácil acceso y su ubicación con mayor influencia del río Sinú (Boca de Corea), en el área interior del bosque aledaño a la población de San Antero (Caño Lobo) y en la costa (Mestizo); y para las de

playa se tuvo en cuenta su importancia turística y distancia del centro poblado (Cuadro 1). Las salidas de campo para recolectar las muestras de microplásticos en aguas superficiales y sedimentos en el área de estudio se realizaron del 7 al 10 de mayo del 2018.

Muestreo y aislamiento de microplásticos en agua y sedimentos de manglares. En las estaciones Boca de Corea y Caño Lobo, se recolectaron 150 L de agua superficial con un balde aforado en tres puntos a lo largo del borde del manglar-cuerpo de agua, y se tamizaron *in situ* en una red de 300 μm . El material retenido se transfirió en frascos de vidrio de 500 mL, se adicionaron 100 mL de NaClO al 10% para disolver la materia orgánica y facilitar su análisis. En el laboratorio, las muestras se examinaron directamente bajo el estereoscopio.

El muestreo de microplásticos en sedimentos de manglar, en las tres estaciones seleccionadas, se hizo con la metodología adaptada por [Garcés-Ordóñez et al. \(2019\)](#). En cada estación se establecieron tres cuadrantes de 50x50 cm distribuidos al azar, en donde se retiró cuidadosamente, el material vegetal de gran tamaño que cubría el suelo y se recolectaron las muestras de sedimentos superficiales hasta 5 cm de profundidad (~500 g).

En el laboratorio, las muestras se secaron en horno a 70°C entre 48-72 h y se determinó el peso seco. Posteriormente, se le adicionó una solución de $(\text{NaPO}_3)_6$ (2.5 g/L), para desagregar los granos finos, agitando por 10 min y dejándola reposar por 24 h. Posteriormente, las muestras se tamizaron en tamices de 5.0 y 1.0 mm y el material retenido en el tamiz de 1.0

mm se examinó directamente bajo el estereoscopio.

Muestreo y aislamiento de microplásticos en agua y sedimentos de playas turísticas. El muestreo de microplásticos en el agua superficial de las estaciones Mestizo, playa Blanca y playa Manzanillo se hizo considerando recomendaciones de [Kovač et al. \(2016\)](#). Se usó una red de plancton de 300 μm con medidor de flujo y flotadores, remolcada por una lancha pequeña durante 15 min. hasta 2 nudos de velocidad, en tres transectos paralelos a la costa. Los puntos de inicio y final de los transectos se georreferenciaron con un GPS-Garmin®. Las muestras recolectadas se transfirieron en frascos de vidrio con 100 mL de NaClO al 10%. En el laboratorio, las muestras se examinaron bajo el estereoscopio para separar los microplásticos.

El muestreo de microplásticos en la arena de las playas Banca y Manzanillo se realizó con la metodología adaptada por [Garcés-Ordóñez et al. \(2020c\)](#). En cada estación se establecieron tres transectos de 30 m paralelos a la costa, distribuidos en las zonas de marea baja, media y trasera de la playa. En cada transecto se establecieron tres cuadrantes de 50x50 cm, separados por 15 m entre sí, en donde se colectaron sedimentos superficiales (primeros 5 cm). Las muestras secas se tamizaron *in situ* con tamices de 5.0 y 1.0 mm; y las muestras húmedas se secaron y tamizaron en el laboratorio. El

material retenido en el tamiz de 1.0 mm se examinó bajo el estereoscopio para el aislamiento de los microplásticos.

Medidas de control y caracterización de los microplásticos. Durante el trabajo de campo se usó ropa de algodón y los elementos de muestreo se lavaron con agua destilada filtrada antes y después de cada colecta de muestra. En el laboratorio, las áreas de trabajo se limpiaron antes y después de los análisis, y se usaron herramientas metálicas y de vidrio. Se utilizaron recipientes testigos con agua destilada filtrada que permanecieron junto a la muestra durante el procedimiento para registrar posible contaminación en el laboratorio, las cuales se revisaron al terminar cada observación (Ory *et al.* 2018).

No se encontraron microplásticos en los rangos de tamaños considerados en este estudio (5-0.3 mm para aguas y 5-1 mm para sedimentos). Estos tamaños son de fácil identificación visual y permiten reducir los riesgos por confusión o sobreestimación por contaminación en el laboratorio, ya que las partículas (fibras principalmente) presentes en el aire interior, generalmente, son muy pequeños, <0.5 mm (Brander *et al.* 2020) o <0.3 mm (Prata *et al.* 2020).

Los microplásticos en las muestras de agua y sedimentos se identificaron visualmente bajo estereoscopio considerando la ausencia de estructuras celulares u orgánicas visibles, se

contaron y clasificaron según su forma en fragmentos, filamentos, películas, espumas, gránulos y pellets (Kovač *et al.* 2016).

Los datos fueron normalizados según el volumen de agua filtrada, área muestreada y masa, y se expresaron en microplásticos m⁻³ de agua superficial, en microplásticos m⁻² de sedimento de playa, en microplásticos m⁻² y microplásticos kg⁻¹ de sedimento del suelo de manglar en peso seco (p. s.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microplásticos en agua y sedimentos de manglares. En el agua superficial del manglar de Boca de Corea se determinó una abundancia de 123 microplásticos m⁻³ y en Caño Lobo de 13 microplásticos m⁻³ (Fig. 2A). La estación Boca de Corea se ubicó en un área de alta influencia del río Sinú, el cual es receptor de parte de los residuos domésticos generados por las poblaciones asentadas en sus riberas y, por tanto, es una fuente de basuras para la zona costera (Bayona-Arenas & Garcés-Ordóñez, 2018). Las películas fueron el tipo de microplásticos más abundantes en el agua, seguida de las espumas de poliestireno expandido (Fig. 2B).

En el sedimento de manglar se determinaron abundancias de 72 a 1 668 microplásticos/m² o de 42 a 1 825 microplásticos kg⁻¹ p. s. (Fig. 2C y D),

determinándose la mayor contaminación en Mestizo, un área costera expuesta a la basura que llega por deriva litoral. Los tipos de microplásticos más comunes fueron: las películas, los filamentos y las espumas de poliestireno

expandido (Fig. 2E). Estos se generan por fragmentación de artículos plásticos de mayor tamaño y se conocen como microplásticos secundarios (Fig. 3; *Auta et al.* 2017).

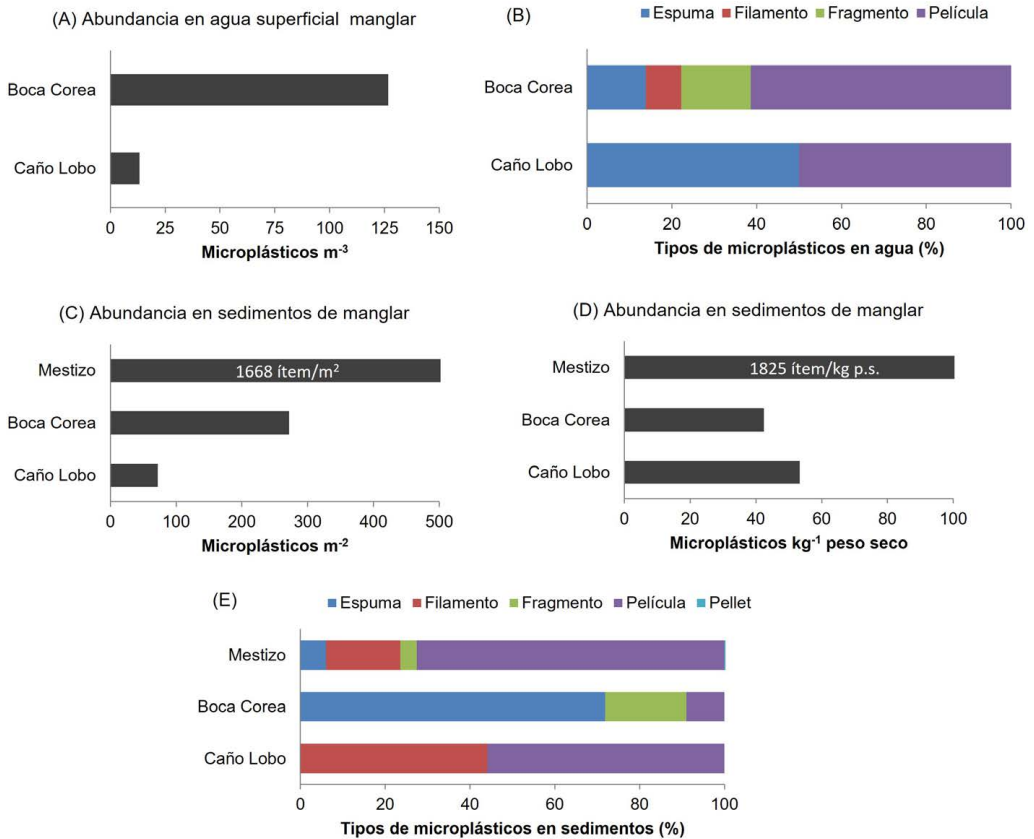


Fig. 2. Abundancia y proporción de los tipos de microplásticos en el agua (A y B) y en sedimentos (C, D y E) de los manglares del área marina protegida de Cispata, Caribe colombiano

Fig. 2. Abundance and percentage of microplastic types in water (A and B) and in sediments (C, D, and E) of the mangroves from the Cispata marine protected area, Colombian Caribbean coast

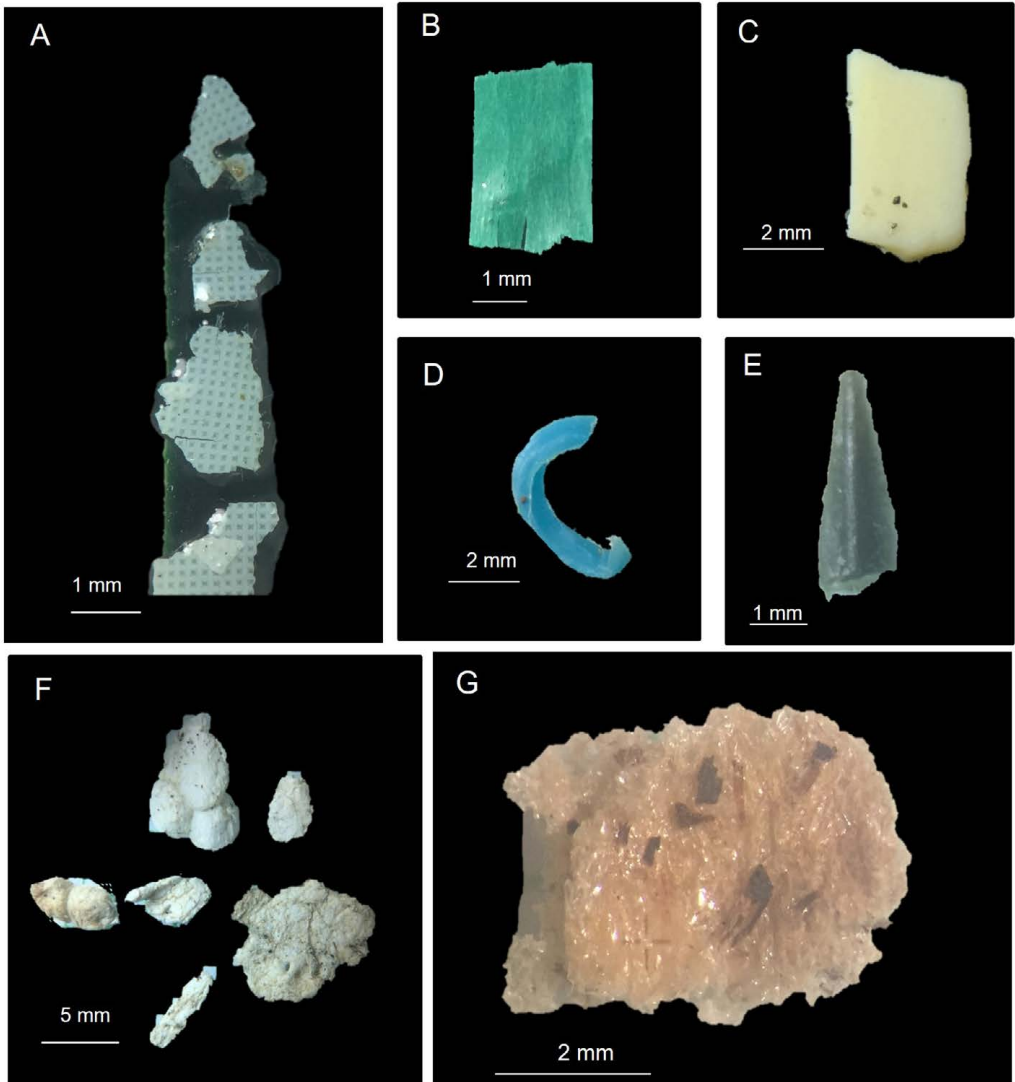


Fig. 3. Microplásticos encontrados en las estaciones de muestreo en el área marina protegida de Cispata, departamento de Córdoba, Caribe colombiano. Fragmentos (A, C, D y E), película (B) y espuma (F y G)

Fig. 3. Microplastics found at sampling stations in the Cispata marine protected area, Córdoba department, Colombian Caribbean coast. Fragments (A, C, D, and E), film, (B), and foam (F and G)

Los microplásticos tipo películas son usualmente fracciones de bolsas; las espumas de poliestireno expandido provienen de la desintegración de utensilios desechables para servir alimentos, boyas y neveras usados comúnmente en la actividad pesquera; los filamentos probablemente provienen de cuerdas y redes de pesca y agua residual, y los fragmentos provienen de piezas de plásticos duro (Li *et al.* 2016; Wang *et al.* 2016).

En los manglares de Mestizo se encontraron algunos pellets, los cuales son fabricados de esas formas y tamaños para usarse como componente en

otros productos, y son considerados microplásticos primarios (Boucher & Friot, 2017). Estos probablemente, son transportados por las corrientes marinas desde la zona industrial de Cartagena (Rangel-Buitrago *et al.* 2018; Garcés-Ordóñez *et al.* 2021).

En comparación con otros estudios, la abundancia de microplásticos en el agua de los manglares de Cispatá fue menor a las reportadas para los de estuarios en Brasil (Deng *et al.* 2021) y China (Jiao *et al.* 2022), y superó lo reportado en manglares de México (Celis-Hernández *et al.* 2021) e Irán (Deng *et al.* 2021) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de las abundancias de microplásticos en aguas y sedimentos de manglar de Cispatá con otros estudios similares. No se reportó información (n. i.)

Table 2. Comparison of microplastic abundances in waters and sediments of the Cispatá mangrove ecosystem with other similar studies. No information reported (n. i.)

País	Manglar	Microplásticos m ⁻³	Microplásticos kg ⁻¹	Fuente
Colombia	AMP Cispatá	13 - 123	42 - 1 825	Este estudio
	AMP Ciénaga Grande de Santa Marta	n. i.	31 - 2 863	Garcés-Ordóñez <i>et al.</i> (2019)
	Bahía de Tumaco	n. i.	126 - 413	Preciado & Zapata (2020)
China	Estuario río Bei Lun	22-90	280-890	Jiao <i>et al.</i> 2022
	Estuario río Mai Ling	343 -1 339	600-1 570	Jiao <i>et al.</i> 2022
	Estuario río Qin Jiang	312 - 648	475-1 030	Jiao <i>et al.</i> 2022
	Estuario río Jiu Zhou	33 - 170	450-2 110	Jiao <i>et al.</i> 2022
	Reserva de Yunxiao	275	n. i.	Deng <i>et al.</i> (2021)
	Bahía de Qinzhou	n. i.	15-80	Li <i>et al.</i> (2018)
	Isla Hainan	n. i.	65-450	Ding <i>et al.</i> 2022
Singapur	Siete hábitats de manglar	n. i.	12-63	Mohamed & Obbard (2014)
Irán	Golfo Pérsico, Irán	n. i.	0-125	Naji <i>et al.</i> (2017)
	Bahía Chabahar en Irán	0.14	n. i.	Deng <i>et al.</i> (2021)
México	AMP Laguna Términos	0.02 - 0.67	4 - 28	Celis-Hernández <i>et al.</i> 2021
Brasil	Bahía de Todos Santos	n. i.	555 - 31 087	da Silva <i>et al.</i> 2022
	Estuario de Goiana, Brasil	477	n. i.	Deng <i>et al.</i> (2021)

Las abundancias de microplásticos en sedimentos de los manglares de Cispata fueron mayores a las reportadas para Singapur (Mohamed & Obbard, 2014), Irán (Naji *et al.* 2017), Colombia (bahía de Tumaco; Preciado & Zapata, 2020) y China (bahía de Qinzhou; Li *et al.* 2018); menores a los de China (río Jiu Zhou; Jiao *et al.* 2022) y Brasil (bahía de Todos los Santos; da Silva *et al.* 2022) y similares al de Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia (Garcés-Ordóñez *et al.* 2019; Cuadro 2).

Cabe resaltar que a pesar de las limitaciones metodológicas que dificultan las comparaciones de estudios,

como: los instrumentos de muestreo, el tamaño de los microplásticos analizados, los reactivos y los procedimientos de laboratorio (digestión, filtración, separación por densidad) utilizados, y las unidades de concentraciones reportadas (Hidalgo-Ruz *et al.* 2012; Weiss *et al.* 2021), estas se requieren para visualizar el estado de afectación entre diferentes sitios con condiciones similares o con áreas altamente intervenidas.

Microplásticos en aguas y sedimentos de playas turísticas. En playa Blanca la abundancia fue de 0.02 microplásticos m^{-3} y en la de Manzanillo no se encontraron (Fig. 4A). En el agua costera

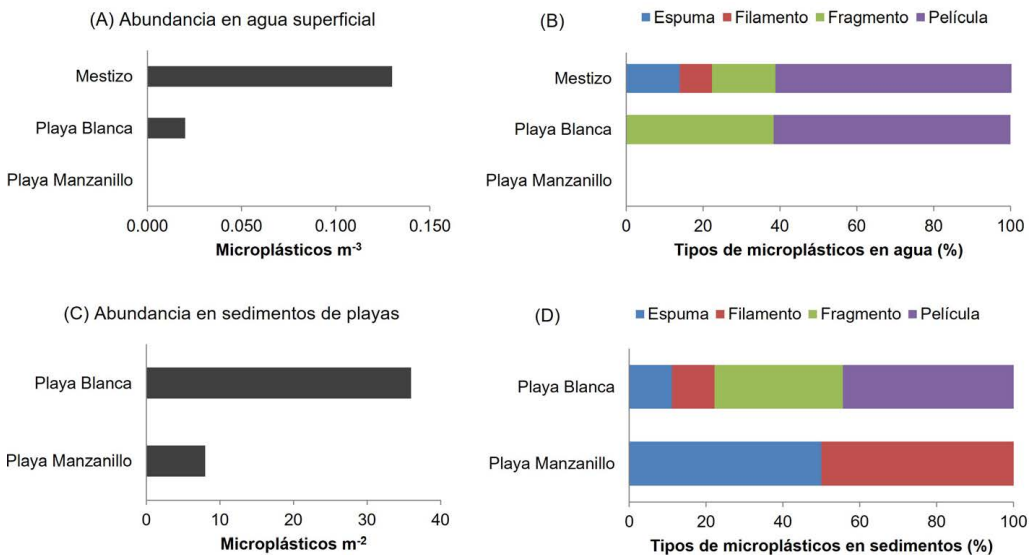


Fig. 4. Abundancia y proporción de los tipos de microplásticos en agua marina superficial (A y B) y sedimentos (C y D) de las playas Manzanillo y Blanca en Cispata, departamento de Córdoba, Caribe colombiano

Fig. 4. Abundance and proportion of the types of microplastics in surface seawater (A and B) and sediments (C and D) of the Manzanillo and Blanca beaches in Cispata, Córdoba department, Colombian Caribbean coast

de Mestizo se registró la mayor cantidad 0.13 microplásticos m^{-3} . Las películas y los fragmentos fueron los más comunes en el agua superficial de las playas (Fig. 4B). En la arena se determinaron de 8 a 36 microplásticos m^{-2} , la playa Blanca fue la más contaminada (Fig. 4C); las películas y los fragmentos dominaron en playa Blanca y los filamentos y espumas en playa Manzanillo (Fig. 4D).

La contaminación por microplásticos en las playas evaluadas (8-36 microplásticos m^{-2}) fue similar a lo reportado para algunas playas de AMP en San Andrés y Chocó en Colombia (8-32 microplásticos m^{-2} ; [Garcés-Ordóñez et al. 2020b, 2021](#)), y menor al de Sri Lanka (29-111 microplásticos m^{-2} ; [Dharmadasa et al. 2021](#)), de Ecuador (74-381 microplásticos/ m^{-2} ; [Jones et al. 2022](#)) y de Guatemala (279 microplásticos m^{-2} ; [Mazariegos-Ortiz et al. 2020](#)).

La contaminación por microplásticos en las playas fue menor que en los manglares de Cispata, debido a que los mangles son más susceptibles a acumular basuras plásticas, porque sus raíces actúan como trampas ([Deng et al. 2021](#); [Luo et al. 2021](#); [Ding et al. 2022](#)). Las playas de Cispata son limpiadas frecuentemente por la comunidad. En la arena se observaron plásticos como: bolsas, botellas, juguetes, cuerdas y utensilios desechables y sus fuentes probables son el manejo inadecuado de residuos domésticos, el turismo y la pesca en la zona ([Garcés-Ordóñez et al. 2020a; 2020c; 2021](#)).

Para finalizar, se resalta la amenaza que representa la contaminación por microplásticos para los ecosistemas evaluados, principalmente, por la transferencia de tóxicos contenidos en los plásticos o adsorbidas del medio circundante hacia los organismos que lo ingieren, generando un riesgo para la seguridad alimenticia y el sustento de las comunidades locales ([Antão-Barboza et al. 2018](#); [Garcés-Ordóñez & Bayona-Arenas, 2019](#)), ya que en el AMP de Cispata se ha reportado que peces de alto consumo local han ingerido microplásticos ([Garcés-Ordóñez et al. 2020a](#)).

Por lo anterior, se requiere generar conciencia ambiental en la comunidad local, autoridades y otros actores interesados sobre el estado de contaminación del AMP, para promover acciones de prevención y mitigación de los impactos de los microplásticos, y se contribuya a una gestión eficaz del AMP ([Pomeroy et al. 2005](#); [Garcés-Ordóñez et al. 2020a](#)).

Entre las acciones requeridas están: (i) jornadas de educación ambiental y limpieza basura en playas y manglares con las comunidades; (ii) mejoramiento en la gestión de residuos domésticos; (iii) reducir la producción y el consumo de plásticos desechables; (iv) formulación de políticas públicas relacionadas con la basura marina e (v) investigar sobre los impactos ecológicos, económicos y sociales de la contaminación por microplásticos en el AMP ([Garcés-Ordóñez et al. 2020b](#); [Rivera-Garibay et al. 2020](#)).

CONCLUSIONES

El AMP de Cispata está amenazada por la contaminación por microplásticos, que provienen del manejo inadecuado de residuos domésticos, actividades turísticas y pesqueras del área. Los manglares tienen mayor abundancia de microplásticos en sus aguas y sedimentos en comparación con las playas turísticas aledañas evaluadas. Los microplásticos secundarios como películas, fragmentos, espumas y filamentos dominaron en los dos ecosistemas, los cuales se generan por fragmentación de plásticos de mayor tamaño.

Se requiere continuar la investigación de esta problemática analizando los tipos de polímeros, impactos y efectos de los microplásticos en estos ecosistemas. Asimismo, se recomienda realizar campañas de educación y sensibilización para incrementar conciencia ambiental y generar cambios positivos que contribuyan a la reducción de la contaminación por plásticos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue cofinanciado por el INVEMAR y la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS) en el marco de la *Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia* - REDCAM. Se agradece el apoyo del personal técnico de

INVEMAR en las actividades de campo, análisis de laboratorio y en la cartografía; y a los revisores anónimos que ayudaron a mejorar este manuscrito.

Contribución científica del INVEMAR No. 1346.

REFERENCIAS

- Antão-Barboza, L., Vethaak, A., Lavorante, B., Lundebye, A-K. & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Mar. Poll. Bull.*, 133, 336-348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
- Astorga-Pérez, A., Ulate-Naranjo, K. & Abarca-Guerrero, L. (2022). Presencia de microplásticos en especies marinas del Parque Nacional Marino las Baulas. *Rev. Tecnol. Marcha*, 35(2), 27-38. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i2.5466>
- Auta, H., Emenike, C. & Fauziah, S. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Env. Int.*, 102, 165-176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
- Bayona-Arenas, M. & Garcés-Ordóñez, O. (Eds). (2018). *Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombiano*. Informe técnico REDCAM 2017. Serie de publicaciones periódicas n.º 4 del INVEMAR, Colombia. INVEMAR. <http://www.invemar.org.co/inf-redcam>
- Boucher, J. & Friot, D. (2017). *Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources*. Switzerland. IUCN, <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>

- Brander, S. M., Renick, V. C., Foley, M. M., Steele, C., Woo, M., Lusher, A., ... & Rochman, C. M. (2020). Sampling and Quality Assurance and Quality Control: A Guide for Scientists Investigating the Occurrence of Microplastics Across Matrices. *Appl. Spectrosc.*, 74(9), 1099-1125. <https://doi.org/10.1177/0003702820945713>
- Celis-Hernández, O., Ávila, E., Ward, R. D., Rodríguez-Santiago, M. A. & Aguirre-Téllez, J. A. (2021). Microplastic distribution in urban vs pristine mangroves: Using marine sponges as bioindicators of environmental pollution. *Env. Poll.*, 284, 117391. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117391>
- Coc, C., Rogers, A., Barrientos, E. & Sanchez, H. (2021). Micro and Macroplastics Analysis in the Digestive Tract of a Sea Cucumber (Holothuridae, *Holothuria floridana*) of the Placencia Lagoon, Belize. *Caribb. J. Sci.*, 51(2), 166-174. <https://doi.org/10.18475/cjos.v51i2.a2>
- CVS & INVEMAR. (2010). *Plan integral de manejo del Distrito de Manejo Integrado (DMI) bahía de Cispata - La Balsa - Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río Sinú, departamento de Córdoba*. Colombia. INVEMAR. http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/11028PIM_Cispata.pdf
- da Silva, E., Gloaguen, T. V., dos Anjos, H., Santos, T., de Almeida, M., Vinhas, O., Rebouças, M. & Gonzaga, J. (2022). Widespread microplastic pollution in mangrove soils of Todos os Santos Bay, northern Brazil. *Env. Res.*, 210, 112952. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112952>
- Day, J., Dudley, N., Hockings, M., Holmes, G., Laffoley, D., Stolton, S. & Wells, S. (2012). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas de la UICN en áreas marinas protegidas*. Suiza: UICN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-019-Es.pdf>
- Delvalle, D., Fábrega, J., Olmos, J., Garcés-Ordóñez, O., Amaral, S., Vezzone, M., ... & Anjos, R. (2020). Distribution of plastic debris in the Pacific and Caribbean beaches of Panama. *Air, Soil Water Res.*, 13, 1-8. <https://doi.org/10.1177/1178622120920268>
- Deng, H., He, J., Feng, D., Zhao, Y., Sun, W., Yu, H. & Ge, C. (2021). Microplastics pollution in mangrove ecosystems: a critical review of current knowledge and future directions. *Sci. Total Environ.*, 753, 142041. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142041>
- Dharmadasa, W. S., Andradý, A. L., Kumara, P. T. P., Maes, T. & Gangabadaige, C. S. (2021). Microplastic pollution in marine protected areas of Southern Sri Lanka. *Mar. Poll. Bull.*, 168, 112462. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112462>
- Díaz-Jaramillo, M., Islas, M. S. & González, M. (2021). Spatial distribution patterns and identification of microplastics on intertidal sediments from urban and semi-natural SW Atlantic estuaries. *Environ. Poll.*, 273, 116398. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116398>
- Ding, C., Jiao, M., Wang, Y., Yao, Z., Li, T., Wang, W., & Wang, Y. (2022). Distribution and retention of microplastics in plantation mangrove forest sediments. *Chemosphere*, 307 (Part 4), 136137. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136137>
- Garcés-Ordóñez, O. & Bayona-Arenas, M. R. (2019). Impactos de la contaminación por basura marina en el ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Rev. Cien. Mar. Cost.*, 11(2), 145-165. <https://doi.org/10.15359/revmar.11-2.8>

- Garcés-Ordóñez, O., Saldarriaga-Vélez, J., Espinosa-Díaz, L., Canals, M., Sánchez-Vidal, A. & Thiel M. (2022a). A systematic review on microplastic pollution in water, sediments, and organisms 1 from 50 coastal lagoons across the globe. *Environ. Poll.*, 315, 120366. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120366>
- Garcés-Ordóñez, O., Saldarriaga-Vélez, J., Espinosa-Díaz, L., Patiño, A. D., Cusba, J., Canals, M., & Thiel, M. (2022b). Microplastic pollution in water, sediments and commercial fish species from Ciénaga Grande de Santa Marta lagoon complex, Colombian Caribbean. *Sci. Total Environ.*, 829, 154643. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154643>
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L., Costa, M., Salles, L. & Meigikos, R. (2021). Abundance, distribution, and characteristics of microplastics in coastal surface waters of the Colombian Caribbean and Pacific. *Environ. Sci. Poll. Res.*, 28, 43431-43442. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13723-x>
- Garcés-Ordóñez, O., Mejía-Esquivia, K., Sierra-Labastidas, T., Patiño, A., Blandón, L. & Espinosa, L. (2020a). Prevalence of microplastic contamination in the digestive tract of fishes from mangrove ecosystem in Cispatá, Colombian Caribbean. *Mar. Poll. Bull.*, 154, 111085. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111085>
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L., Pereira, R., Issa, B. & Meigikos, R. (2020b). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environ. Poll.*, 267, 115495. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L., Pereira, R. & Muniz, M. (2020c). The impact of tourism activity on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Mar. Poll. Bull.*, 160, 111558. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558>
- Garcés-Ordóñez, O., Castillo-Olaya, V., Granados-Briseño, A., Blandón, L. & Espinosa, L. (2019). Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Mar. Poll. Bull.*, 145, 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.058>
- Harris, P., Westerveld, L., Nyberg, B., Maes, T., Macmillan-Lawler, M. & Appelquist, L. (2021). Exposure of coastal environments to river-sourced plastic pollution. *Sci. Total Environ.*, 769, 145222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145222>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environ. Sci. Technol.*, 46(6), 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Jiao, M., Ren, L., Wang, Y., Ding, C., Li, T., Cao, S., & Wang, Y. (2022). Mangrove forest: An important coastal ecosystem to intercept river microplastics. *Environ. Res.*, 210, 112939. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112939>
- Jones, J. S., Guézou, A., Medor, S., Nickson, C., Savage, G., Alarcón-Ruales, D., ... & Lewis, C. (2022). Microplastic distribution and composition on two Galápagos island beaches, Ecuador: Verifying the use of citizen science derived data in long-term monitoring. *Environ. Poll.*, 311, 120011. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120011>
- Kovač, M., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P. & Kržan, A. (2016). Protocol for microplastics sampling on the sea surface and sample analysis. *J. Vis. Exp.*, 118, e55161. <https://doi.org/10.3791/55161>

- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I. & Shruti, V. C. (2021). How well-protected are protected areas from anthropogenic microplastic contamination? Review of analytical methods, current trends, and prospects. *Trends Environ. Anal. Chem.*, 32, e00147. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2021.e00147>
- Lebreton, L. C. M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A. & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.*, 8, 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Li, J., Zhang, H., Zhang, K., Yang, R., Li, R. & Li, Y. (2018). Characterization, source, and retention of microplastic in sandy beaches and mangrove wetlands of the Qinzhou Bay, China. *Mar. Poll. Bull.*, 136, 401-406. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.025>
- Li, W., Tse, H. & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: a review of source, occurrence and effects. *Sci. Total Environ.*, 566-567, 333-349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
- Link, P. & Borchert, L. (2015). Ecosystem Services in Coastal and Marine Areas –Scientific State of the Art and Research Needs. In P. M. Link & L. Borchert (Eds.), *Blickpunkt Küste: Aktuelle Forschungsansätze in der Meeres- und Küstengeographie* (pp. 67-85). Germany, Coastline Reports 24. http://eucc-d-inline.databases.eucc-d.de/files/documents/00001195_CR24_AMK_2013.pdf
- Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Ragas, A. & Van F. (2017). Solutions for global marine litter pollution. *Curr. Opin. Environ. Sustainability*, 28, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.08.009>
- Lorenzi, L., Reginato, B. C., Mayer, D. G., Gentil, E., Pezzin, A., Silveira, V. & Dantas, D. (2021). Spatio-seasonal microplastics distribution along a shallow coastal lagoon ecocline within a marine conservation unit. *Mar. Pollut. Bull.*, 170, 112644. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112644>
- Luo, Y. Y., Not, C. & Cannicci, S. (2021). Mangroves as unique but understudied traps for anthropogenic marine debris: A review of present information and the way forward. *Environ. Poll.*, 271, 116291. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116291>
- Mazariegos-Ortiz, C., Rosales, M., Carrillo-Ovalle, L., Pereira, R., Costa, M. & Meigikos, R. (2020). First evidence of microplastic pollution in the El Quetzalito sand beach of the Guatemalan Caribbean. *Mar. Poll. Bull.*, 156, 111220. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111220>
- Medina-Contreras, D., Cantera-Kintz, J. & Sánchez, A. (2021). Trophic structure of fish communities in mangrove systems subject to different levels of anthropogenic intervention, Tropical Eastern Pacific, Colombia. *Environ. Sci. Poll. Res.*, 29, 61608-61622. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16814-x>
- Medina-Contreras, D., Arenas-González, F., Cantera-Kintz, J., Sánchez-González, A. & Giraldo, A. (2020). Food web structure and isotopic niche in a fringe macro-tidal mangrove system, Tropical Eastern Pacific. *Hydrobiologia*, 847(15), 3185-3199. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04295-x>
- Moberg, F. & Rönnbäck, P. (2003). Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean Coast. Manag.*, 46(1-2), 27-46. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(02\)00119-9](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(02)00119-9)

- Mohamed, N. H. & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Mar. Poll. Bull.*, 79(1-2), 278-283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>
- Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S. A. & Ve-thaak, A. D. (2017). The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf Iran. *Environ. Sci. Poll. Res.*, 24(25), 20459-20468. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9587-z>
- Ory, N., Chagnon, C., Felix, F., Fernández, C., Ferreira, J. L., Gallardo, C., ... & Thiel M. (2018). Low prevalence of microplastic contamination in planktivorous fish species from the southeast Pacific Ocean. *Mar. Poll. Bull.*, 127, 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.016>
- Pomeroy, R. S., Watson, L. M., Parks, J. E. & Cid, G. A. (2005). How is your MPA doing? A methodology for evaluating the management effectiveness of marine protected areas. *Ocean Coastal Manage.*, 48(7-8), 485-502. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2005.05.004>
- Prata, J. C., Castro, J. L., da Costa, J. P., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T. & Cerqueira, M. (2020). The importance of contamination control in airborne fibers and microplastic sampling: Experiences from indoor and outdoor air sampling in Aveiro, Portugal. *Mar. Poll. Bull.*, 159, 111522. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111522>
- Preciado, D. & Zapata, A. (2020). *Contaminación por basura marina y microplástico en puntos priorizados de suelos de manglar del municipio de San Andrés de Tumaco - Nariño*. (Trabajo de pregrado no publicado). Corporación Universitaria del Cauca, Colombia.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A. & An-fuso, G. (2018). Killing the goose with the golden eggs: Litter effects on scenic quality of the Caribbean coast of Colombia. *Mar. Poll. Bull.*, 127, 22-38. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.023>
- Rech, S., Thiel, M., Borrell Pichs Y. J. & García-Vazquez, E. (2018). Travelling light: Fouling biota on macroplastics arriving on beaches of remote Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific Subtropical Gyre. *Mar. Poll. Bull.*, 137, 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.015>
- Rivera-Garibay, O., Álvarez-Filip, L., Rivas, M., Garelli-Ríos, O., Pérez-Cervantes, E. & Estrada-Saldivar N. (2020). *Impacto de la contaminación por plástico en áreas naturales protegidas mexicanas*. México. Greenpeace. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2020/08/0ead5354-impacto-de-la-contaminacion-por-plastico-resumen.pdf>
- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q. & Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Mar. Environ. Res.*, 113, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.014>
- Weiss, L., Ludwig, W., Heussner, S., Canals, M., Ghiglione, J. F., Estournel, C., ... & Kerhervé, P. (2021). The missing ocean plastic sink: Gone with the rivers. *Science*, 373(6550), 107-111. <https://doi.org/10.1126/science.abe0290>
- Wright, S. L., Thompson, R. C. & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastic on marine organisms: A review. *Environ. Poll.*, 178, 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>

First record of the Fiddler Crab, *Minuca osa* from the Eastern Montijo Gulf, Panama

Primer reporte del cangrejo violinista, *Minuca osa* en el oriente del golfo de Montijo, Panamá

Roberto C. Lombardo-González¹



ABSTRACT

Minuca osa had been previously thought to be endemic to Pacific Costa Rica (Golfo Dulce). However, specimens fitting the description were sampled in April 2021 and August 2022 in two sites in the Eastern Montijo Gulf, Panama. Based on the morphological character correspondence between the specimens collected and the original species description, it can be concluded that *Minuca osa* is also present in the Eastern Montijo Gulf.

Keywords: tuberculate ridge, *Uca*, dactyl, chela, pollex



RESUMEN

Anteriormente, se pensaba que *Minuca osa* era endémica del Pacífico de Costa Rica (golfo Dulce); sin embargo, en abril 2021 y agosto 2022, se colectaron especímenes que se ajustaban a la descripción de la especie en dos sitios del oriente del golfo de Montijo, Panamá. Con base en la correspondencia de caracteres morfológicos, se concluye que *Minuca osa* también está presente en el oriente del golfo de Montijo.

Palabras clave: borde tuberculado, *Uca*, dáctilo, quela, pollex

INTRODUCTION

Fiddler crabs (Ocypodidae: *Uca* Leach, 1814) are distributed along most tropical and semitropical coastlines of the world (Rosenberg, 2020).

Research on fiddler crabs in Panama has been published on various topics, such as, functional morphology in *Petruca panamensis*, *Leptuca terpsichores* and *L. beebei* (Lim & Goh, 2021), vision in *L. stenodactylus* (see

¹ Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas. Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en el Parque Nacional Coiba. roberto.lombardo@up.ac.pa* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8621>

How *et al.* 2015), sexual selection (Dennenmoser & Christy, 2013), construction of structures (Pardo *et al.* 2020) in *L. terpsichores* and *L. beebei*, and larval ecology in *L. terpsichores* (Christy, 2003), and *L. deichmanni* (Kerr, 2015). Even though fiddler crabs are widely distributed in Panama, sampling in all the aforementioned studies was conducted exclusively at the Pacific entrance of the Panama Canal, whereas studies from other provinces are lacking.

There are currently 35 recognized fiddler crab species in Panama. On the Atlantic coast, there are seven species, distributed into three genera: *Minuca* with four species, *Uca* with two, and a single species of *Leptuca* (*L. thayeri*). In the Pacific, there are 28 species grouped into four genera, of which sixteen are in the genus *Leptuca*, six within *Uca*, five within *Minuca*, and a single species of *Petruca* (*P. panamensis*) (Rosenberg, 2014).

In the Ponuga River, Eastern Montijo Gulf, Veraguas Province, fiddler crabs were observed waving their claw in synchrony. The major claw, bright red-orange with a white tip, was the most striking feature of these fiddler crabs. A species fitting this morphological characteristic was described by Landstorfer & Schubart (2010) from the Golfo Dulce, Pacific coast of Costa Rica (Fig. 1A). The authors named the new species, *Minuca osa*, and suggested that it might be

endemic. Based on geographical proximity of Golfo Dulce and our study area, it seemed plausible that *M. osa* could also be found in Panama (Fig. 1B, C). Therefore, the objective of this study was to identify the specimens found in the Eastern Montijo Gulf and report on the possible geographical extension of *M. osa* distribution range.

MATERIALS AND METHODS

Sampling was conducted on April 27th, 2021, and August 13th and 14th, 2022 at two sites on the Eastern Montijo Gulf (Fig. 1D); the Ponuga River (07° 51' 51.3756'' N, -081° 00' 52.6248'' W) and Mata Oscura (07° 27' 29.0124'' N, -080° 55' 12.8532'' W). Fiddler crabs (n = 22) were caught by hand, rinsed, and later stored in a freezer unit. Morphological characters of interest were photographed; specimens' carapace width and length, as well as chela height and length, were measured (mean ± SD; 0.01 mm), and taxonomical keys (Landstorfer & Schubart, 2010; Crane, 2015; Shih *et al.* 2016; Rosenberg, 2020) were used for the identification of the collected material. Morphological characters between Golfo Dulce (Landstorfer & Schubart, 2010) and the Eastern Montijo Gulf were compared with the t-test.

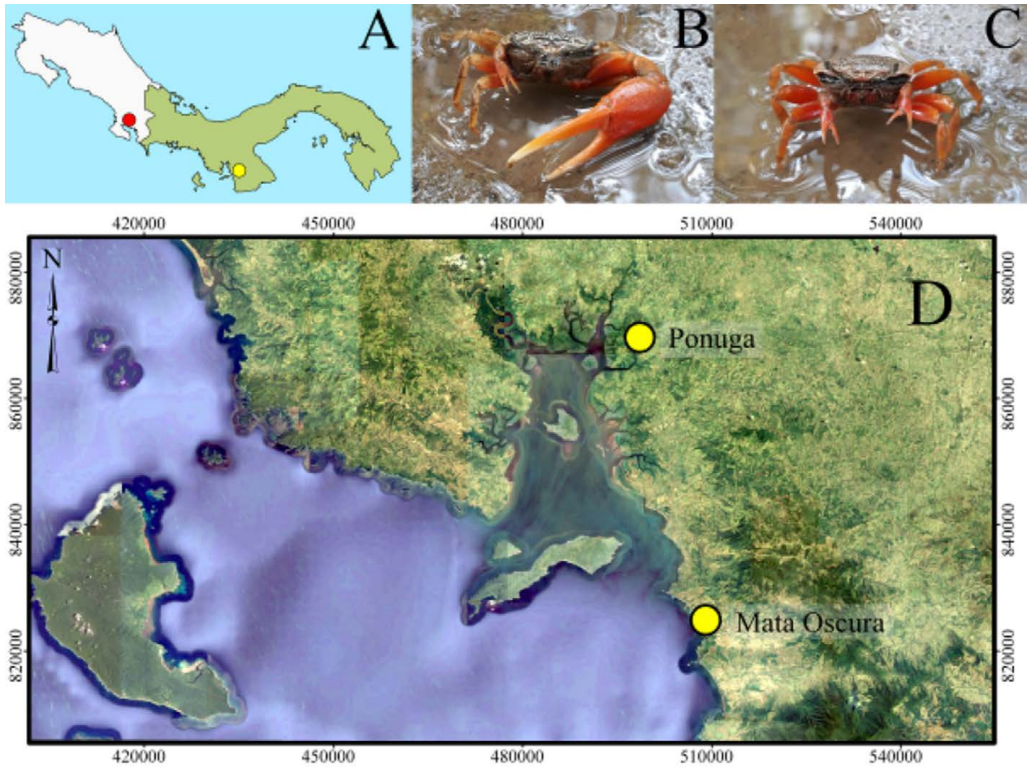


Fig. 1. Geographical context and locations of *Minuca osa* reports in the Eastern Tropical Pacific. A: sampling site (red) of the specimens in the original description of *Minuca osa* (Landstorfer & Schubart, 2010). Preliminary images of male (B) and female (C) *Minuca osa* from the Eastern Montijo Gulf. D: Ponuga (north) and Mata Oscura (south) georeferenced sampling sites (yellow); scale: 1:250,000. UTM projection (Universal Mercator Traverse - 17 N). Horizontal datum: World Geodetic System 1984 (WGS-84). Vertical datum: medium sea level of the WGS-84 geoid

Fig. 1. Contexto geográfico y ubicaciones de reportes de *Minuca osa* en el Pacífico Tropical Oriental. A: sitio de procedencia (rojo) de los especímenes en la descripción original de *Minuca osa* (Landstorfer & Schubart, 2010). Imágenes preliminares de *Minuca osa* macho (B) y hembra (C) del oriente del golfo de Montijo. D: Sitios de muestreo georeferenciados de Ponuga (norte) y Mata Oscura (sur) (amarillo); escala: 1:250,000. Proyección UTM (Universal Mercator Traverse - 17 N). Datum horizontal: Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS-84). Datum vertical: Nivel medio del mar del geoide WGS-84

RESULTS

Features of the genus *Minuca* were found in 22 individuals averaging 21.44 ± 2.96 mm and 14.60 ± 1.62 mm in carapace width and length, respectively; 14 were from Ponuga and eight from Mata Oscura. Specimens

were larger than those from Golfo Dulce, except in major chela height, where no difference was detected (Table 1). In general, compared to other *Minuca* species, sampled individuals from Ponuga and Mata Oscura can be considered large within the genus (Table 2).

Table 1. Morphological character comparisons (mm) between *Minuca osa* specimens collected in the Eastern Montijo Gulf (Panama) and those noted in the original species description by Landstorfer and Schubart (2010) at Golfo Dulce (Costa Rica). EMG: Eastern Montijo Gulf. GD: Golfo Dulce. CW: carapace width. CL: carapace length. QH: major chela height. QL: major chela length

Tabla 1. Comparaciones de caracteres morfológicos (mm) entre especímenes de *Minuca osa* colectados en el oriente del golfo de Montijo (Panamá) y aquellos en la descripción original de la especie por Landstorfer y Schubart (2010) en golfo Dulce (Costa Rica). EMG: Oriente del golfo de Montijo. GD: golfo Dulce. CW: ancho del caparazón. CL: longitud del caparazón. QH: altura de la quela mayor; QL: longitud de la quela mayor

Variable by site	<i>n</i>	Mean± SD	Min.	Max.	<i>t</i> -value; d. f.	<i>P</i>
EMG-CW	22	21.44 ± 2.96	12.66	25.98	4.21; 18	0.001
GD-CW	12	16.22 ± 3.70	9.28	21.10		
EMG-CL	22	14.60 ± 1.62	11.10	17.89	4.01; 15	0.001
GD-CL	12	11.32 ± 2.57	6.12	14.70		
EMG-QH	22	11.04 ± 2.34	4.09	14.66	1.55; 13	0.146
GD-QH	7	9.76 ± 1.76	7.83	11.90		
EMG-QL	22	30.27 ± 7.80	7.13	42.23	2.31; 18	0.033
GD-QL	8	24.41 ± 5.42	18.32	31.05		
EMG-Front	22	7.47 ± 1.04	4.42	9.09	3.85; 13	0.002
GD-Front	10	5.59 ± 1.37	3.11	7.17		

Table 2. Carapace width differences between *Minuca osa* from the Eastern Montijo Gulf (mean = 21.44 mm), Golfo Dulce (Pacific Costa Rica) and other *Minuca* species reported in Panama
 Tabla 2. Diferencias en ancho de caparazón entre especímenes de *Minuca osa* del oriente del golfo de Montijo (media = 21.44 mm), golfo Dulce (Costa Rica) y otras especies del género *Minuca* reportadas en Panamá

Realm distribution	Species	Carapace Mean \pm SD	Mean difference	Range	Location	References
Eastern Tropical Pacific	<i>Minuca osa</i>	16.22 \pm 3.70	5.22	9.28 - 21.11	Golfo Dulce, Costa Rica	Landstorfer & Schubart (2010)
	<i>Minuca argillicola</i>	10.63 \pm 1.55	10.81	8.5 - 12.2	Diablo Creek, Panama	
	<i>Minuca brevifrons</i>	23.11 \pm 3.67	-1.67	16.8 - 28	Parida Island, Chiriquí; Rodman, Panamá; Iglesias River, Darién	
	<i>Minuca ecuadoriensis</i>	11.85 \pm 5.33	9.59	7.35 - 25	Diablo Creek, Panamá; Garachiné, Darién	Crane (1975); Rosenberg (2000)
	<i>Minuca galapagensis</i>	20.11 \pm 2.00	1.33	14.20 - 22.1	Rodman, Panamá	
	<i>Minuca herradurensis</i>	16.48 \pm 5.87	4.96	7.5 - 23	Diablo Creek, Rodman & Taboguilla Island, Panamá	
	<i>Minuca vocator</i>	11.80 \pm 6.96	9.64	17.80 - 36.1	Canal Zone & Colón	Crane (1975); Rosenberg (2000); Koch <i>et al.</i> (2005)
	<i>Minuca burgersi</i>	11.40 \pm 3.27	10.04	2.8 - 22.2	Canal Zone, Colón & Bocas del Toro	Crane (1975); Jones (1980); Rosenberg (2000); Benetti & Negreiros-Franozo (2003); Juarrero de Várona & Ortiz (2003)
	Western Atlantic					

Morphological characters of the genus found in sampled specimens include: H-like depression in the cardiac-mesogastric region, carapace width to front ratio of approximately 35% (wide front; Fig. 2A), with long anterolateral margins curving inwards (Fig. 2A, D), small suborbital crenulations increasing towards outer angle (Fig. 2B), narrow gape minor chelipeds with small serrations (Fig. 2C), and two postero-lateral striae in the carapace (Fig. 2D).

A total of 16 males and six females exhibited traits that fit the description of *Minuca osa*. Specifically, segments of the pleon were not fused, carapace surface with small pits; no pubescence or setae on carapace (Fig. 2A, D). There was pile with few long setae in the ambulatories dorsal margin of the carpus and propodus, in agreement with that reported for *M. osa* (Fig. 2E). The dorsal margins of ambulatory meri in males had a soft dorsal tuberculate ridge (Fig. 2F); dactyls of ambulatory legs have three distinct rows of short setae (Fig. 2G). In males, the external surface and dorsal edge of the manus was tuberculate, with a minuscule hollow space, proximal to the predactylar groove. Tubers in the major chela diminished on lower manus and were minuscule on pollex and dactyl (Fig. 2H). The pollex was curved upwards at the tip; both, the pollex and dactyl were flattened. The dactyl was longer than the pollex and was curved at approx. 90° downward at tip (Fig. 2H, K,

M). The pollex showed three rows of tubercles, and one large carina beyond the midpoint (Fig. 2I). There was one large subdistal tooth at the gape mid-row of the pollex, forming three distinct tubercles (white) on the tip (Fig. 2J, K, M). The dactyl had three to four larger tubercles (Fig. 2K, M). The inner surface of the manus had a ridge of dense tubercles lining the margin of the carpal cavity, warping in direction to the palm with tubercles growing in size and ending in a patch in the central section of the manus, almost connecting to the oblique tuberculate edge (Fig. 2L). The ventral manus tuberculate ridge was oblique with a high apex, sloping into pollex ventral surface. This ridge had distinctive tubercles decreasing in size towards the pollex with increased irregularity. The pollex and manus articulation had a deep sulcus which ran between the pollex ventral margin and two predactylar tuberculate ridges; the nearest was divergent and curled into the inner dorsal tuberculate ridge of the pollex (Fig. 2L, M). The carpal surface (dorsal) of major chelipeds bearded four to five sharp tubers, and the merus showed numerous sharp tubercles on the dorsal edge (Fig. 2N). The gonopod had two flanges and a thumb; the posterior flange was longer than the anterior. The genital pore and flanges were covered by extension of the shaft. Setae were on the opposite side of the flanges, on thumb and tip of gonopod (Fig. 2O).

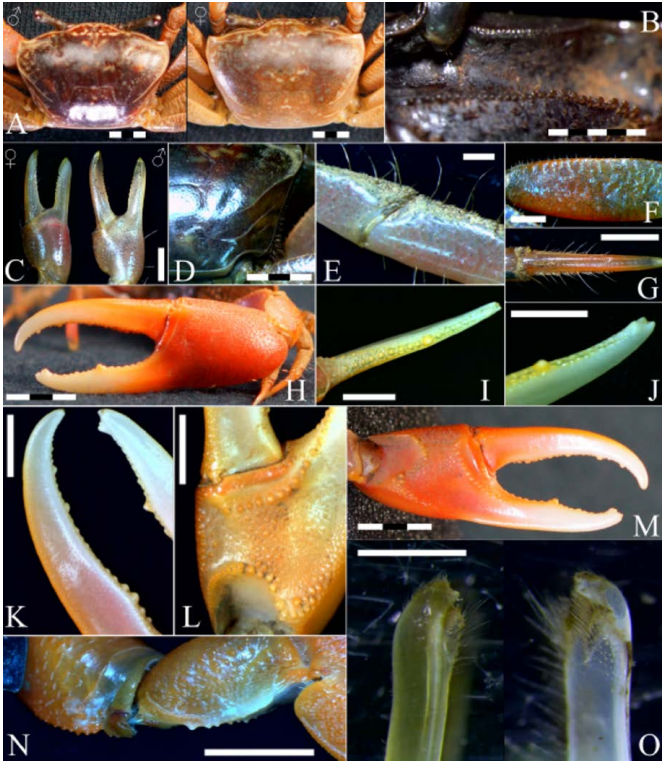


Fig. 2. *Minuca osa* diagnostic features from the Eastern Montijo Gulf, Veraguas, Panama. A: carapace. B: orbital cavity. C: minor chelipeds, left female (outer side); right male (inner surface). D: carapace striae. E: pubescence in carpus and propodus of ambulatories. F: ambulatory merus tuberculate ridge. G: ambulatories dactylus setae rows. H: major chela. I: pollex tubercle rows and large carina beyond midpoint. J: large tubercles at pollex tip. K: dactyl edge tubercles. L-M: manus, palm, and pollex tubercular ridges. N: large chela carpus and merus tubercles. O: right gonopod, anterolateral (left) and posteromesial (right). (Scale bar: A, D, I-L, N = 5 mm; B, C, F, G = 2 mm; H, M = 10 mm; E = 0.5 mm; O = 0.2 mm)

and pollex tubercular ridges. N: large chela carpus and merus tubercles. O: right gonopod, anterolateral (left) and posteromesial (right). (Scale bar: A, D, I-L, N = 5 mm; B, C, F, G = 2 mm; H, M = 10 mm; E = 0.5 mm; O = 0.2 mm)

Fig. 2. Características diagnósticas de *Minuca osa* del oriente del golfo de Montijo, Veraguas, Panamá. A: caparazón. B: cavidad orbital. C: quelípedos menores, izquierda es hembra (exterior); derecha es macho (interior). D: estriás de caparazón. E: pubescencia y setas en carpio y propodio de ambulatorios. F: borde tubercular en mero ambulatorio. G: setas en dactilo ambulatorio. H: chela mayor. I: filas de tubérculos del pollex y carina grande, más allá del punto medio. J: tubérculos en punta del pollex. K: borde prensil del dactilo tuberculado. L-M: crestas tuberculares del manus, palma y pollex. N: tubérculos en carpio y mero de chela mayor. O: gonopodio derecho, anterolateral (izq.) y posteromesial (der.). (Barras de escala: A, D, I-L, N = 5 mm; B, C, F, G = 2 mm; H, M = 10 mm; E = 0.5 mm; O = 0.2mm)

DISCUSSION

Minuca burgersi, *M. vocator*, and *M. ecuadoriensis* are morphologically similar to *M. osa* (Landstorfer & Schubart, 2010; Rosenberg, 2020); however, *M. burgersi* and *M. vocator* are only distributed in the Western Atlantic, while *M. ecuadoriensis* is only found in the Eastern Pacific (Masunari *et al.* 2020; Rosenberg, 2020). Furthermore, *M. burgersi* also differs from our specimens in that the oblique tuberculate ridge on the major palm has small tubercles (not a single row); tubercle ridge does not diminish distally on outer pollex (Crane, 2015; Shih *et al.* 2016). In *Minuca vocator* and *M. ecuadoriensis*, the carapace as well as the ambulatories on all segments have a profuse pile (except dactyls) in an irregular pattern (see Masunari *et al.* 2020), while our specimens had no such pile. In *M. ecuadoriensis*, the oblique ridge in the major palm has a very low apex; tubercles are small and irregular, sometimes vestigial or absent. In contrast, the apex in *M. osa* is high and tubercles are large (Landstorfer & Schubart, 2010; Crane, 2015); all of our specimens showed the latter. Considering its behavior and coloration, *M. osa* is a conspicuous fiddler crab species; thus, it is unclear why it was not been identified other than in Golfo Dulce (Landstorfer & Schubart, 2010) prior to this report. Based on the

morphological differences between *M. osa*, *M. burgersi*, *M. vocator*, and *M. ecuadoriensis*, it can be concluded that *M. osa* is also present in the Eastern Montijo Gulf, Panama.

ACKNOWLEDGEMENTS

Our gratitude goes to the anonymous reviewers for their comments to improve the manuscript and to John Christy and Fumio Takeshita for their preliminary discussions. We would also like to thank Jaime Rivera for his cartographic assistance, as well as Jacinto Rodríguez and the Cantarana Hotel staff for their hospitality.

REFERENCES

- Benetti, A. S. & Negreiros-Fransozo, M. L. (2003). Symmetric chelipeds in males of the fiddler crab *Uca burgersi* Holthuis, 1967 (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Nauplius*, 11(2), 141-144.
- Christy, J. H. (2003). Reproductive timing and larval dispersal of intertidal crabs: the predator avoidance hypothesis. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 76(2), 177-185. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200005>
- Crane, J. (1975). *Fiddler Crabs of the World: Ocypodidae: Genus Uca* (1st ed.). USA. Princeton: Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400867936>
- Dennenmoser, S. & Christy, J. H. (2013). The design of a beautiful weapon: Compensation for opposing sexual selection on a trait with two functions. *Evolution*, 67(4), 1181-1188. <https://doi.org/10.1111/evo.12018>

- How, M. J., Christy, J. H., Temple, S. E., Hemmi, J. M., Marshall, J. N. & Roberts, N. W. (2015). Target detection is enhanced by polarization vision in a fiddler crab. *Curr. Biol.*, 25(23), 3069-3073. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.09.073>
- Jones, A. R. (1980). Chela injuries in the fiddler crab, *Uca burgersi* holthuis. *Mar. Behav. Physiol.*, 7(1), 47-56. <https://doi.org/10.1080/10236248009386970>
- Juarrero de Varona, A. & Ortiz, M. (2003). Los cangrejos del género *Uca* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) en Cuba. Apuntes taxonómicos. *Cocuyo*, 13, 7-10.
- Kerr, K. A. (2015). Decreased temperature results in daytime larval release by the fiddler crab *Uca deichmanni* Rathbun, 1935. *J. Crustac. Biol.*, 35(2), 185-190. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002334>
- Koch, V., Wolff, M. & Diele, K. (2005). Comparative population dynamics of four fiddler crabs (Ocypodidae, genus *Uca*) from a North Brazilian mangrove ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 291, 177-188. <https://doi.org/10.3354/meps291177>
- Landstorfer, R. B. & Schubart, C. D. (2010). A phylogeny of Pacific fiddler crabs of the subgenus *Minuca* (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae: *Uca*) with the description of a new species from a tropical gulf in Pacific Costa Rica. *J. Zool. Syst. Evol. Res.*, 48(3), 213-218. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.2009.00554.x>
- Lim, S. S. L. & Goh, S. J. A. (2021). Eco-morphological adaptations of second maxilliped-setation: Insights from three species of fiddler crabs from Panama. *Zool. Stud.*, 60, 1-10. <https://doi.org/10.6620/ZS.2021.60-48>
- Masunari, S., Martins, S. B. & Anacleto, A. F. M. (2020). An illustrated key to the fiddler crabs (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) from the Atlantic coast of Brazil. *ZooKeys*, 943, 1-20. <https://doi.org/10.3897/zookeys.943.52773>
- Pardo, J. C. F., Stefanelli-Silva, G., Christy, J. H. & Costa, T. M. (2020). Fiddler crabs and their above-ground sedimentary structures: a review. *J. Ethol.*, 38(2), 137-154. <https://doi.org/10.1007/s10164-020-00647-1>
- Rosenberg, M. S. (2014). Contextual cross-referencing of species names for Fiddler Crabs (Genus *Uca*): an experiment in cyber-taxonomy. *PLoS ONE*, 9(7), e101704. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101704>
- Rosenberg, M. S. (2020). A fresh look at the biodiversity lexicon for fiddler crabs (Decapoda: Brachyura: Ocypodidae). Part 2: Biogeography. *J. Crust. Biol.*, 40(4), 364-383. <https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruaa029>
- Shih, H., Ng, P., Davie, P., Schubart, C., Türkay, M., Naderloo, R., ... & Liu, M. (2016). Systematics of the family Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, sensu lato and its subgenera. *Raffles Bull. Zool.*, 64, 139-175.

Sistema de información geográfica para la planificación de expediciones marinas en el archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

Geographic information system to plan marine expeditions in the Sabana-Camagüey archipelago, Cuba

Alder Luis León-Brito^{1*}, Claudia Bustamante-López¹ y Lisadys Bárbara Dulce-Sotolongo¹



RESUMEN

En Cuba, el archipiélago Sabana-Camagüey es un área donde confluyen intereses conservacionistas y económicos asociados al turismo. El desarrollo intensivo de esta actividad económica en polos específicos como los cayos al norte de Ciego de Ávila, además de los efectos del cambio climático, ha generado múltiples afectaciones a sus ecosistemas marinos. Los estudios, a pesar de ser diversos, han sido aislados y no sistemáticos, motivo que fundamentó el desarrollo de un nuevo monitoreo dirigido por el Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros, bajo la premisa de elevar la calidad, llenar vacíos de conocimiento, y, a su vez, economizar tiempo y recursos. De este modo, el objetivo de la presente investigación es diseñar un sistema de información geográfica (SIG) para su implementación en la planificación de expediciones marinas en el archipiélago Sabana-Camagüey. De acuerdo con las características del área de estudio y las particularidades del proyecto de investigación se integró una base de datos con información bio-física y de gestión para el desarrollo de aplicaciones con las herramientas de análisis espacial y estadístico, que posibilitó una correcta planificación de las actividades de campo. El plan para esta campaña resultó con 48 sitios idóneos para desarrollar las inmersiones, agrupados en 16 rutas marítimas, basados en condiciones favorables, sinérgicamente analizadas, de distribución y características de hábitats marinos, batimetría, logística, entre otros. La planificación de las expediciones marinas mediante los SIG permitió alcanzar una mayor organización, efectividad, calidad y ahorro de tiempo y recursos.

Palabras clave: ecosistemas marinos, monitoreos marinos, planificación, proyecto de investigación, SIG

1 Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC), Avenida de los Almácigos s/n. Cayo Coco, Morón. Ciego de Ávila, Cuba. alder@ciec.cu, algas@ciec.cu, lisadys@ciec.cu. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3794-0728>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1732-2906>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4310-0311>



ABSTRACT

The Sabana-Camagüey Archipelago in Cuba merges conservation and economic interests associated with tourism. The intensive development of this economic activity in specific poles, such as the keys to the north of Ciego de Ávila, in addition to the effects of climate change, has generated multiple effects on their marine ecosystems. Despite being diverse, studies have been isolated and not systematic, which is the reason why the Coastal Ecosystem Research Center developed a new monitoring program to raise quality, fill in knowledge gaps, and save time and resources. This research aims to design a geographic information system (GIS) to be implemented in the planning of marine expeditions in the Sabana-Camagüey Archipelago. According to the characteristics of the study area and the particularities of the research project, a database was integrated with bio-physical and management information for the development of applications with spatial and statistical analysis tools to facilitate the proper planning of field activities. The plan for this campaign resulted in 48 suitable sites to develop the dives, grouped into 16 maritime routes, based on favorable conditions synergistically analyzed, with distribution and characteristics of marine habitats, bathymetry, and logistics, among others. The planning of marine expeditions using GIS improved organization, effectiveness, and quality and saved time and resources.

Keywords: marine ecosystems, marine monitoring, planning, research project, GIS

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos proporcionan variados servicios esenciales de aprovisionamiento, de regulación, de hábitat y culturales (Gómez & Estruch, 2019). Sin embargo, la presión humana, en niveles sin precedentes, ha provocado la disminución de estos servicios ecosistémicos, viéndose amenazada su sostenibilidad futura (Rodríguez & Ruíz, 2010). Por ello, un continuo proceso de investigación, que haga posible, eficiente y sustentado, en métodos aplicados por la ciencia y la tecnología la protección de estos valores, ofrece la única vía posible de alcanzar un desarrollo sostenible.

Históricamente, los métodos tradicionales del estudio de los océanos estuvieron basados en la toma de datos mediante barcos oceanográficos e inmersiones. Después, se vieron favorecidos con el empleo de la fotografía y video submarinos (Porter, 1972), las fotografías aéreas (Benton & Newman, 1976), técnicas hidroacústicas (Reuss, 2004) y la teledetección, mediante imágenes satelitales (Hernández, 2005).

Los sistemas de información geográfica (SIG) han generado nuevas alternativas en la cartografía, estudio y manejo de los ecosistemas marinos (Romero *et al.* 2008; del Valle & Pons, 2019). En la planificación de proyectos científicos se han diseñado redes de monitoreos, mediante la selección de sitios

idóneos para la evaluación de la calidad ambiental (Shen & Wuy, 2013) y restauración de la biodiversidad (Stevens *et al.* 2014). A su vez, han contribuido a la gestión de conflictos mediante la planificación de actividades humanas en el entorno marino (Fernández-Salvador *et al.* 2021; Patera *et al.* 2022).

Cuba, presenta grandes riquezas naturales en sus mares adyacentes, con importantes funciones ecosistémicas, pero también, con particular fragilidad a los efectos del cambio climático y la actividad antrópica. A pesar de las diversas investigaciones acerca de estos temas, el empleo de las tecnologías de información geográfica ha sido limitado. Destacan al respecto el análisis de características espaciales de ecosistemas marinos al norte de La Habana (Aguilera, 2017) y en los golfos de Ana María (Ventura & Rodríguez, 2012; Guimaraes *et al.* 2013) y Batabanó (Cerdeira-Estrada *et al.* 2008).

Al norte del territorio cubano, en el archipiélago Sabana-Camagüey confluyen intereses científicos conservacionistas y socioeconómicos asociados al turismo. A pesar de los muchos esfuerzos que se realizan para la conservación de sus valores naturales, los daños al ecosistema marino han sido severos, sobre todo, en áreas específicas de mayor desarrollo de la actividad turística, como los cayos al norte de la provincia de Ciego de Ávila.

Los estudios y acciones de monitoreo desarrolladas en los ecosistemas

marinos al norte de Ciego de Ávila han sido aisladas y no sistemáticas, lo que aún genera un vacío de conocimiento. Todo esto ocurre en un escenario que ha variado de manera considerable, no solo por el incremento de la actividad turística, sino también en un contexto de cambio climático y mayor severidad y frecuencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Como ejemplo de ello, el 9 de septiembre del 2017, el huracán Irma, impactó de manera directa este territorio, con categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson, lo que generó graves afectaciones al medio natural y las infraestructuras hoteleras.

Ante estas circunstancias, se gestó la implementación de un nuevo proyecto de investigación, coordinado por el Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC). Dentro de los objetivos fundamentales se encuentra el monitoreo de los ecosistemas marinos, lo cual permite evaluar sus estados de salud y mitigar las amenazas que afectan su conservación y uso sostenible. Como premisa, se planteó la necesidad de innovación en métodos y técnicas que hagan más efectivo el monitoreo marino, lo que posibilita llenar los vacíos de conocimiento y actualizar la información disponible, y, a su vez, economizar recursos y tiempo. Por lo que, una correcta planificación, previa al desarrollo del monitoreo, resulta vital para garantizar el éxito del proceso ante tales requerimientos. En función de ello, se planteó el desarrollo de la

presente investigación, la cual tiene como objetivo diseñar un SIG para su implementación en la planificación de expediciones marinas en el archipiélago Sabana-Camagüey.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra dentro de la plataforma norte de Cuba,

en su franja periférica fronteriza con el canal Viejo de Bahamas que limita al norte. El límite sur, lo constituye la línea de costa de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, como parte del extenso cordón de cayos que conforman el archipiélago Sabana-Camagüey y marcan el límite de la porción sur de la plataforma insular, de macrolagunas interiores (Fig. 1).

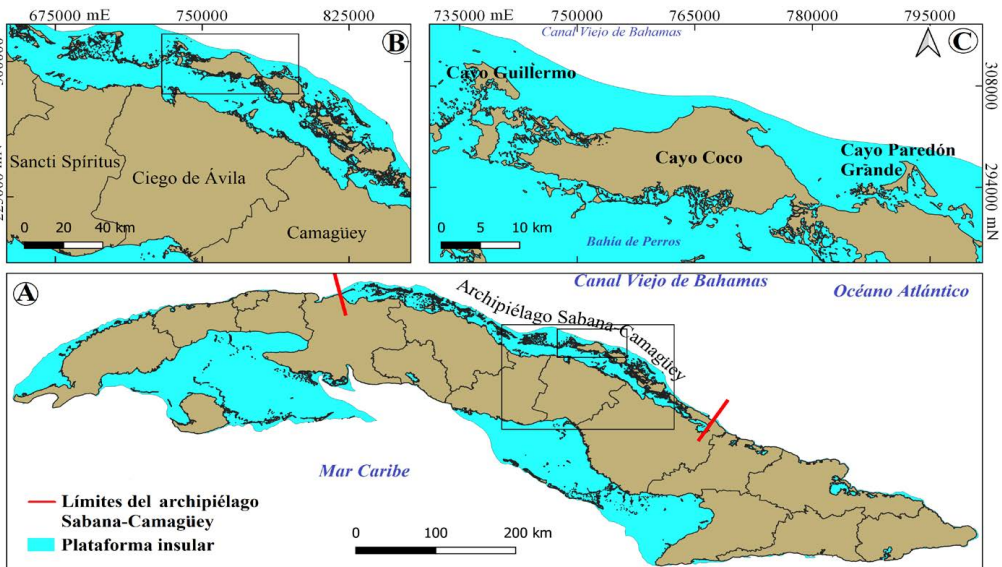


Fig. 1. A- Localización del área de estudio dentro de los límites del archipiélago Sabana-Camagüey al norte de la región central del territorio cubano. B- Localización del área de estudio en la cayería norte de la provincia cubana de Ciego de Ávila. C- Localización del área de estudio al norte de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, dentro del archipiélago Sabana-Camagüey al norte de la provincia de Ciego de Ávila

Fig. 1. A- Location of the study area within the limits of the Sabana-Camagüey archipelago to the north of the central region of Cuban territory. B- Location of the study area in the northern keys of the Cuban province of Ciego de Ávila. C- Location of the study area to the north of the Guillermo, Coco and Paredón Grande keys within the Sabana-Camagüey archipelago to the north of the province of Ciego de Ávila

Esta área se encuentra sobre una terraza abrasivo-acumulativa de suave pendiente, donde prevalecen fondos de arenas carbonatadas. La variedad y extensión de arrecifes de coral son un rasgo distintivo, aunque de manera general, se encuentran deteriorados (Alcolado *et al.* 2007). La especie más abundante es *Pseudoterogorgia americana* (Gmelin, 1791). En las crestas arrecifales, el hidrocoral *Millepora complanata* (Lamarck, 1816) es el más común, además de las especies de coral *Porites astreoides* (Lamarck, 1816) y *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) (Clero *et al.* 2006).

La ictiofauna se compone de 214 especies, siendo Serranidae, Carangidae, Haemulidae y Scombridae, las familias más diversas (Claro & Robertson, 2010). Según Alcolado & Durán (2011) presenta mala calidad en todos los indicadores de condición.

El hábitat de pasto marino se caracteriza por su gran extensión y se encuentra entre los mejores conservados del archipiélago Sabana-Camagüey (Martínez-Daranas, 2007). La especie de angiosperma marina dominante es *Thalassia testudinum* Banksex Königson; además, se encuentran *Syringodium filiforme* Kützingin Hohenackery *Halodule wrightii* Ascherson en menor densidad (Clero *et al.* 2006).

Principales aspectos para el desarrollo del SIG

Una vez reconocida, por parte de la entidad ejecutora del proyecto de

investigación (CIEC), la necesidad de implementar un SIG para la planificación de esta actividad inició su fase de desarrollo. El mismo quedó sintetizado en cinco etapas fundamentales.

Identificación de las necesidades de información

Para identificar las necesidades de información existentes, en función de los objetivos del proyecto al cual debe dar salida en su componente de planificación de las actividades de campo el SIG, se pasó a una fase de análisis de las particularidades de dicho proyecto. Para ello se evaluaron sus objetivos y metas trazadas, los recursos, el tiempo y el personal disponibles para su desarrollo, así como las metodologías a utilizar para el monitoreo de los diferentes ecosistemas marinos.

Entre las principales particularidades del proyecto se encuentran:

- Las expediciones marinas fueron programadas para el mes de julio de 2021, la presente investigación fue realizada en mayo del propio año.
- El área marítima de interés se encuentra al norte de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, en el archipiélago Sabana-Camagüey.
- Los ecosistemas marinos objetos de estudio son los pastos marinos y arrecifes de coral (arrecifes frontales, también

conocidos como veril y las crestas de arrecife).

- En el ecosistema de arrecifes, para evaluar la salud de la comunidad de corales se establecerá como unidad de muestreo el transecto de banda de 10 m de largo por 1 m de ancho, modificación del transecto lineal de Loya (1972). Se colocarán 10 transectos por estación, de manera que se evaluarán 100 m² en cada una de ellas. Para determinar la densidad de erizos de espinas largas *Diadema antillarum* (Philippi, 1845) y otros equinodermos asociados, serán contados a lo largo de los transectos mediante parcelas de 20 m² (10 x 2 m) a partir del transecto lineal y separadas a 1 m de distancia. Se determinará la estructura y composición de peces ictiófagos, herbívoros y depredadores de erizos, según el método de Brock (1954). Se realizarán, en cada estación, 6 transectos de 50 m de longitud y 4 m de ancho para un área total de 1 200 m², en cada uno de los transectos se evaluarán las 3 clases de peces.
- Para evaluar el ecosistema de pastos marinos, se ubicarán 3 transectos de 50 m paralelos a la costa, se utilizará un marco cuadrado de 0.25 m de lado, colocado cada 4 m, para un total de 12 marcos por transecto (Martínez-Daranas *et al.* 2013).
- Las inmersiones se realizarán hasta una profundidad máxima de -15 m para el estudio de los arrecifes de coral y hasta los -7 m para los pastos marinos.
- Como prioridad, será necesario muestrear las áreas marinas protegidas (AMPs), sitios históricos de muestreo y sitios de buceo contemplativo asociados al turismo.
- El traslado de los 7 buzos que realizarán los muestreos será en una lancha Taxy colombiana, del modelo Eduardoño, cuya velocidad promedio del recorrido es de 18 nudos.
- Existen 3 posibles sitios de inicio de los recorridos de la embarcación. En cayo Coco, el Puerto Casasa, en cayo Guillermo, el centro de buceo Coco Diving Center Meliá cayo Guillermo y en cayo Paredón Grande, la base de pesca *al fly*.
- El tiempo promedio de estancia en cada sitio de muestreo será de 1 hora y 30 minutos, con 1 hora promedio de inmersión y 3 sitios por día. No se realizarán 2 inmersiones consecutivas en profundidades de -10 a -15 m sin haber transcurrido 1 hora de

intervalo de superficie, por cuestiones de seguridad.

- En los hábitats de veril y pasto marino, se realizará buceo autónomo, y buceo libre para el caso de las crestas de arrecife.

Requerimientos del SIG:

En función de las particularidades del proyecto, se identificaron las informaciones necesarias que debe contener el SIG para el cumplimiento del objetivo de su implementación.

A continuación, se enumeran estas necesidades como capas temáticas de la base de datos espaciales e información asociada mediante tablas de atributos:

Capas temáticas para la creación de la base de datos

- 1 Capa vectorial de tipo polígono: Límite territorial de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande.
- 2 Capa ráster: Batimetría.
- 3 Capa vectorial de tipo polígono: Límite del polígono de trabajo. Precisa información del área en km².
- 4 Capa vectorial de tipo polígono: Distribución espacial de los ecosistemas marinos. Precisa información del tipo de hábitat (pastos, crestas y arrecifes frontales) y área del polígono en km².
- 5 Capa vectorial de tipo polígono: Distribución de las AMP. Precisa

información del nombre y área del polígono en km².

- 6 Capa vectorial de tipo punto: Sitios históricos de muestreo. Precisa información del nombre del sitio, coordenadas e información cualitativa y cuantitativa de monitoreos antecedentes.
- 7 Capa vectorial de tipo punto: Sitios de buceo contemplativo. Precisa información del nombre del sitio y coordenadas.
- 8 Capa vectorial de tipo punto: Localización de los sitios de inicio de las expediciones. Precisa información del nombre del sitio (puerto Casasa, centro de buceo Coco Diving Center Meliá Cayo Guillermo y la base de pesca *al fly*) y sus coordenadas.
Capas temáticas para el desarrollo de aplicaciones
- 9 Capa vectorial de tipo punto: Red de puntos como base de datos única con toda la información integrada. Precisa información de coordenadas, menor distancia a la línea de costa, menor distancia a uno de los sitios de inicio de las expediciones, tipo de hábitat, profundidad del mar, presencia de AMP, presencia de un sitio histórico de muestreo o buceo recreativo.
Capas temáticas para las salidas del sistema
- 10 Capa vectorial de tipo punto: Propuesta de sitios de

muestreo. Precisa información de coordenadas, menor distancia a la línea de costa, menor distancia a uno de los sitios de inicio de las expediciones, tipo de hábitat, profundidad del mar, presencia de AMP, presencia de un sitio histórico de muestreo o buceo recreativo, número de la ruta marítima asociada, día que le corresponde el muestreo, distancia recorrida y tiempo transcurrido.

- 11 Capa vectorial de tipo línea: Propuesta de rutas marítimas. Precisa información del día planificado y sitios de muestreo asociados, distancia de la ruta y tiempo estimado de recorrido.

Adquisición y creación de la base de datos

En función de los requerimientos del SIG, se pasó a la presente etapa metodológica, que consiste en la conformación de la base de datos identificada como necesaria. El principal *software* utilizado fue [QGis 3.18 \(2021\)](#).

Mediante las bases cartográficas de GEOCUBA 1:25 000 se obtuvo el límite territorial de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande.

De las cartas náuticas de Cuba 1:150 000, fueron digitalizadas las curvas batimétricas a cada 5 m y diferentes cotas de profundidad. De este modo, fue generado el modelo digital de elevación (MDE) batimétrico por

el método de distancia inversa ponderada (IDW).

A partir de la línea de costa de los 3 cayos, se identificó el límite interior del polígono de trabajo. La extracción de la curva batimétrica de -15 m, identificada como máxima profundidad de inmersión durante la expedición, marcó el límite exterior de dicho polígono para el monitoreo de arrecifes de coral y la curva de -7 m para los pastos marinos.

Para obtener la distribución de los hábitats (cretas, arrecifes frontales y pasto marino), se descargaron del sitio web: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> las imágenes Sentinel-2, de julio de 2020, correspondientes al área de estudio y con la menor cobertura de nubes. La fecha fue seleccionada exactamente un año antes de las expediciones programadas (julio de 2021), con el objetivo de que los patrones hidroclimáticos coincidieran en la mayor medida posible entre la información obtenida, utilizando el procesamiento digital de imágenes satelitales y el período de las expediciones. Se comprobó, además, que en esas fechas no se hubieran originado fenómenos naturales o antrópicos extraordinarios, que alteraran el comportamiento de las variables a estudiar.

Se recortaron cada una de las bandas de la imagen por los límites del polígono de trabajo, en dependencia del ecosistema que se fuera a trabajar. A continuación, con el método de

interpolación del vecino más cercano mediante una ecuación cuadrática, se hizo la corrección geométrica utilizando como referencia capas temáticas de la base cartográfica de GEOCUBA 1:25 000 para establecer los puntos de control. La corrección atmosférica se realizó al aplicar el módulo AtmosC. Para ambos procesos de preparación de la imagen se empleó el *software* IDRISI TerrSet (2020).

Se realizaron combinaciones con las bandas de la 1 a la 3 por su amplio uso en teledetección para la obtención de variables biofísicas del agua (Pascalotto *et al.* 2019) y penetración más profunda en el mar. A partir de estos resultados se realizó una clasificación no supervisada por el algoritmo ISO-DATA. El número de clases y su hábitat correspondiente fue determinado a través del análisis visual de los mapas topográficos de Cuba 1:50 000 del año 1970 y los mapas geológicos de Cuba 1:100 000, hojas 4 483 de Punta Alegre y hoja 4583 de cayo Coco (IGP, 2011a; 2011b), así como salidas cartográficas previas (Alcolado, 2006).

A partir de la conversión del modelo ráster, producto de la clasificación no supervisada, con la distribución de los diferentes hábitats marinos, a un modelo vectorial, se pudo determinar los polígonos que ocupa cada uno de ellos dentro del área de estudio.

De los mapas topográficos mencionados, se obtuvo, como información extra, los nombres geográficos de formas

del relieve litoral como playas, bahías, ensenadas, cayos, cayuelos y puntas, para facilitar el trabajo y comprensión del investigador sobre el terreno.

Los límites de las áreas protegidas, que incluían el componente marino, emplazadas total o de manera parcial, dentro del polígono de trabajo, fueron digitalizadas a partir de los resultados de Ruiz-Plascencia *et al.* (2019).

Mediante una hoja Excel, fueron introducidos en el SIG datos puntuales de sitios de muestreo antecedentes, entre ellos, sus coordenadas, características del hábitat, fauna asociada e incidencia de la pesca. Diferentes centros de buceo ofrecieron las coordenadas de los sitios donde, por años, se ha realizado buceo contemplativo asociado a la actividad turística. La localización de los sitios de inicio de recorrido en cada uno de los 3 cayos se digitalizó sobre las imágenes satelitales.

Diseño de aplicaciones

Una vez compilada y representada toda la información de la base de datos en el SIG, se pasó a la fase del diseño de una aplicación que permitiera dar salida a la planificación de la expedición marina.

Con el objetivo de integrar toda la información disponible en una única base de datos con dimensión espacial puntual, acorde a la salida final del sistema (propuesta de sitios de monitoreo) fue creada una red vectorial de 145 643 puntos equidistantes a 50 m en toda la extensión del polígono de trabajo.

Luego, se extrajo de forma puntual en su tabla de atributos asociada, toda la información de la base de datos espaciales generada, coincidente en su localización, con cada uno de los puntos de la red.

De este modo, el diseño de la aplicación mediante la cual fueron seleccionados los sitios de muestreo consistió en un proceso de filtrado avanzado, basado en expresión, en función de las condiciones de búsqueda introducidas por el usuario, según las características de los puntos de la red.

Consultas de prueba

En esta etapa metodológica del desarrollo del SIG, se realizaron consultas de prueba para comprobar la efectividad de la aplicación diseñada. Para ello, se efectuaron una serie de hipotéticos procesos de filtrado, llevados al extremo en cuanto a nivel de exigencia y detalles posibles. Fueron introducidas en el SIG un grupo de condicionantes referentes a las variables de la base de datos espaciales, y este, a su vez, seleccionó el/los punto/s, dentro de la red, que cumplían con los criterios de selección.

Implementación del SIG

Por último, se pasó a la fase de implementación del SIG. Fueron seleccionados los sitios de muestreo definitivos de manera automatizada mediante los propios procesos de filtrado avanzado; esta vez, las condiciones de selección, se insertaron acorde a los criterios de idoneidad establecidos por el grupo

de expertos que llevarían a cabo las expediciones marinas en función de las particularidades del proyecto.

En atención al número de sitios de muestreo seleccionados por hábitat y las longitudes de cada transecto de buceo, según las metodologías a utilizar para la toma de datos, se pudo determinar el área total y el porcentaje de cada hábitat que sería muestreado.

Luego, se pasó a la fase de creación de las rutas marítimas a seguir durante la expedición. Cada ruta se diseñó mediante la agrupación de 3 sitios de muestreo, acorde con su cercanía para el acceso en el menor tiempo posible. Para establecer el orden de muestreo de los sitios se tuvo en cuenta el tipo de hábitat presente, la profundidad del mar (mayor o menor), en función de respetar la contraindicación de dos buceos consecutivos entre -10 a -15 m y el tiempo de intervalo de superficie.

Mediante la calculadora de campos de las rutas marítimas vectoriales y el valor de velocidad media de la embarcación, se determinaron las distancias estimadas a recorrer en cada ruta diseñada, así como el tiempo transcurrido durante la expedición marina.

RESULTADOS

En el presente apartado, se muestran las principales salidas cartográficas y análisis realizados durante el desarrollo del SIG.

El estudio de las particularidades del proyecto en cuanto a ecosistemas y área de interés, así como el establecimiento de una profundidad de inmersión máxima de acceso (-15 m), permitió delimitar el área de trabajo a 364.98 km², lo que posibilitó una mayor organización y disminución de tiempo y recursos durante las expediciones. A partir de estos límites, fue generada la base de datos espaciales y de atributos, con sus respectivas salidas cartográficas, lo cual permitió allanar el trabajo del investigador mediante su analogía y silogismo. De igual modo, el acceso a los nombres geográficos de diferentes formas de relieve litoral facilitó la interpretación del área de estudio, la orientación del investigador y el marcaje e identificación de sitios de interés (Fig. 2).

El trabajo de planificación de la expedición, teniendo en cuenta la batimetría, permitió el cálculo de la profundidad media del mar dentro del polígono de trabajo (-5.40 m) y, de manera puntual, en sitios de interés. A su vez, proporcionó protección a la vida y salud de los buceadores al excluir profundidades no planificadas que pudieran dificultar su trabajo. Favoreció, además, programar el tipo de actividad (buceo contemplativo o *snorkeling*) que se puede desarrollar según la profundidad del sitio de muestreo, y poder deducir relaciones espaciales reconocidas entre la batimetría y ciertas variables de los ecosistemas (Fig. 3).

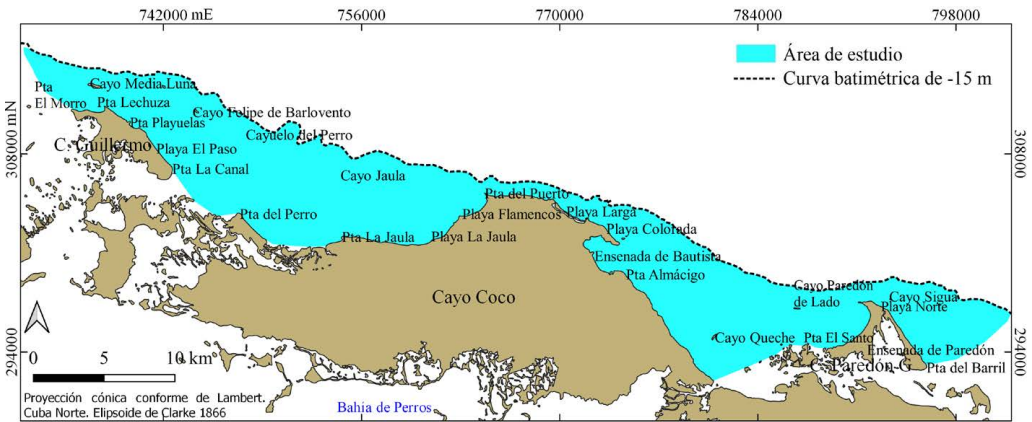


Fig. 2. Límites del polígono de trabajo al norte de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, en el archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

Fig. 2. Limits of the study area north of Guillermo, Coco and Paredón Grande keys, in the Sabana-Camagüey archipelago, Cuba

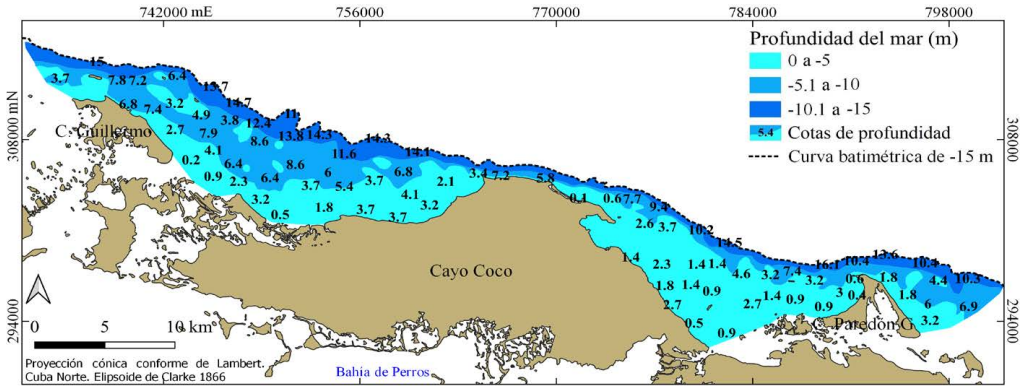


Fig. 3. Batimetría del polígono de trabajo al norte de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, en el archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba
Fig. 3. Bathymetry of the polygon north of Guillermo, Coco and Paredón Grande keys, in the Sabana-Camagüey archipelago, Cuba

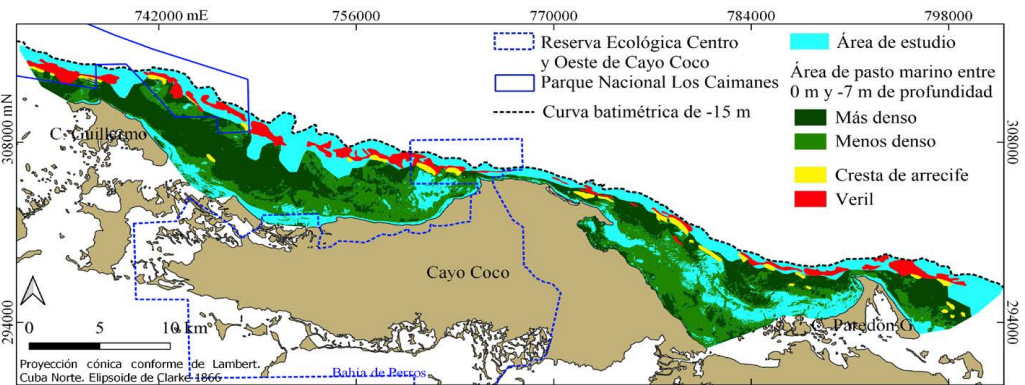


Fig. 4. Distribución de los hábitats marinos objetos de estudio del proyecto al norte de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, en el archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba
Fig. 4. Distribution of the marine habitats studied in the project north of the Guillermo, Coco and Paredón Grande keys, in the Sabana-Camagüey archipelago, Cuba

En la Fig. 4, se muestra el mapa de la posible distribución de los hábitats marinos que serán estudiados. Su alta representatividad, ratifica a la

zona como de alto interés científico, máxime, por el impacto de la actividad turística a la que ha estado expuesta.

Entre los 0 y -7 m de profundidad se identificó un área de 206.37 km² de pasto marino para un 75.90% de cobertura, de ello, el 41.46% es de mayor densidad y un 34.44% menos denso. Hasta los -15 m se reconocieron 27.23 km² de veril y 7.34 km² de crestas de arrecife.

En el área de estudio 46.80 km² (12.82%) corresponden a AMPs, 8.28% al Parque Nacional Los Caïmanes y 4.54% a la Reserva Ecológica Centro y Oeste de cayo Coco. Dentro de estos límites, hasta una profundidad de -7 m, hay una extensión de 13.55 km² de pasto marino, lo que representa el 6.56% del área total de este ecosistema, además se presenta el 37.63% del área de crestas de arrecife y el 35.47% de veril.

Consultas de prueba

La red de 145 643 puntos equidistantes a 50 m creada como una única base de datos integrada, permite la selección mediante el filtro avanzado de combinaciones de características idóneas de los posibles sitios de muestreo. El amplio nivel de información en la base de datos cumple con los requisitos de rangos y resolución requeridos para garantizar las respuestas a las solicitudes de búsqueda de los usuarios.

A continuación, se muestran algunas de las consultas bajo exigencias extremas en el proceso de filtrado, para comprobar la efectividad de la aplicación:

1 ¿Dónde se encuentra el área de pasto marino con alta densidad,

entre -5 y -7 m de profundidad, a no más de 5 km del punto de inicio de la expedición en cayo Paredón Grande, y que a no más de 500 m halla una zona de cresta de arrecife?

2 ¿Dónde se encuentra un sitio de muestreo de investigaciones previas en el hábitat de veril, más cercano a la línea de costa y, a su vez, al punto de inicio de la expedición en cayo Coco, que a menos de 3 km halla un sitio de buceo recreativo y a menos de 100 m una cresta de arrecife?

3 ¿Dónde se encuentra un hábitat de cresta de arrecife dentro de un AMP, a menos de 20 minutos de recorrido en la embarcación del punto de inicio de la expedición en cayo Guillermo, y que la profundidad del mar sea inferior a -10 m?

4 ¿Cuál es el punto dentro del área de estudio donde la profundidad del mar sea entre -2 y -5 m, con hábitat de pasto marino denso, a donde se pueda acceder desde uno de los puntos de inicio de la expedición en un tiempo inferior a 10 minutos, que esté a una distancia no mayor de 2 km de la línea de costa, desde el cual se pueda llegar a un sitio histórico en menos de 25 minutos en la embarcación, y, además, se encuentre lo más alejado posible de un sitio de buceo recreativo?

Los resultados fueron satisfactorios, en cada uno de estos casos, se obtuvo una reducida muestra, de el/los sitio/s de muestreo, que cumplieran con

las condiciones de búsqueda introducidas por el usuario. El esquema del proceso se muestra en la Fig. 5.

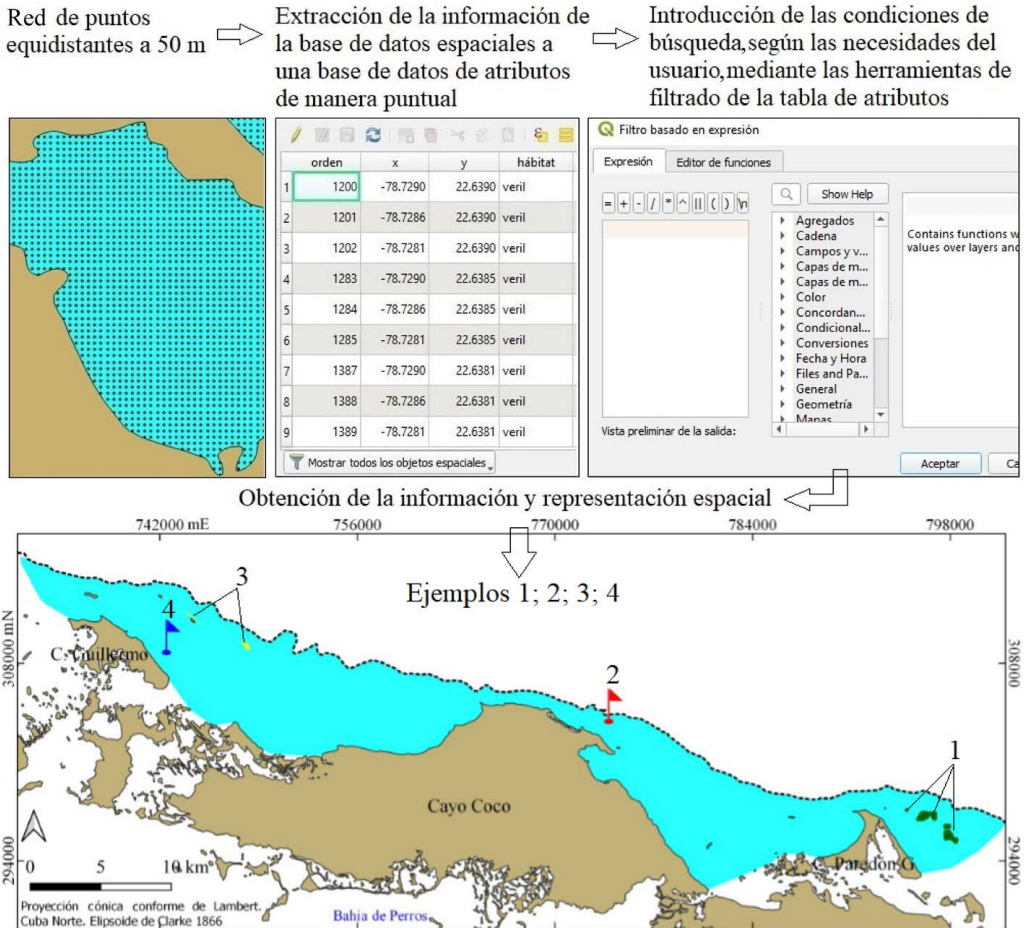


Fig. 5. Esquema del proceso de filtrado avanzado de la información durante las consultas de prueba

Fig. 5. Scheme of the process of advanced information filtering during test queries

Propuesta de sitios de muestreo y rutas marítimas para la expedición

De manera automatizada, mediante el proceso de filtrado, acorde con las condiciones idóneas de búsqueda de cada sitio, según el criterio de los expertos, fueron seleccionados 48 sitios de muestreo definitivos. De ellos, 17 corresponden a hábitats de veril, 15 de crestas y 16 de pasto. Las AMP fueron priorizadas mediante su muestreo en 19 sitios. Además, la selección incluye todos los sitios históricos y de buceo contemplativo. En correspondencia con esta selección, se determinó que serán muestreados 1 700 m² de veril lo que representa el 6.24 % del área total de este hábitat, 1 500 m² de crestas de arrecifes

(20.43%) y 2 400 m² de pasto marino (1.16%). La ictiofauna será estudiada en un área de 38 400 m² y en el caso de los erizos y otros equinodermos asociados en 6 400 m² (Fig. 6).

Fueron diseñadas 16 rutas marítimas que incluyen tres sitios de muestreo cada una. Ocho de ellas inician el recorrido en el *Coco Diving Center*, seis en Puerto Casasa, y las dos restantes desde la base de pesca *al fly*. Las herramientas para el cálculo de distancias de los SIG permitieron determinar cuál de los tres sitios disponibles para el inicio de las expediciones era más factible, en dependencia de la cercanía de los sitios a muestrear; por ejemplo, los sitios del 19 al 24, a pesar de su localización al norte de cayo Coco, es

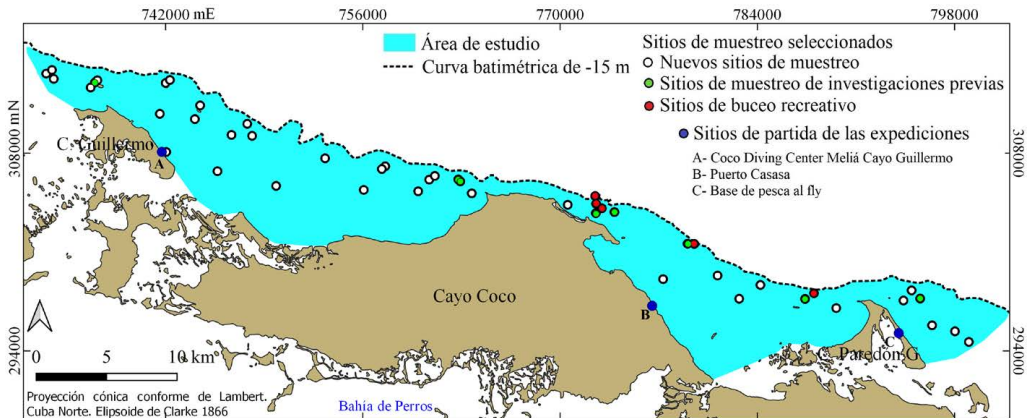


Fig. 6. Propuesta de sitios de muestreo de los hábitats marinos objetos de estudio del proyecto al norte de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, en el archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

Fig. 6. Proposal for sampling sites of the marine habitats studied in the project north of the Guillermo, Coco and Paredón Grande keys, in the Sabana-Camagüey archipelago, Cuba

más rápido su acceso desde el *Coco Diving Center* Meliá cayo Guillermo, de igual manera a los sitios del 40 al 42 localizados al noroeste de cayo Paredón Grande se puede acceder en menor tiempo desde Puerto Casasa en cayo Coco (Fig. 7).

Los resultados obtenidos fueron compilados en una base de datos final, que resume el diseño de la planificación de la expedición marina. Mediante un sencillo análisis, el investigador sabrá, por ejemplo, que en su primer día de expedición le corresponde seguir la ruta número uno, la cual iniciará su recorrido en el *Coco Diving Center*; a una

distancia de 10.75 km encontrará el primer sitio de muestreo correspondiente a un hábitat de veril, en el que no se ha desarrollado muestreos previos ni buceo recreativo, cuando realice su inmersión a una profundidad de -11.90 m y concluida su toma de datos, habrá transcurrido cerca de dos horas y dos minutos desde que inició su trabajo en esa jornada. Así, sucesivamente, dispondrá de la información correspondiente para el resto de los sitios de muestreo de la propia ruta, y para las próximas jornadas, hasta concluir las expediciones marinas. Un resumen de esa base de datos se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resumen de la base de datos generada a partir de los sitios de muestreo y las rutas marítimas propuestas

Table 1. Summary of the database generated from the sampling sites and the proposed maritime routes

Ruta	Sitio	Lat N	Long O	Distancia (km)	Tiempo (Horas/ minutos)	Hábitat	Prof (m)	AMP	Antecedente
1	A*	22.58445	-78.64869	0	0:00	-	-	-	-
	1	22.63792	-78.72365	10.75	2:02	Veril	-11.90	Sí	No
	2	22.63564	-78.72771	11.27	3:34	Cresta	-6.89	Sí	No
	3	22.63219	-78.72252	11.96	5:05	Pasto	-4.90	Sí	No
	A	22.58445	-78.64869	22.28	5:36	-	-	-	-
12	B*	22.48085	-78.31216	0	0:00	-	-	-	-
	34	22.52000	-78.28250	4.91	1:45	Veril	-11.46	No	BR*
	35	22.52001	-78.28667	5.42	3:16	Cresta	-8.34	No	MP*
	36	22.49774	-78.30424	8.57	4:55	Pasto	-1.20	No	No
	B	22.48085	-78.31216	10.19	5:00	-	-	-	-
16	C*	22.46021	-78.14305	0	0:00	-	-	-	-
	46	22.45397	-78.09420	9.51	1:58	Cresta	-5.00	No	No
	47	22.46093	-78.10359	10.79	3:32	Cresta	-5.00	No	No
	48	22.45500	-78.11935	12.62	5:08	Pasto	-6.29	No	No
	C	22.46021	-78.14305	21.91	5:35	-	-	-	-

*Leyenda: A (*Coco Diving Center* Meliá cayo Guillermo); B (puerto Casasa); C (base de pesca *al fly*); BR (buceo recreativo) MP (muestreo previo)

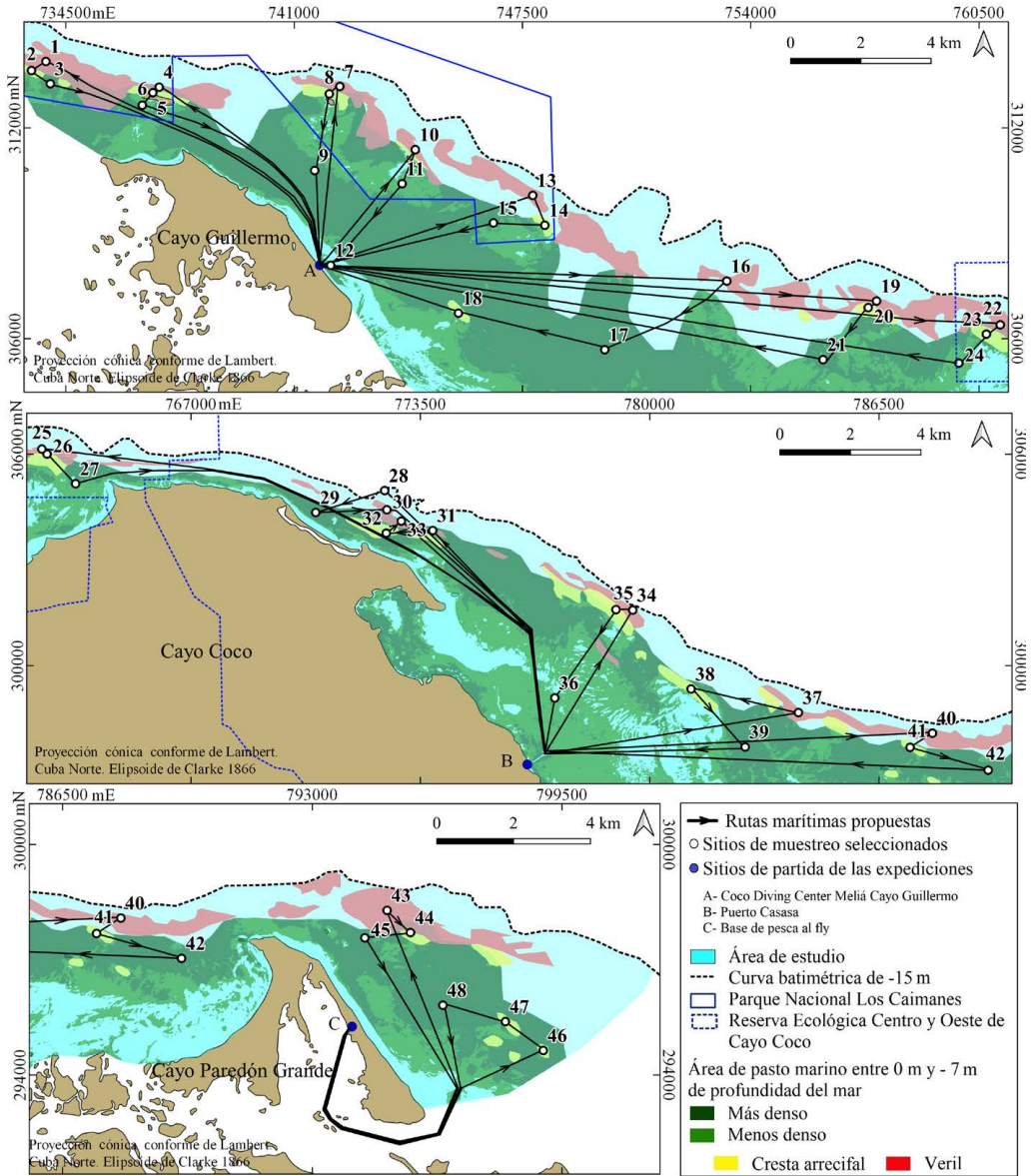


Fig. 7. Propuesta de rutas marítimas para el desarrollo de la expedición al norte de los cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande, en el archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba

Fig. 7. Proposal of maritime routes for the development of the expedition to the north of the Guillermo, Coco and Paredón Grande keys, in the Sabana-Camagüey archipelago, Cuba

DISCUSIÓN

El empleo de sensores remotos y los SIG se han convertido en herramientas vitales para la planificación, dirección y control de actividades que se desarrollan en el medio marino. Según Romero *et al.* (2008), su utilización resulta muy útil a países subdesarrollados como Cuba, que cuentan con grandes riquezas submarinas bajo explotación, y de escasos recursos para su monitoreo (Perea-Ardilla & Oviedo-Barrero, 2020; Millán & García-Valencia, 2021).

Como en la presente investigación, referencias internacionales (Shen & Wuy, 2013; Stevens *et al.* 2014) demuestran las ventajas de las tecnologías de información geográfica, para la optimización de la red de monitoreo marino previo a las labores de campo. También, para el caso del diseño de rutas marítimas, aspecto que fue clave en la planificación de la expedición, hay estudios (Ol'khovik, 2018; Chang *et al.* 2015) que demuestran una mayor factibilidad con la incorporación de estas herramientas.

El desarrollo de monitoreos marinos en Cuba se ha visto, en ocasiones, favorecido por la incorporación de imágenes satelitales para su planificación. González-Díaz *et al.* (2012) seleccionaron, a partir del análisis visual de las mismas, 41 sitios de muestreo de corales, gorgonias y esponjas en el golfo de Ana María. En esta propia área geográfica,

Ventura & Rodríguez (2012) atendiendo a los diferentes tonos reflejados en imágenes satelitales, seleccionaron los posibles sitios de monitoreo de diferentes hábitats. Guimaraes *et al.* (2013) realizaron una clasificación no supervisada, como en la presente investigación, lo que permitió planificar el muestreo *in situ*, para evaluar los daños del huracán Paloma a los ceibadales del archipiélago Jardines de la Reina.

Todas estas referencias nacionales e internacionales, mencionadas antes, poseen aspectos coincidentes con la presente en cuanto al componente de planificación de sitios de muestreo de ecosistemas marinos y rutas factibles de navegación, teniendo en cuenta factores físicos, biológicos, administrativos y legales, mediante el empleo de los SIG y la teledetección. Sin embargo, es válido resaltar la limitada existencia de estudios aplicados a la planificación de expediciones marinas de carácter científico, lo que concede valor añadido a la presente investigación, máxime si se consideran los elevados costos, tiempo, personal calificado y peligrosidad que implica el desarrollo de estas actividades.

Los mapas obtenidos de la distribución espacial de los hábitats marinos producto de una clasificación no supervisada constituyen una aproximación para orientar las expediciones precedentes, lo cual resulta el objetivo fundamental de este estudio. A través del muestreo *in situ* podrán ser validados y

perfeccionados mediante clasificaciones supervisadas de las imágenes satelitales. No obstante, adquieren una gran connotación en el contexto del proyecto, al permitir realizar una caracterización preliminar del objeto de estudio, y así desarrollar una expedición sustentada en el conocimiento de este.

El análisis e incorporación de la información referente a las AMP garantizó un monitoreo organizado, que establece prioridades, y que posibilita luego una toma de decisiones que contribuya al manejo de estos espacios, tarea que para su cumplimiento, según [Hernández-Delgado \(2005\)](#), los SIG tienen un potencial muy amplio.

La metodología diseñada, es con facilidad extrapolable a otros territorios del país, y fuera del ámbito nacional, además puede ser empleada en la planificación de expediciones marinas con fines no necesariamente científicos. Por ejemplo, en el turismo, son frecuentes las expediciones marinas recreativas. El diseño de nuevas rutas y selección de sitios de buceo contemplativo basado en el empleo idóneo de los SIG brindará la posibilidad de diversificar y perfeccionar la oferta turística bajo el principio de sostenibilidad.

La base de datos espaciales y de atributos del SIG, puede ser enriquecida y actualizada desde diversas fuentes, a medida que la disponibilidad de información sea mayor, de acuerdo al estado cambiante de las necesidades de los proyectos o posibles alteraciones

en el área de estudio, lo que garantiza su funcionalidad en el tiempo.

Por su parte, es válido señalar que el diseño de las rutas marítimas se generalizó en líneas, sobre todo rectas, que conectan los sitios de muestreo por la menor distancia que los separa. Las mismas son útiles como una guía a seguir durante el recorrido de la embarcación, lo que no implica que existan ligeras variaciones en las rutas reales por maniobras de esquivar de hábitats someros como crestas de arrecife para su conservación o evitar posibles accidentes de colisión, así como la influencia de corrientes marinas, fuerza y dirección del oleaje, entre otros factores locales y de estado cambiante.

A sabiendas que son muchas las dificultades que pueden originarse durante una expedición marina y cambiar toda la planificación, el SIG diseñado, debió ser flexible y sujeto a modificaciones. Este objetivo fue cumplido, dada la amplia base de datos generada y la inventiva de su fácil acceso, mediante un rápido proceso de filtrado, el usuario tiene la posibilidad de elegir entre 145 643 sitios con informaciones diferentes y replantearse el diseño de su expedición ante un imprevisto.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian la importancia del empleo de los SIG, para el proceso de toma de

decisiones que favorezcan el desempeño de actividades de carácter científico en el medio marino. Esto a su vez, garantiza un mejor manejo de los ecosistemas marinos ante la necesidad imperante de su protección y restauración.

El uso idóneo de los SIG, permitió una planificación de las expediciones marinas en el archipiélago Sabana-Camagüey pese a las necesidades y retos del proyecto de investigación. El proceso de búsqueda de cada sitio de muestreo idóneo y de las rutas marítimas a seguir, basados en la integración favorable de cada factor analizado dentro de estos aspectos considerados, garantiza una elevada eficiencia en cuanto a la posterior toma de datos, su representatividad de la problemática actual de carácter espacial y calidad de los resultados tras su procesamiento.

REFERENCIAS

- Aguilera, L. (2017). *Cartografía de la distribución espacial del pasto marino en el PNP "Rincón de Guanabo", La Habana*. (Tesis de diploma no publicada). Universidad de La Habana, Cuba.
- Alcolado, P. M. & Durán, A. (2011). Sistema de escalas para la clasificación y puntaje de condición de los bentos e ictiofauna de arrecifes coralinos de Cuba y del Gran Caribe. *Ser. Oceanol.*, 8, 25-29.
- Alcolado, P. M. (2006). Diversidad, utilidad y estado de conservación de los biotopos marinos. En R. Claro (Ed.), *La Biodiversidad Marina de Cuba* (pp. 23-61). Cuba: Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- Alcolado, P. M., García, E. E. & Arellaano, M. (Eds.). (2007). *Ecosistema Sabana-Camagüey: Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad*. Cuba: Editorial Academia.
- Benton, A. R. & Newman, R. M. (1976). Color aerial photography for aquatic plant monitoring. *J. Aquat. Plant. Manag.*, 14(6), 14-16.
- Brock, V. E. (1954). A preliminary report on a method of estimating reef fishes populations. *J. Wildl. Manag.*, 18(3), 297-308. <https://doi.org/10.2307/3797016>
- Cerdeira-Estrada, S., Lorenzo-Sánchez, S., Areces-Mallea, A. & Martínez-Bayón, C. (2008). Cartografía de la distribución espacial de los hábitats bentónicos en el Golfo de Batabanó utilizando imágenes LANDSAT-7. *Cienc. Mar.*, 34(2), 213-222. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v34i2.1293>
- Chang, K. Y., He, S. S., Chou, C. C., Kao, S. L. & Chiou, A. S. (2015). Route planning and cost analysis for travelling through the Arctic Northeast Passage using public 3D GIS. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, 29(8), 1375-1393. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1030672>
- Claro, R. & Robertson D. R. (2010). *Los peces de Cuba*. Cuba: Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- Clero, L., Pina, F., Hernández, L., Martín, F., Zúñiga, D., Cowling, S., & Caldwell, S. (2006). Biota acuática del norte de la provincia de Ciego de Ávila. En CIEC (Ed.), *Ecosistemas Costeros: biodiversidad y gestión de recursos naturales. Compilación por el XV Aniversario del CIEC* (pp. 182-205). Cuba: Editorial Cujae.
- Del Valle, L. & i Pons, G. X. (2019). Compilació cartogràfica dels hàbitats marins de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears.*, 62, 73-101.

- Fernández-Salvador, S., García-Sanabria, J. & García-Onetti, J. (2021). Basis for Marine Spatial Planning (MSP). An interpretation for the Gulf of Cadiz. *Costas*, 2, 273-292. <https://doi.org/10.26359/costas.e1321>
- Gómez, A. M. & Estruch, V. (2019). Valoración económica de los servicios ecosistémicos marinos: un caso de estudio de La Safor, Golfo de Valencia, España. *Ecosistemas*, 28(2), 100-108. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1644>
- González-Díaz, P., Perera-Pérez, O., Pérez-García, J. A. & Hernández-Fernández, L. (2012). Biodiversidad de corales, gorgonias y esponjas en un sector del golfo de Ana María. *Rev. Invest. Mar.*, 32(2), 20-29.
- Guimaraes, M., Zúñiga, A., Pina, F. & Matos, F. (2013). Efectos del Huracán Paloma sobre los pastos marinos del archipiélago Jardines de la Reina, Cuba. *Rev. Biol. Trop.*, 61(3), 1425-1432. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i3.11969>
- Hernández, A. (2005). Oceanografía por satélite: un paso más en el conocimiento del medio marino. En Asociación de Estudios del Mar (Ed.), *XXII Semana de Estudios del Mar* (pp. 95-124). España: Ayuntamiento de Las Palmas.
- Hernández-Delgado, E. A. (2005). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al manejo de las áreas marinas protegidas en Puerto Rico: El caso de la Isla de Culebra. *Gulf. Caribb. Fish. Inst.*, 56, 537-556.
- IDRISI TerrSet. (2020). *IDRISI TerrSet sistema de información geográfica*, versión 19.0.6. EE. UU. Clark Labs.
- IGP. Instituto de Geología y Paleontología. (2011a). *Mapa Geológico de la República de Cuba*. [Hoja topográfica 4483 Punta Alegre]. Escala 1:100 000. Cuba, IGP Edición 2.
- IGP. Instituto de Geología y Paleontología. (2011b). *Mapa Geológico de la República de Cuba*. [Hoja topográfica 4583 Cayo Coco.] Escala 1:100 000. Cuba, IGP Edición 2.
- Loya, Y. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.*, 13(2), 100-123. <https://doi.org/10.1007/BF00366561>
- Martínez-Daranas, B. (2007). *Características y estado de conservación de los pastos marinos en áreas de interés del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba*. (Tesis de doctorado no publicada). Universidad de La Habana, Cuba.
- Martínez-Daranas, B., Macías, R. D. & Cano, M. M. (2013). *Protocolo para el muestreo de los pastos marinos*. Cuba: Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Millán, S. & García-Valencia, C. (2021). Delimitación ecológica de fondos someros para los atolones Serrana, Roncador y Quitasueño de la Reserva de la Biosfera Seaflower, Caribe colombiano. *Bol. Investig. Mar. Cost.*, 50(1), 197-205. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.1.988>
- Ol'khovik, E. (2018). Geoinformation system use for transportations planning in water area of Northern Sea Route. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 194(7), 1-8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/194/7/072010>
- Pasqualotto, N., Delegido, J., Van Wittenberghe, S., Rinaldi, M. & Moreno, J. (2019). Multi-Crop Green LAI Estimation with a New Simple Sentinel-2 LAI Index (SeLI). *Sensors*, 19(4), 1-19. <http://dx.doi.org/10.3390/s19040904>
- Patera, A., Pataki, Z. & Kitsiou, D. (2022). Development of a webGIS Application to Assess Conflicting Activities in the Framework of Marine Spatial Planning. *J. Mar. Sci. Eng.*, 10(3), 1-16. <https://doi.org/10.3390/jmse10030389>

- Perea-Ardilla, M. A. & Oviedo-Barrero, F. (2020). Batimetría derivada por satélite (sdb): una aproximación a la cartografía batimétrica con imágenes multiespectrales en aguas poco profundas de Bahía Solano, Colombia. *Rev. Cien. Mar. Cost.*, 12(1), 117-134. <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.12-1.6>
- Porter, J. W. (1972). Ecology and species diversity of coral reefs on opposite sides of the Isthmus of Panama. *Bull. Biol. Soc. Wash.*, 2, 89-116.
- QGis 318. (2021). QGis sistema de información geográfica. *Proyecto de Fundación Geoespacial de código abierto*. Suiza. <http://qgis.org>
- Reuss, G. M. (2004). *Caracterización del paisaje sumergido costero para la gestión de áreas marinas protegidas*. (Tesis de doctorado no publicada). Universidad de Las Palmas, Gran Canaria.
- Rodríguez, J. & Ruíz, J. (2010). Conservación y protección de ecosistemas marinos: conceptos, herramientas y ejemplos de actuaciones. *Ecosistemas*, 19(2), 5-23.
- Romero, M. A., Boomhower, J., Lazo, R., Heyman, W. D., Kobara, S., Camisotti, H. & Posada, J. M. (2008). Mapeo de los hábitats sumergidos alrededor del cayo Dos Mosquises Sur, Parque Nacional Archipiélago Los Roques, Venezuela en la Serie de Tiempo 1944-1999. *GCFI.*, 60, 436-442.
- Ruiz-Plasencia, I., Hernández-Albernas, J. & Ruiz-Rojas, E. (2019). Catálogo de las áreas protegidas de Cuba. En I. Ruiz (Ed.), *Las áreas protegidas de Cuba* (pp. 386). Cuba: Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Shen, Y. & Wu, Y. (2013). Optimization of marine environmental monitoring sites in the Yangtze River estuary and its adjacent sea, China. *Ocean Coast Manage.*, 73, 92-100, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.11.012>
- Stevens, T. F., Sheehan, E. V., Gall, S. C., Fowell, S. C. & Attrill, M. J. (2014). Monitoring benthic biodiversity restoration in Lyme Bay marine protected area: Design, sampling and analysis. *Mar. Policy*, 45, 310-317. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.09.006>
- Ventura, D. Y. & Rodríguez, C. Y. (2012). Hábitats del golfo de Ana María identificados mediante el empleo de procesamiento digital de imágenes. *Rev. Invest. Mar.*, 32(2), 1-8.

Nuevos registros y datos morfométricos y merísticos del conejo de hondura, *Sphoeroides pachygaster* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae), en el suroeste del golfo de México

New records and morphometric and meristic data of the blunthead puffer, *Sphoeroides pachygaster* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae), from southwestern Gulf of Mexico

Luis Fernando Del Moral-Flores^{1*} & Alondra Jazmín Castro-Martínez



RESUMEN

El objetivo de esta contribución es presentar nuevos registros de ocurrencia de *Sphoeroides pachygaster*, con base en 8 ejemplares depositados en una colección científica, de 175-313 mm de longitud estándar y un peso de 178.7-1 010 g, que fueron capturados al sur de Veracruz, suroeste del golfo de México. En adición, se muestran y discuten datos merísticos y morfométricos de los ejemplares capturados como soporte a la identificación.

Palabras clave: ictiofauna mexicana, ocurrencia, pez globo, distribución, nuevos registros



ABSTRACT

The objective of this contribution is to present new records of the occurrence of *Sphoeroides pachygaster*, based on 8 specimens deposited in a scientific collection of 175-313 mm in standard length weighing 178.7-1 010 g, which were captured south of Veracruz, southwestern Gulf of Mexico. In addition, meristic and morphometric data of the captured specimens are given and discussed as support for identification.

Keywords: Mexican ichthyofauna, occurrence, puffer fish, distribution, new records

1 Laboratorio de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). delmoralfer@comunidad.unam.mx*. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7804-2716>; alondracas-tro925@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5584-3687>

INTRODUCCIÓN

En el océano Atlántico se han registrado 17 especies (4 géneros) de peces globo (Tetraodontidae); de ellas, 12 presentan una distribución restringida al Atlántico occidental y 3, *Lagocephalus laevigatus* (Linnaeus 1766), *L. lagocephalus* (Linnaeus 1758) y *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel 1848), una distribución anfiatlántica (Shipp, 1974; Robertson *et al.* 2019a).

Sphoeroides pachygaster (Müller & Troschel 1848) es conocida como conejo de hondura o botete chato. Muestra una amplia distribución que incluye, además del océano Atlántico, los océanos Índico y Pacífico occidental, las costas de Japón (Matsuura, 1988), el archipiélago de Hawái (Chave & Mundy, 1994) y las costas de Australia, Nueva Caledonia y Nueva Zelanda (Hardy, 1981; Matsuura & Tyler, 1997). Asimismo, se le considera una especie de incursión reciente en el Mediterráneo, donde se han documentado puntualmente sus ocurrencias (Psomadakis *et al.* 2008; Carbonara *et al.* 2017; Kara *et al.* 2020; Kizilkaya & Akyol, 2020; Hussein *et al.* 2021). En el Atlántico occidental, esta especie se reparte desde Nueva Escocia, Canadá, hasta Argentina (Gilhen *et al.* 1985), incluyendo el golfo de México (McEachran & Fechhelm, 2005). Pese a lo anterior, en la región sur de dicho golfo, sus registros son relativamente escasos y, al igual

que con otros congéneres, puede existir confusión sobre su identidad en la zona (Hoese & Moore, 1998).

De acuerdo con los registros de captura, *S. pachygaster* habita de preferencia en aguas profundas; se encuentra principalmente entre los 100 y 500 m de profundidad (Shipp, 2002), aunque algunos autores (*e. g.*, Robertson *et al.* 2019a) lo reportan en un intervalo de 1 a 1 500 m de profundidad. Esta es una especie bentopelágica (Matsuura & Tyler, 1997) y es considerada un carnívoro generalista, al alimentarse de moluscos, crustáceos y otros peces (Psomadakis *et al.* 2008; Carbonara *et al.* 2017). Aún existe muy poca información sobre su historia natural, sus preferencias y usos de hábitat, así como sobre su distribución local (Hussein *et al.* 2021). Dado lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo presentar nuevos registros de ocurrencia de la especie en el sur del golfo de México, con datos adicionales sobre su merística y morfometría.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la pesca prospectiva de hondura en el período de 2020 a 2022, empleando una embarcación menor de 7.62 m de eslora, 3 m de maga y un motor fuera de borda de 90 hp de fuerza, en el sur de Veracruz, frente a la costa de Los Tuxtlas, suroeste del golfo de México (Fig. 1), mediante palangre

de fondo de 1 500 m de línea madre y anzuelos del número 0/8 y 0/10, se capturaron 8 ejemplares de la especie *S. pachygaster*, conocida localmente como conejo o pez globo de hondura. Los ejemplares capturados fueron identificados *in situ*, por medio del uso de claves especializadas (Shipp, 1974; McEachran & Fechhelm, 2005; Shipp, 2002); posteriormente, fueron fijados con formol (10%), preservados en alcohol (70%) y depositados en la Colección Ictiológica de la Facultad de

Estudios Superiores Iztacala, UNAM (CIFI). En el laboratorio, se tomaron las medidas morfológicas y los conteos merísticos (Cuadro 1), con base en Carbonara *et al.* (2017); las alturas corporales se extrajeron del reborde corporal sin considerar el ejemplar distendido. Las medidas se obtuvieron con el uso de un calibrador digital (± 0.1 mm), mientras que el peso se determinó con una balanza semianalítica (± 0.1 g).

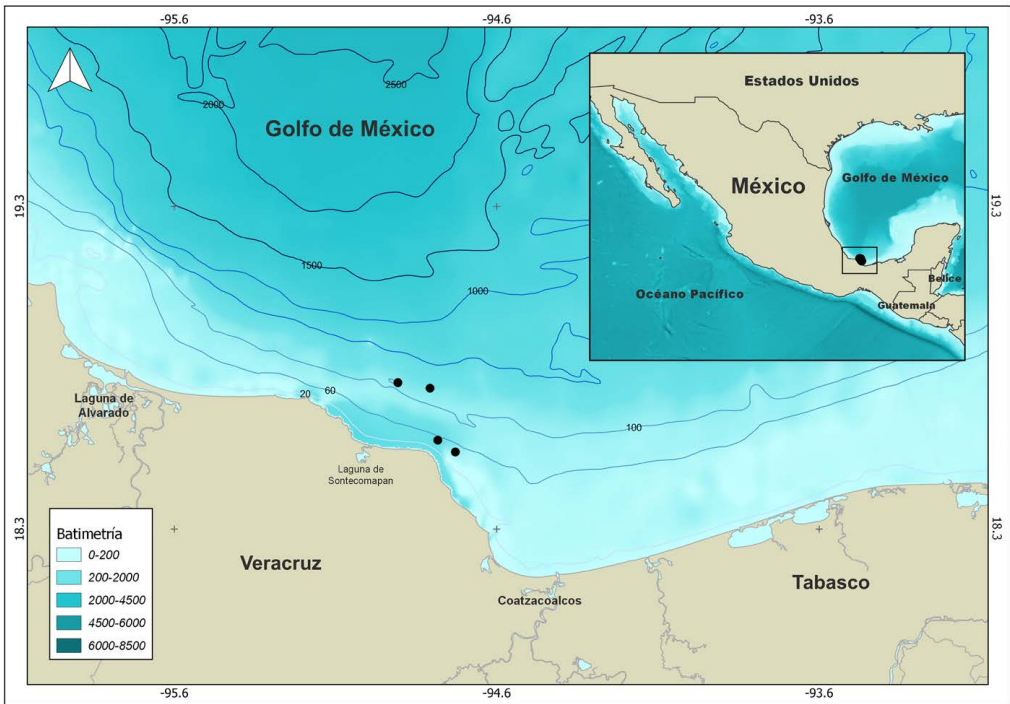


Fig. 1. Mapa del suroeste del golfo de México que señala los puntos de captura (círculos negros) de los registros de *Spherooides pachygaster*
Fig. 1. Map of the southwest Gulf of Mexico indicating capture points (black circles) of the *Spherooides pachygaster* records

RESULTADOS

Sphoeroides pachygaster (Müller & Troschel 1848)

Blunthead puffer (English) / Conejo de hondura, pez globo de hondura (español)
(Fig. 2, Cuadro 1)



Fig. 2. *Sphoeroides pachygaster*. i) Ejemplar del capturado en suroeste del golfo de México (CIFI-1 729; 278 mm de longitud total (LT)); ii) esqueleto axial de un organismo de 370 mm de LT

Fig. 2. *Sphoeroides pachygaster*. i) Specimen captured in the southwestern Gulf of Mexico (CIFI-1 729; 278 mm total length (TL)); ii) axial skeleton of an organism of 370 mm TL

Cuadro 1. Datos morfométricos y merísticos del conejo de hondura, *Sphoeroides pachygaster*, capturados en el suroeste del golfo de México. Los valores entre paréntesis se expresan como porcentaje de la longitud patrón. Abreviaturas: LT (longitud total), LP (longitud patrón), LPA (longitud preanal), LC (longitud cefálica), LH (longitud del hocico), LO (longitud opercular), AC (altura cefálica), ACO (altura corporal), AA (altura anal), APC (altura pedúnculo caudal), AOP (altura opercular), EIO (espacio interorbital), ANC (ancho cefálico), ACP (ancho corporal), ANA (ancho anal), ANP (ancho del pedúnculo caudal), DHO (diámetro horizontal del ojo), DVO (diámetro vertical del ojo), LPO (longitud postorbital), LAP (longitud aleta pectoral), LAC (longitud aleta caudal), PT (peso total en g), D (dorsal), A (anal), Pe (pectoral), C (caudal)

Table 1. Morphometric and meristic data of the blunthead puffer, *Sphoeroides pachygaster*, captured in the southwestern Gulf of Mexico. Values in parentheses are expressed as a percentage of standard length. Abbreviations: LT (total length), LP (standard length), LPA (preanal length), LC (head length), LH (snout length), LO (opercular length), AC (head height), ACO (body height), AA (anal height), APC (caudal peduncle height), AOP (opercular height), EIO (interorbital space), ANC (cephalic width), ACP (body width), ANA (anal width), ANP (caudal peduncle width), DHO (horizontal eye diameter), VOD (vertical eye diameter), LPO (postorbital length), LAP (pectoral fin length), LAC (caudal fin length), PT (total weight in g), D (dorsal), A (anal), Pe (pectoral), C (caudal)

Morfometría	CIFI 1729		CIFI 1729		CIFI 1807		CIFI 1807		CIFI 1909		CIFI 1951		(Min.- máx.)	Sampaio et al. (2001)	Carbonara et al. (2017)
	1729	1729	1729	1807	1807	1807	1909	1951	1909	1951	1951				
LT	278	305	246	285	357	357	257	231	200-355	-	-	-			
LP	243	257	209	245	310	310	218	198	175-313	256-352.3					
LPA	184	191	154	173	221	221	157	142.9	(70.6-75.7)	-					(75.4-78.9)
LC	88.3	97.2	80.8	83.7	111.3	111.3	84	75.9	(34.2-38.7)	(37.6-39.2)					(35.4-41.5)
LH	40.4	47.6	36.6	36.2	60.7	60.7	41.5	34.1	(14.8-19.6)	(17.8-19.9)					(11.4-17.6)
LO	107.1	114.1	89.8	102.1	136.1	136.1	90.1	87.1	(41.3-44.4)	-					(32.5-38.8)
AC	44.6	56.9	39.8	49.8	62	62	42.2	40.5	(18.4-22.1)	-					(18.7-19.9)
ACO	43.4	56.7	37.2	44.5	59.4	59.4	45.4	37	(17.8-22.1)	(27.3-30.2)					(42.0-45.0)
AA	29.8	46.6	38.5	34.1	44.9	44.9	37	24.7	(12.3-18.4)	-					(16.2-18.8)
APC	14.1	14.5	11.2	13.1	17.2	17.2	10.8	10.1	(5.0-5.8)	-					(5.2-5.7)

Morfometría	CIFI 1729		CIFI 1729		CIFI 1807		CIFI 1909		CIFI 1951		(Min.- máx.)	Sampaio et al. (2001)	Carbonara et al. (2017)
	1729	1729	1729	1807	1807	1807	1909	1951	1951				
AOP	44.3	56.9	32.9	44.2	54.7	43.1	32.2	(15.7-22.1)	-	(13.1-17.2)			
EIO	27.8	35.3	28.7	27.3	37.3	31.3	22.7	(11.1-14.4)	-	(12.4-14.3)			
ANC	43.8	47.9	43.3	45.7	62.1	39.2	35.7	(18.0-20.7)	-	(17.3-19.7)			
ACP	43.4	44.2	41.7	43.8	62	40.3	30.9	(15.6-20.0)	-	(20.2-22.5)			
ANA	31.2	32.5	32.4	27.2	41.6	22.5	19.7	(9.9-15.5)	-	(15.4-16.6)			
ANP	8.9	12.9	12	11.4	14.1	10.4	9.1	(3.7-5.7)	-	(4.5-4.9)			
DHO	19.2	24.9	21.3	23.4	25	21.9	21.5	(7.9-10.2)	(7.9-9.6)	(6.4-8.9)			
DVO	10	12.4	13.2	10.9	11.7	13.3	12.9	(3.8-6.3)	-	(4.7-5.7)			
LPO	28.3	30.1	27.1	27.4	32.2	20	24.7	(9.2-13.0)	-	-			
LAP	36.8	40.7	34.8	33.4	47.8	30.5	35.1	(13.6-16.7)	-	-			
LAC	38.4	47	35.6	38.5	48.2	36.3	35.3	(15.5-18.3)	-	-			
PT	412	669	346.7	572.3	1 010	380.8	178.7	-	-	200.8-1 540.8			
Merística													
D	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
A	8	8	8	9	8	9	9	9	9	9	8	7	7
Pe	16	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14
C	10	9	9	9	10	10	9	9	9	9	-	-	9

Nuevos registros. En total se registraron 8 ejemplares: CIFI-1729; 3 especímenes (246-357 mm LT); al este de La Perla del Golfo, Veracruz; 18° 32' 19'' N, 94° 43' 42'' W; ca. 280 m de profundidad; 12 de diciembre de 2020. CIFI-1807; 2 especímenes (278-305 mm LT); al noreste de Montepío, Veracruz; 18° 44' 12'' N, 94° 48' 25'' W; ca. 200 m de profundidad; 28 de febrero de 2021. CIFI s/catálogo; 1 espécimen procesado para osteológica (370 mm LT); al noreste de Salinas Roca Partida, Veracruz; abril de 2021. CIFI-1909; 1 espécimen (257 mm LT); al noreste de Punta Roca Partida, Veracruz; 18° 45' 13.61'' N, 94° 54' 23.81'' W; ca. 180 m de profundidad; 7 de julio de 2021; CIFI-1951; 1 espécimen (231 mm LT); al noreste de La Perla del Golfo, Veracruz; 18° 34' 32'' N, 94° 46' 58'' W; 210 m de profundidad; 9 de abril de 2022.

Los datos morfométricos y merísticos de los ejemplares capturados se presentan en el Cuadro 1. Estos organismos son de forma globosa, su piel es desnuda y carece de espinas. La región cefálica es grande y el hocico pronunciado. Los ojos son relativamente grandes, representan del 7.9 al 10.2% de la LP y caben de 3.5 a 4.6 veces en la longitud cefálica. La línea lateral es sinuosa y en la región cefálica sufre ramificaciones. Cada mandíbula presenta un par de dientes en forma de pico, los superiores cubren a los inferiores cuando la boca

se encuentra cerrada. El origen de la aleta dorsal antecede al de la aleta anal, ambas tienen una forma similar. No hay aletas pélvicas, la aleta caudal es truncada y su coloración oscura, con los ápices dorsal y ventral blancos. La coloración corporal de la región dorso-lateral es grisácea tenue y presenta varias manchas irregulares negras de un tamaño menor al diámetro ocular; la región ventral es blanca. Las aletas y algunas zonas muestran una tonalidad verde olivo (Fig. 2). El borde de las aletas pectorales posee forma de "S". Se contabilizaron un total de 19 vértebras, incluyendo la placa hipúrica (Fig. 2). La aleta dorsal deja ver 8 radios, la anal de 8 a 9 radios (moda de 8), la pectoral de 15 a 16 radios (16) y la caudal de 9 a 10 radios (9).

DISCUSIÓN

Aunque existen algunos registros de ocurrencia de esta especie en la parte norte del golfo de México, en el sur solo aparece su mención, sin especificar alguna localidad puntual de captura (Lara-Domínguez *et al.* 1993). Además, Robertson *et al.* (2019a) exponen algunos registros de ocurrencia en el sur del golfo de México, sin embargo, es necesario revisar los ejemplares de dichos registros y establecer mejor su área de distribución. En la región cercana al área de captura, en la zona costera colindante a Los Tuxtlas,

Veracruz, no se había reportado a la especie (Schaldach *et al.* 1997). Por otro lado, tal especie no fue registrada en los muestreos de aguas profundas en el golfo de México (Ramírez *et al.* 2019). Por su parte, se revelan registros que corresponden a identificaciones erróneas; así, Ayala-Pérez *et al.* (2015) mencionan a la especie en el sistema estuarino-lagunar de Palizada, Campeche; no obstante, al analizar detalladamente la figura que alude al ejemplar, esta corresponde a un juvenil de *Spherooides parvus*, que se puede reconocer por tener ojos en posición alta, las manchas y lunares de color marrón o gris, principalmente en los costados, y el lunar central de la axila pectoral de coloración menos intensa que el resto de lunares. Además, los juveniles de *S. pachygaster* son oceánicos y es la única especie del género *Spherooides* que tiene preferencia por aguas profundas (Mutlu *et al.* 2021), lo cual contradice el reporte de Ayala-Pérez *et al.* (2015).

Spherooides pachygaster es una especie considerada rara, de hecho, hay muy pocos especímenes colectados en el Atlántico occidental depositados en colecciones científicas (Sampaio *et al.* 2001). En el área del Banco de Campeche, se ha registrado, también, como una especie rara, con un único avistamiento confirmado cerca de Cayo Arcas (Robertson *et al.* 2019b). Por su lado, los registros de Robertson *et al.* (2019a) para la parte sur del golfo

de México deber ser verificados. Con respecto a otros registros en México, Tirado-Ibarra *et al.* (2018) mencionan a *S. pachygaster* en las costas del Pacífico; estos deben ser verificados por su posible mala determinación, ya que no existe, hasta el momento, un registro válido para el Pacífico oriental.

Los ejemplares capturados se encuentran asociados a ambientes de aguas profundas (150-250 m) y el sustrato es rocoso con parches arenosos. En el área, se encuentran asociados con tiburones de los géneros *Squalus* y *Scilyorhinus* (Del Moral-Flores & Paleo-Delgado, 2018), junto con otros peces típicos de zonas profundas, incluyendo al pez conejo oceánico (Del Moral-Flores & Huidobro-Campos, 2022). De acuerdo con reportes previos en los cuales se describe el entorno y el hábitat de esta especie, se podría inferir una preferencia hacia fondos blandos, donde predominan los suelos arenosos, fangosos y limosos, así como aquellos donde hay mayores abundancias de cnidarios (Psomadakis *et al.* 2008; Carbonara *et al.* 2017; Akbora *et al.* 2021). La especie *S. pachygaster* ha colonizado el Mediterráneo y se dispersado de forma exitosa en él; es posible que este proceso sea favorecido por la adecuación ambiental y que su cualidad de carnívoro generalista le permita aprovechar, de manera adecuada, los recursos, al contar con una baja depredación por la presencia de toxinas (Corsini-Foka *et al.* 2010).

Las características morfológicas, datos merísticos y morfométricos de los especímenes examinados corresponden con lo reportado en el Atlántico occidental (Shipp, 1974; Sampaio *et al.* 2001) y con la mayoría de las medidas y merística de los ejemplares del Mediterráneo, con solo ligeras diferencias en el número de radios pectorales y caudales (Psomadakis *et al.* 2008; Carbonara *et al.* 2017; Akbora *et al.* 2021). Las mayores distinciones se encuentran en la alturas cefálica y corporal, a causa de que los ejemplares con el estómago distendido pueden agregar cierto ruido a las mediciones.

Por otro lado, es necesario poder evaluar genéticamente la afinidad de los ejemplares del Mediterráneo, ya que, de acuerdo con Shipp (1974), existe evidencia de 2 poblaciones discretas, las cuales se pueden reconocer por el número de radios de la aleta pectoral, el tamaño del ojo y el ancho interorbital. El ejemplar más grande reportado hasta el momento es un ejemplar hembra de 520 mm de LT y 1 200 g de peso, el cual fue capturado en Chipre (Akbora *et al.* 2021). Las tallas observadas en los ejemplares de este estudio permiten suponer que son maduros y en procesos de maduración, según lo observado por Carbonara *et al.* (2017). Finalmente, es necesario hacer indagaciones sobre la biología reproductiva de la especie, para determinar si hay poblaciones estables reproductivas y en la región;

por otro lado, esto podría soportar la hipótesis de un dimorfismo sexual, como se han observado en el área de captura en organismos en proceso reproductivo del pez conejo oceánico *L. lagocephalus* (Del Moral-Flores & Huidobro-Campos, 2022).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto PAPIIT-UNAM IA207820. Agradecemos el apoyo a los pescadores locales, A. Campos Pérez y E. Campos Vicente, por capturar los ejemplares de la presente contribución. Igualmente, damos las gracias a N. M. Rodríguez Rentería y Tamara León, por la elaboración del mapa; a E. García, por el procesamiento del esqueleto axial; al programa CONACyT, por el apoyo otorgado, y a los revisores anónimos, por sus comentarios enriquecedores.

REFERENCIAS

- Akbora, H. D., Snape, R., Ayas, D. & Çiçek, B. A. (2021). The first substantiated record of blunthead puffer *Spherooides pachygaster* (Müller and Troschel, 1848), from the coast of northern Cyprus (eastern Mediterranean). *Mar. Sci. Tech. Bull.*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.33714/masteb.722547>
- Ayala-Pérez, L. A., Miranda, J. R., Hernández, D. F., López, A. S. & Romero G. E. M. (2015). *Ictiofauna Marina y Costera de Campeche*. México: Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

- Carbonara, P., Kolutari, J., Đurović, M., Gaudio, P., Ikica, Z., Kroqi, G., ... & Spedicato, M. T. (2017). The presence of Tetraodontidae species in the Central Mediterranean: an update from the southern Adriatic Sea. *Acta Adriat.*, 58(2), 325-338. <https://doi.org/10.32582/aa.58.2.11>
- Chave, E. H. & Mundy, B. C. (1994). Deep-sea benthic fish of the Hawaiian Archipelago, Cross seamount and Johnston Atoll. *Pac. Sci.*, 48(4), 367-409.
- Corsini-Foka, M., Margies, P., Kondilatos, G. & Economidis, P. S. (2010). Tetraodontid colonizers in the Aegean Sea; second record of the Spiny blaasop, *Tylerius spinosissimus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae). *Acta Ichthyol. Piscat.*, 40(1), 71-74. <http://dx.doi.org/10.3750/AIP2010.40.1.10>
- Del Moral-Flores, L. F. & Paleo-Delgado, S. (2018). Confirmación de la presencia del tiburón cadena, *Scyliorhinus retifer* (Garman, 1881), en el suroeste del Golfo de México. *Rev. Cien. Mar. Cos.*, 10(2), 95-103. <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.10-2.5>
- Del Moral-Flores, L. F. & Huidobro-Campos, L. (2022). Primeros registros y ampliación de distribución geográfica del pez conejo oceánico, *Lagocephalus lagocephalus* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae), en el Golfo de México. *Cienc. Mar.* (en prensa).
- Gilhen, J., Gruchy, C. G. & McAllister, D. E. (1985). The blunthead puffer, *Sphoeroides pachygaster* (Muller and Troschel, 1848) (Pisces: Tetraodontidae) new to Nova Scotia and Canada. *Proc. N. S. Inst. Sci.*, 35, 29-31.
- Hardy, G. S. (1981). New records of pufferfishes (family Tetraodontidae) from Australia and New Zealand, with notes on *Sphoeroides pachygaster* (Müller and Troschel) and *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin). *Nat. Mus. N. Z. Rec.*, 1(2), 311-316.
- Hoesel, H. D. & Moore, R. (1998). *Fishes of the Gulf of Mexico: Texas, Louisiana, and adjacent waters*. EE. UU.: College Station, Texas A&M University Press.
- Hussein, K. B., Bensahla-Talet, L. & Chakouri, A. (2021). A review on the occurrence of the Blunthead puffer, *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) in the Mediterranean with a new occurrence from Oran Bay (Western Algeria). *Aquat. Sci. Eng.*, 36(2), 89-94. <http://dx.doi.org/10.26650/ASE2020771666>
- Kara, M. H., Mezali, K., Kacher, M., Etsouri, M., Chaoui, L. & Francour, P. (2020). New multiple records of the blunthead puffer *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) along the western Mediterranean coasts and reassessment of its biogeography. *Vie et Milieu-Life Environ.*, 70(1), 55-63.
- Kizilkaya, I. T. & Akyol, O. (2020). Additional record of *Sphoeroides pachygaster* (Tetraodontifae) in the Aegean Sea (Fethiye, Turkey). *COMU-JMSF*, 3(2), 136-139. <https://doi.org/10.46384/jmsf.770253>
- Lara-Domínguez, A. L., Arreguín-Sánchez, F., Álvarez-Guillen, H. (1993). Biodiversidad y el uso de recursos naturales: las comunidades de peces en el sur del Golfo de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 44, 345-385.
- Matsuura, K. (1988). Tetraodontiformes. In H. Masuda, K. Amaoka, T. Araga, T. Uyeno & T. Yoshino (Eds.), *The fishes of the Japanese Archipelago* (pp. 352-366, 448-449). Japón: Tokai University Press.
- Matsuura, K. & Tyler, J. C. (1997). Tetraodontiform fishes, mostly from deep waters, of New Caledonia. In B. Séret (Ed.), *Résultats des Campagnes MUSORS-TOM*, vol. 17. Paris: *Mém. Mus. Natn. Hist. nat.*, 174, 173-208.

- McEachran, J. D. & Fechhelm, J. D. (2005). *Fishes of the Gulf of Mexico*, vol. 2: *Scorpaeniformes to Tetraodontiformes*. EE. UU.: Austin, University of Texas Press.
- Mutlu, E., De Meo, I. & Miglietta, C. (2021). Spatio-temporal distribution of pufferfish (Tetraodontidae) along the Turkish coast of the Mediterranean Sea. *Mediterr. Mar. Sci.*, 22(1), 1-19. <https://doi.org/10.12681/mms.23481>
- Psomadakis, P. N., Ceddia, P. & Vacchi, M. (2008). Additional record of *Sphoeroides pachygaster* (Pisces: Tetraodontidae) in the Tyrrhenian Sea and notes on the distribution of the species in the Mediterranean. *Mar. Biodivers. Rec.*, 1, e18, 1-5. <https://doi.org/10.1017/S1755267206001862>
- Ramírez, J. M., Vázquez-Bader, A. R. & Gracia, A. (2019). Ichthyofaunal list of the continental slope of the southern Gulf of Mexico. *ZooKeys*, 846, 117-132. <https://doi.org/10.3897/zookeys.846.31944>
- Robertson, D. R., Peña, E. A., Posada, J. M. & Claro, R. (2019a). Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: online information system. <https://biogeodb.si.edu/sfstep/es/pages>
- Robertson, D. R., Domínguez-Domínguez, O., Aroyo, Y. M. L., Mendoza, R. M. & Simões, N. (2019b). Reef-associated fishes from the offshore reefs of western Campeche Bank, Mexico, with a discussion of mangroves and seagrass beds as nursery habitats. *ZooKeys*, 843, 71-115. <https://doi.org/10.3897/zookeys.843.33873>
- Sampaio, C. L. S., Duarte-López, P. R. & Olavo, G. (2001). Registros de *Lagocephalus lagocephalus* (Linnaeus, 1758) e *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) (Actinopterygii: Tetraodontidae) para o litoral da Bahia, nordeste do Brasil. *Interciencia*, 26(4), 157-160.
- Schaldach, W. J. Jr., Huidobro-Campos, L. & Espinosa-Pérez, H. (1997). Peces marinos. En E. González-Soriano, R. Dirzo & R. C. Vogt (Eds.), *Historia natural de los Tuxtlas* (pp. 571-588). México: Instituto de Biología, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Shipp, R. L. (1974). The pufferfishes (Tetraodontidae) of the Atlantic Ocean. *Publ. Gulf Coast Res. Lab. Mus.*, 4, 1-162.
- Shipp, R. L. (2002). Tetraodontidae. In K. E. Carpenter (Ed.), *The living marine resource of the Western Central Atlantic*, vol. 2: *Bony fishes part 2 (Ophistognathidae to Molidae)*, sea turtles and marine mammals (pp. 1988-2013). Rome: FAO.
- Tirado-Ibarra, J. J., Loya-Rodríguez, M., Morales-Arévalo, J. C., Muñoz-García, I. R., Martínez-Pérez, F., Ramírez-Pérez, J. S. & Jiménez-Gutiérrez, L. R. (2018). Reproduction and community structure of fish from winter catch sites from industrial shrimp bycatch from the northeast and southeast Mexican Pacific. *PeerJ*, 6, e4460. <https://doi.org/10.7717/peerj.4460>

Picnogónidos (Arthropoda: Pycnogonida: Pantopoda) de la bahía de Banderas, Pacífico mexicano

Pycnogonids (Arthropoda: Pycnogonida: Pantopoda) from the Banderas Bay, Mexican Pacific Coast

Alejandrina Villatoro-Ortiz¹ y Patricia Salazar-Silva^{1}*



RESUMEN

Este estudio reporta la composición de especies de picnogónidos asociados a la fauna incrustante de muelles de una marina turística recolectadas en septiembre y octubre del año 2011, y en abril y junio del año 2012, y las muestras de algas, coral muerto y de tubos de quetopteridos, anélidos tubícolas recolectados mediante buceo libre en sitios de playa de febrero a abril del 2018. Los sitios estudiados, la marina de la Cruz de Huanacastle y playas aledañas se localizan en el Pacífico mexicano, en la costa norte de la bahía de Banderas en el estado de Nayarit. Se examinaron en total 78 especímenes que pertenecen a cinco familias, seis géneros y nueve especies; se presenta una lista sistemática; para cada especie se incluye una descripción breve, información de su distribución y abundancia en los sitios estudiados. En los muelles de la marina de la Cruz de Huanacastle se registraron 56 especímenes correspondientes a tres especies. En las playas La Manzanilla, Burros, La Lancha y playa de la Isla María Cleofás se presentaron ochos especies, seis de ellas no presentes en los muelles. Las especies más abundantes fueron *Anoplodactylus* sp. con 32 especímenes (41%) y *Nymphon lituus* con 24 (31%), esta última fue dominante en los muelles de la marina. El estudio provee los primeros registros de picnogónidos para la costa norte de la bahía de Banderas, México, contribuye al conocimiento de la biodiversidad del Pacífico mexicano y documenta la pycnofauna asociada a comunidades bioincrustantes de una marina náutica.

Palabras clave: arañas de mar, esclerobiontes, fauna incrustante, marina, muelles flotantes



ABSTRACT

This study reports the composition of pycnogonid species associated with the fouling fauna on the docks of a tourist marina collected in September and October 2011 and April and June 2012, as well as the samples of algae, dead coral, and

1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de bahía de Banderas, Crucero a Punta de Mita s/n, C.P. 63734 La Cruz de Huanacastle, bahía de Banderas, Nayarit, México. a_voale@hotmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8616-5492>; patricia.ss@bahia.tecnm.mx* ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3655-7420>

chaetopterid tubes collected by free diving at beach sites from February to April 2018. The sites studied, La Cruz de Huanacastle marina and surrounding beaches, are located along the Mexican Pacific, on the north coast of the Banderas Bay in the State of Nayarit. A total of 78 specimens were examined belonging to five families, six genera, and nine species. A systematic list is presented, and each species includes a brief description, information on its distribution and abundance in the studied sites. In the Cruz de Huanacastle marina docks, 56 organisms were recorded corresponding to three species. Eight species were found on the La Manzanilla, Burros, La Lancha and Isla María Cleofás beaches, six of which were not present on the docks. The most abundant species were *Anoplodactylus* sp. with 32 organisms (41%) and *Nymphon lituus* with 24 (31%), the latter dominant in the docks of the marina. This study constitutes the first record of pycnogonids for the north coast of the Banderas Bay, Mexico. It contributes to the knowledge of the biodiversity of the central Mexican Pacific coast and documents the pycnofauna associated with biofouling communities of a nautical marina.

Keywords: sea spider, sclerobionts, encrusting fauna, marina, floating docks

INTRODUCCIÓN

Los picnogónidos, artrópodos marinos también conocidos como arañas de mar, pertenecen a la clase Pycnogonida, el nombre del grupo se deriva de las raíces griegas *pyknos* “denso” y *gony* “rodillas” que aluden a sus apéndices locomotores largos e *ides* “miembro de un grupo”.

Estos artrópodos constituyen un grupo monofilético definido por una proboscis larga, externa, un par de apéndices ovígeros, tronco reducido y un abdomen restringido a un solo artejo como autopomorfias y se consideran el grupo hermano del resto de los quelicerados y del resto de los artrópodos (Ballesteros *et al.* 2021).

Se estiman unas 1385 especies de 79 géneros y 11 familias en el nivel mundial (Sabroux *et al.* 2017), otros indican

1 335 especies (de León-Espinosa *et al.* 2021), 1 340 (Esquete *et al.* 2016) y 1 500 (Dietz *et al.* 2018). Una larva protoninfa de picnogónidos es el fósil más antiguo de los quelicerados, con registro en el Devónico y Silúrico (Fahrenbach & Arango, 2007; Kühl *et al.* 2013).

El tamaño de los picnogónidos varía entre 1 mm a 70 cm, son crípticos en el substrato que habitan (Cano-Sánchez & López-González, 2015). Se distribuyen desde profundidades de unos pocos metros (3 a 10 m) y hasta profundidades abisales a más de 7 000 m incluyendo ventilas hidrotermales (Sabroux *et al.* 2017), por lo que se consideran los quelicerados de mayor profundidad (Ros-Santaella, 2004).

Latitudinalmente están presentes en todos los océanos, en las regiones polares se han reportado como abundantes, de mayor tamaño (Dietz

et al. 2018), y han sido extensivamente estudiados, de tal forma que el Ártico presenta el 20% de las especies del mundo (Soler-Membrives *et al.* 2014; Soler-Membrives & Munilla, 2015), mientras que hay regiones como la costa Atlántica de Brasil que registra solo 5% de las especies del mundo (Lucena & Christoffersen, 2018), o los litorales mexicanos bañados por las aguas del Pacífico, golfo de México y mar Caribe con un 3.6% de la diversidad en el nivel mundial (de León-Espinosa *et al.* 2021). Como parte de su distribución, recientemente se han registrado en cuevas de Yucatán, México inundadas por agua salobres (Álvarez & Ojeda, 2018) y en sustratos artificiales como son muelles de marinas (de León-Espinosa *et al.* 2021).

Habitán de forma libre o asociados a algas pardas (Ros-Santaella, 2004), pastos marinos (Htaik, 2018) y a diversos invertebrados marinos, entre ellos colonias de pólipos de hidroides, anemonas, briozoos, bivalvos, esponjas (de León-Espinosa & de León-González, 2015; Dietz *et al.* 2018).

En su asociación con otros invertebrados, algunos actúan como depredadores o como parásitos, los depredadores consumen organismos enteros, entre ellos anélidos (Cano-Sánchez & López-González, 2015). Los parásitos pueden ser endoparásitos o ectoparásitos de moluscos y actinias (Dietz *et al.* 2018).

En estadio larval los picnogónidos son parásitos obligados o lecitotróficos. Los adultos pueden ser herbívoros, tener como fuente primaria de alimentación a los hidroides y los briozoos, también pueden ser detritívoros (Dietz *et al.* 2018), otro mecanismo de alimentación es la succión y bombeo del alimento líquido principalmente mediante su proboscis, de manera similar a los quelicerados terrestres.

Las clases Pycnogonida y la clase Merostomata donde se encuentra el orden Xiphosura a diferencia de otros quelicerados presentan fecundación externa, los machos como estrategia reproductiva fertilizan los ovocitos liberados por la hembra, los colectan y fijan a sus apéndices ovígeros (Fornshell, 2015), donde los mantienen hasta que eclosionan e inclusive algunas especies también portan las larvas (Bain, 2003).

A pesar de habitar en diversos sustratos, contribuir en las redes tróficas y ser un grupo de importancia para el conocimiento de las relaciones evolutivas de los artrópodos, el conocimiento de los picnogónidos en México es escaso, su estudio data de revisiones como las de Hilton (1939; 1943) sobre los picnogónidos de California y del Golfo de California y de un recuento que realizó Munilla (2002) en aguas mexicanas.

El presente trabajo contribuye al conocimiento de los picnogónidos de la costa norte de bahía de Banderas, una de las grandes bahías del Pacífico

mexicano y del mundo, área de transición entre el golfo de California y el Pacífico oriental tropical. En este estudio presentamos una lista sistemática de las especies determinadas, descripción breve de sus características y comentarios a su distribución y abundancia encontrada en los sitios de muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La bahía de Banderas forma parte del extremo sur oriental del golfo de California (Morales-Hernández *et al.* 2013), territorialmente, se localiza en la parte suroeste y noroeste de los estados de Jalisco y Nayarit respectivamente (Ramírez-Delgado & Cupul-Magaña, 1999), con 1 407 km² de superficie, 43.5 km de extensión, ancho norte sur de 29 km y una longitud oeste-este de 38.9 km.

Los muestreos se realizaron de febrero a abril del 2018, en el submareal somero con fondo rocoso, algas foliosas y algas calcáreas. En cada sitio mediante buceo libre entre dos personas se tomaron muestras de algas, fragmentos de roca y tubos de poliquetos para la obtención de los organismos.

Tres de los sitios estudiados se localizan dentro de la bahía de Banderas: playa La Manzanilla (20° 44' 33.9" N 105° 23' 14.8" O), playa La Lancha (20° 45' 36.0" N 105° 29' 20" O), playa Burros (20° 45' 07.7" N 105° 27' 22.3" O), y uno en isla María Cleofas (21° 19' 53.8" N 106° 14' 16.4" O) (Fig. 1).

También, se examinaron especímenes de muestreos realizados en septiembre y octubre del año 2011 y de abril a junio del año 2012, en muelles de la marina de la Cruz de Huanacastle, Nayarit (20° 45' 00.2 N 105° 22' 43.8" O). Con ayuda de una espátula y de un cuadrante de 45x45 cm colocado en la pared sumergida del muelle se desprendió la fauna incrustante y en el laboratorio se separaron los picnogónidos.

Todos los picnogónidos recolectados se fijaron en etanol 96% para futuros estudios moleculares y preservaron en etanol al 70% (de León-Espinosa y de León-González, 2015). La identificación taxonómica se realizó con ayuda de los trabajos de Child (1979), de León-Espinosa y de León-González (2015) y de Munilla (2004).

Para cada especie se proveen algunas características de su morfología con base en todos los ejemplares examinados e información de su distribución. Los ejemplares se depositaron en la colección biológica del Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas del Tecnológico Nacional de México, ubicada en el municipio de Bahía de Banderas, Nayarit, México.

RESULTADOS

Se examinó un total de 78 especímenes de picnogónidos, 34 machos y 43 hembras; corresponden a cinco familias, seis géneros y nueve especies (Cuadro 1). En los muelles estuvieron

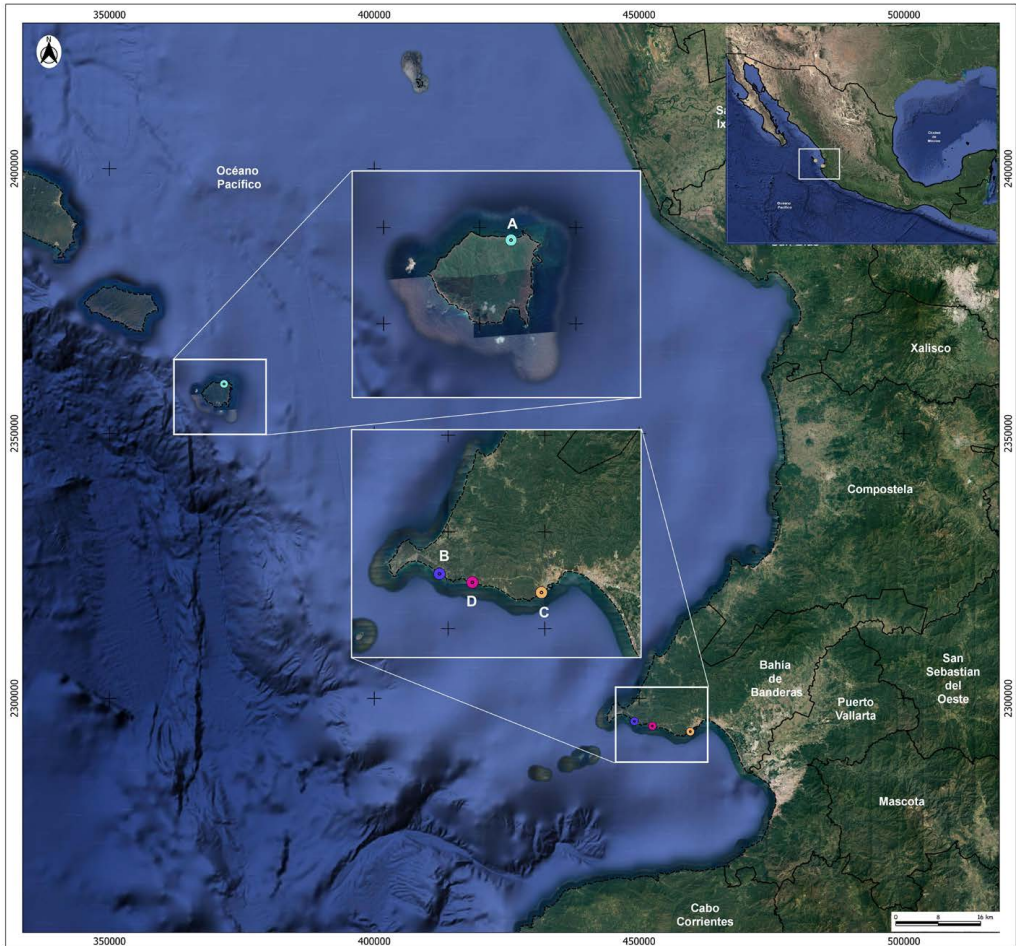


Fig. 1. Área de estudio y ubicación de los sitios de muestreo. **A:** Isla María Cleofás. Bahía de Banderas. **B:** Playa la Lancha. **C:** Playa la Manzanilla. **D:** Playa Burros.

Fig. 1. Study area and location of the sampling sites. **A:** María Cleofás Island. Banderas Bay. **B:** La Lancha Beach, **B:** La Manzanilla Beach; **D:** Burros Beach

presentes tres familias (Ammonotheidae, Nymphonidae, Phoxichilidiidae) con un total de 56 organismos que representan un 72% del total de organismos examinados y en los sitios submareales

de las playas se registraron cuatro familias (Ammonotheidae, Callipallenidae, Phoxichilidiidae y Pycnogonidae) con un total de 22 organismos (28%).

Cuadro 1. Número total de organismos y porcentajes (en paréntesis) por familia y especie en muelles de la marina de la Cruz de Huanacaxtle y en sitios de playa, en paréntesis se indica el porcentaje

Table 1. Total number of organisms and percentages (in parentheses) by family and species in the Cruz de Huanacaxtle marine docks and beach sites. Percentage in parentheses

Familia	Total de individuos por familia	Especies	Número total de organismos por especie	Número de organismos en muelles	Número de organismos en sitios de playa
Ammotheidae	18(23)	<i>Nymphopsis duodorospinosa</i>	15(19)	1	14
		<i>Tanystylum duospinum</i>	1(1.3)	0	1
		<i>Tanystylum</i> sp.	2(2.6)	0	2
Callipallenidae	2(2.6)	<i>Callipallene californiensis</i>	1(1.3)	0	1
		<i>Callipallene</i> sp	1(1.3)	0	1
Nymphonidae	24(30.1)	<i>Nymphon lituus</i>	24(31)	24	0
Phoxichilidiidae	32(41.0)	<i>Anoplodactylus</i> sp.	32(41)	31	1
Pycnogonidae	2(2.56)	<i>Pycnogonum stearnsi</i>	1(1.3)	0	1
		<i>Pycnogonum rickettsi</i>	1(1.3)	0	1
		TOTAL	78	56(72)	22(28)

Phoxichilidiidae estuvo presente tanto en muelles como en playas, pero con mayor número de organismos en los muelles (31), en playas solo se recolectó un organismo. Ammotheidae también se presentó en playas y en muelles, pero con mayor número en las playas (17 organismos y solo un organismo en muelles). Nymphonidae se registró sólo en los muelles de la marina y representa un 30% de la abundancia total (Cuadro 1).

De las nueve especies determinadas, seis solo se presentaron en sitios de playa (Cuadro 1). *Nymphopsis*

duodorsospinosa y *Anoplodactylus* sp. estuvieron tanto en muelles de la marina como en sitios de playa, pero *N. duodorsospinosa* fue abundante en los sitios de playa (14 organismos), mientras que *Anoplodactylus* sp. con 31 organismos, fue numerosa en los muelles de la marina. *Nymphon lituus* con 24 organismos únicamente, se presentó en los muelles. Playa la Manzanilla fue el sitio con la mayor riqueza de especies, presentó seis de las nueve especies, todas ellas registradas en el golfo de California, pero no antes en la costa norte de la bahía de Banderas.

Lista sistemática

Filo: Arthropoda Von Siebold, 1848

Subfilo: Chelicerata Heymons, 1901

Clase: Pycnogonida Latreille, 1810

Orden: Pantopoda Gerstaecker, 1863

Familias: Ammotheidae Dohrn, 1881

Género: *Nymphopsis* Haswell, 1884

Nymphopsis duodorsospinosa Hilton, 1942

Género: *Tanystylum* Miers, 1879

Tanystylum duospinum Hilton, 1939

Tanystylum sp.

Callipallenidae Hilton, 1942

Género: *Callipallene* Flynn, 1929

Callipallene californiensis (Hall, 1913)

Callipallene sp.

Nymphonidae Wilson, 1878

Género: *Nymphon* Fabricius, 1794

Nymphon lituus Child, 1979

Phoxichilidiidae Sars, 1891

Género: *Anoplodactylus* Wilson, 1878

Anoplodactylus sp.

Pycnogonidae Wilson, 1878

Género: *Pycnogonum* Brünnich, 1764

Pycnogonum stearnsi Ives, 1892

Pycnogonum rickettsi Schmitt, 1934

SISTEMÁTICA

Anoplodactylus Wilson, 1878

Anoplodactylus sp.

Figuras 2A y B.

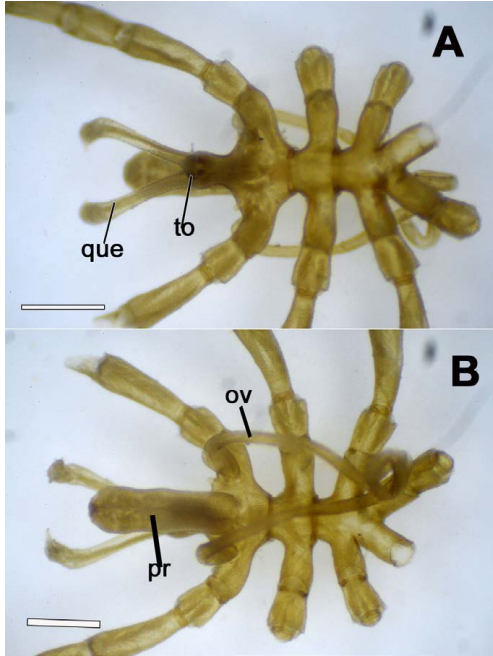


Fig. 2. *Anoplodactylus* sp. A) tronco en vista dorsal; B) tronco en vista ventral. *Callipallene* sp. Escala: 2 mm (A-B). Abreviaturas: ov, ovigeros; pr, proboscides; que, quelíferos; to, tubérculo ocular

Fig. 2. *Anoplodactylus* sp. A) trunk, dorsal view; B) trunk, ventral view. *Callipallene* sp. Scale bars: 2 mm (A-B). Abbreviations: ov, oviger; pr, proboscis; que, chelifores; to, ocular tubercle

Material examinado: 31 especímenes, (♂ 11) (♀ 20), muelles de la

Marina de La Cruz de Huanacastle, Nayarit, 20° 45' 1" N 105° 22' 43" O, 13-04-2018. Un espécimen Isla María Cleofás, 21° 19' 53.8" N 106° 14' 16.4" O; 02-04-2018.

Distribución: Nayarit: La Cruz de Huanacastle y en Isla María Cleofás

Sustrato: fauna esclerobionte de los muelles de la Marina y entre algas de la zona intermareal de la Isla María Cleofás.

Observaciones: la especie fue abundante en los muelles de la marina, como todos los organismos de Phoxichilidiidae no tienen pedipalpos y presentan un cuerpo rugoso. Se distingue por un reborde en la parte ventral del tronco, solo presente en especímenes sin apéndices ovígeros por lo que pudiera ser una estructura asociada con el dimorfismo sexual; tiene glándulas de seda diferenciadas en el tercer par de patas, una probóscide que no excede el tamaño de los quelíferos (Fig. 2A-B). Quelíferos quelados, ausencia o reducción de los palpos, ovígeros con ocho segmentos en los machos y ausencia de ovígeros en hembras.

Anoplodactylus sp. tiene caracteres similares con otras especies del mismo género, registradas en el golfo de California entre ellas *A. viridintestinalis* (Cole, 1904) y *A. erectus* Cole, 1904, todas con glándulas de seda diferenciadas y propodio laminar que varía en longitud de cada especie, así como la longitud del proceso lateral y su diámetro.

Anoplodactylus sp. difiere de *A. viridintestinalis* y de *A. erectus* por la ausencia de uñas auxiliares en el propodio de apéndices locomotores, un tubérculo ocular en punta aguda, ovigeros con ocho segmentos, fémur con espinas, mientras que en *A. erectus* muestra tubérculo cilíndrico, ovigeros con dos segmentos y fémur con tubérculo.

Callipallene Flynn, 1929

Callipallene californiensis (Hall, 1913)
Pallene californiensis Hall, 1913: 133, Pl. 4, figs. 9-13.

Callipallene sollicitatus Child, 1979: 44-46, fig. 15.

Material examinado: un espécimen (♂ 1), playa la Manzanilla, bahía de Banderas, Nayarit 20°44' 33.9" N 105°23' 14.8" O, 02-03-2018.

Distribución: laguna Ojo de liebre, Baja California Sur; isla Espíritu Santo, Baja California Sur (de León-Espinosa & de León-González 2015), en este estudio en playa la Manzanilla, bahía de Banderas, Nayarit. La localidad tipo de la especie es laguna Beach, California USA (océano Pacífico)

Sustrato: entre algas pardas, calcáreas y rocas del submareal somero.

Observaciones: se le considera simbiote y omnívora (Dietz *et al.* 2018). El ejemplar solo presenta el segundo par de patas y setosas, propodio con cinco espinas (único en esta especie); cuello muy corto y delgado, sin palpos; tubérculo ocular de forma triangular, termina

en punta, tronco robusto, patas moderadamente largas. El espécimen aquí examinado presenta uñas auxiliares; de León-Espinosa & de León-González (2015) indican variación en el tamaño relativo de este carácter.

Callipallene sp
Figura 2C y D

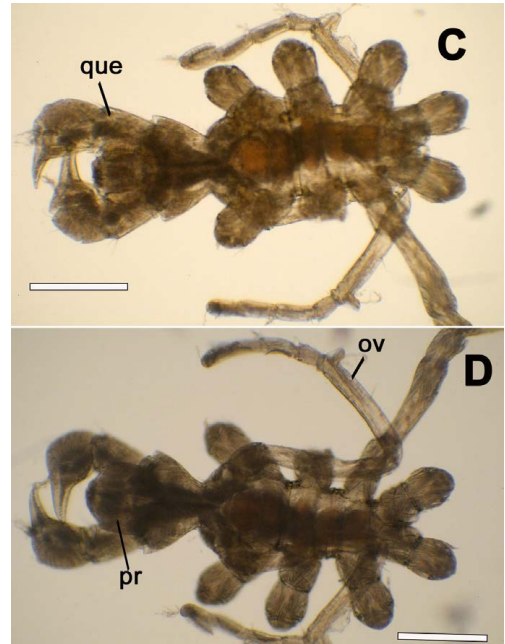


Fig. 2. *Callipallene* sp. C) tronco en vista dorsal; D) tronco en vista ventral. Escala: 0.35 mm (C- D). Abreviaturas: ov, ovigeros; pr, proboscides; que, quelícero; to, tubérculo ocular

Fig. 2. *Callipallene* sp. C) trunk, dorsal view; D) trunk, ventral view. Scale bars: 0.35 mm (C-D). Abbreviations: ov, oviger; pr, proboscis; que, cheliferous; to, ocular tubercle

Material examinado: un espécimen (♂ 1), playa la Manzanilla, bahía de Banderas, Nayarit 20° 44' 33.9" N 105° 23' 14.8" O, 02-03-2018.

Distribución: playa la Manzanilla, bahía de Banderas Nayarit

Sustrato: algas, calcáreas y rocas del submareal.

Observaciones: el ejemplar presenta ovígeros con 10 segmentos, a pesar de que tiene perdidos la mayor parte de los apéndices locomotores, el apéndice que conserva presenta una uña auxiliar en el propodio. La proboscide bifurcada, no excede el tamaño de los quelíceros (Fig. 2C-D).

Difiere de *C. californiensis* en que su tubérculo ocular es redondeado y sobresale del cuello, el propodio no presenta espinas, mientras que *C. californiensis* presenta tubérculo ocular en forma triangular y terminación en punta, el propodio está cubierto por varias hileras de espinas.

Nymphon Fabricius, 1794

Nymphon lituus Child, 1979

Figura 3A y B

Nymphon lituus Child 1979: 38-40, fig. 13; de León-Espinosa & de León González 2015: 142, Fig. 4.

Material examinado: 24 especímenes (♂ 11) (♀ 13), muelles de la marina de La Cruz de Huanacaxtle, bahía de banderas, Nayarit 20 ° 45' 1" N 105° 22' 43" O, 13-04-2018.

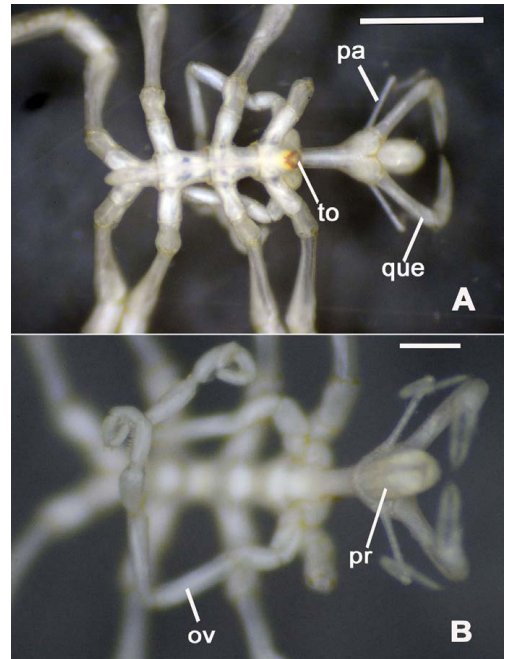


Fig. 3. *Nymphon lituus*: A) tronco, vista dorsal; B) vista ventral. Escala: 1 mm (A), 0.5 mm (B), 0.75 mm. Abreviaturas: mo, masa de ovocitos; ov, ovígeros; pr, proboscides; que, quelíceros; to, tubérculo ocular.

Fig. 3. *Nymphon lituus*, A) trunk, dorsal view; B) ventral view. Scale bars: 1 mm (A), 0.5 mm (B), 0.75 mm. Abbreviations: mo, egg masses; ov, oviger; pr, proboscis; que, chelifore; to, ocular tubercle

Distribución: golfo de California, Puerto Peñasco, Sonora (localidad tipo); isla Ángel de la Guardia, Baja California; bahía Concepción, Baja California Sur y Punta Paitilla, Panamá (Child, 1979). Laguna Ojo de liebre, Baja California Sur (de León-Espinosa & de León-González 2015), en este estudio en La Cruz de Huanacastle, bahía de banderas, Nayarit.

Sustrato: muelles de la marina de la Cruz de Huanacastle asociada a hidrozoo y briozoos.

Observaciones: las especies de Nymphonidae se alimentan de hydroiides y briozoos (Dietz *et al.* 2018). Quelíceros y palpos bien desarrollados, quela con 28 dientes, (Fig. 3A-B), cuerpo alargado, delgado no rugoso y sin tubérculos, tubérculo ocular cónico, probóscide con tres labios, ovigeros con ocho segmentos y una uña terminal diferenciada.

Los especímenes de este trabajo presentan un tubérculo ocular cónico como indica Child (1979), para la especie. Difieren de los descritos por de León-Espinosa & de León-González (2015), en características como el fémur con una espina dorsal; propodio más largo que el tarso, el tarso presenta la mitad de la longitud del propodio, la probóscide de 1.1 mm en lugar de 0.57 mm.

De manera general los ejemplares de *N. lituus* de este estudio son de menor tamaño (longitud del tronco 1 mm y ancho de 0.4 mm) a los registrados por de León-Espinosa & de León-González (2015), que tienen una longitud de 1.43

y ancho de 1 mm y también al material tipo de la especie (longitud del tronco de 1.26 mm y ancho de 0.55 mm) descrito por Child (1979).

Nymphopsis Haswell, 1884

Nymphopsis duodorsospinosa Hilton, 1942

Figura 3C y D

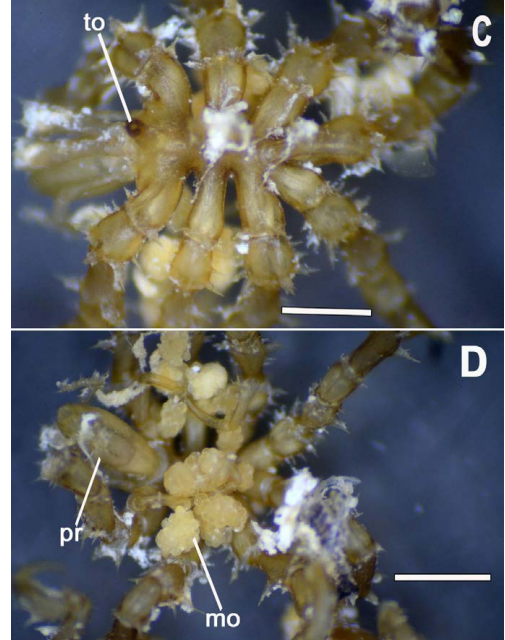


Fig. 3. *Nymphopsis duodorsospinosa*: C) tronco vista dorsal; D) vista ventral con masas de ovocitos. Escala: 0.75 mm (C-D). Abreviaturas: mo, masa de ovocitos; ov, ovigeros; pr, proboscides; que, quelíceros; to, tubérculo ocular

Fig. 3. *Nymphopsis duodorsospinosa*, C) trunk, dorsal view; D) ventral view with egg masses. Scale bars: (C-D). Abbreviations: mo, egg masses; ov, oviger; pr, proboscis; que, chelifore; to, ocular tubercle

Nymphopsis duodorsospinosa Hilton, 1942: 303, pl. 45; Hilton, 1943a: 98; Hedgpeth, 1948: 250-252, fig. 40; Child & Hedgpeth, 1971: 609; Kraeuter, 1973: 496; Stock, 1975: 978; Child 1979: 21; de León-Espinosa & de León-González, 2015: 136, Fig. 2.

Material examinado: bahía de Banderas, Nayarit: dos especímenes (♂ 1) (♀ 1), playa la Manzanilla, 20° 44' 33.9" N 105° 23' 14.8" O, 02-03-2018. Un espécimen (♂ 1), playa Burros, 20°45'07.7" N 105° 27' 22.3" O, 02-03-2018. 11 especímenes (♂ 4) (♀ 7), playa la Lancha, 20° 45' 36.0" N 105°29' 20" W, 16-02-2018. Un espécimen (♂ 1), muelles de la Marina de la Cruz de Huanacastle, 20° 45' 1" N 105° 22' 43" O, 13-04-2018.

Distribución: laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur (de León-Espinosa & de León-González, 2015). Sonora, Sinaloa, Jalisco, Guerrero, Oaxaca (Child, 1979), en este trabajo en bahía de Banderas, Nayarit: playa la Manzanilla, playa Burros, playa la Lancha y en muelles de la Marina de la Cruz de Huanacastle. La localidad tipo de la especie es bahía de San Francisco, Baja California.

Sustrato: entre algas pardas, calcáreas y asociados a tubos de poliquetos de la familia Chaetopteridae (epibiontes), así como esclerobionte de los muelles de la marina de la Cruz de Huanacastle.

Observaciones: de hábitos omnívoros y simbioses (Dietz *et al.* 2018).

Los ejemplares se distinguen por presentar dos tubérculos en la parte dorsal del tronco. Espinas en todo el cuerpo (Fig. 3C-D). Probóscide vertical al tronco (45°), quelíceros poco desarrollados, palpos con nueve segmentos. Se considera con distribución anfiamericana, por tener registros en el golfo de México (Child, 2009).

Pycnogonum Brünnich, 1764

Pycnogonum stearnsi Ives, 1892

Figura 4A y B

Material examinado: un espécimen (♂ 1), bahía de Banderas, playa la Manzanilla, 20° 44' 33.9" N 105° 23' 14.8" O, 02-03-2018.

Distribución: golfo de California y golfo de Tehuantepec (Child, 1979). En este estudio en bahía de Banderas, playa la Manzanilla. La localidad tipo de la especie es San Diego, California.

Sustrato: entre algas y rocas en el submareal somero (un espécimen).

Observaciones: la especie se caracteriza por su tronco robusto (Fig. 4A-B), sin tubérculos en el cuerpo, tubérculo ocular poco diferenciado, con dos ojos adelante y dos atrás, patas solo con una uña, no presenta uñas auxiliares, algunas espinas en el propodio. Se alimenta de actinias (Dietz *et al.* 2018).

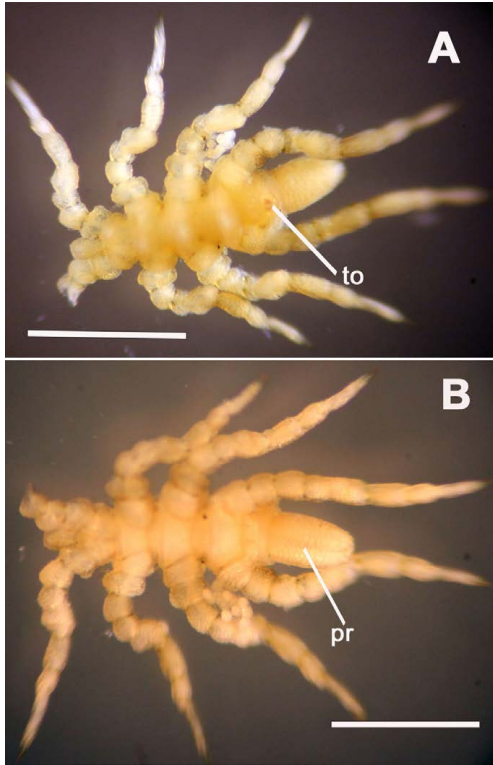


Fig. 4. *Pycnogonum stearnsi*: A) vista dorsal; B) vista ventral. Escala: 2 mm (A-B). Abreviaturas: ov, ovigeros; pr, proboscides; to, tubérculo ocular

Fig. 4. *Pycnogonum stearnsi*, A) dorsal view; B) ventral view. Scale bars: 2 mm (A-B), 2.5 mm. Abbreviations: ov, oviger; pr, proboscis; to, ocular tubercle

Pycnogonum rickettsi Schmitt, 1934
Figura 4C y D

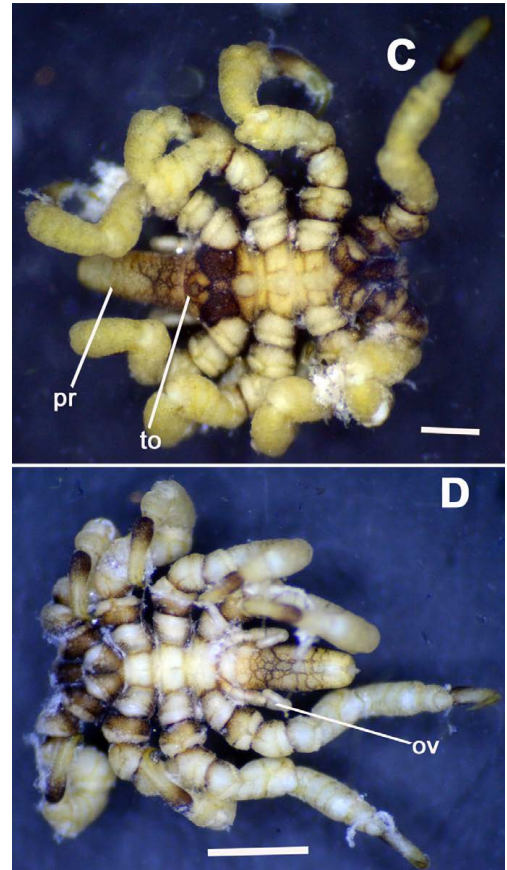


Fig. 4. *Pycnogonum rickettsi*: C) vista dorsal; D) vista ventral. Escala: (C), 5.0 mm (D). Abreviaturas: ov, ovigeros; pr, proboscides; to, tubérculo ocular

Fig. 4. *Pycnogonum rickettsi*, C) dorsal view; D) ventral view. Scale bars: (C), 5.0 mm (D). Abbreviations: ov, oviger; pr, proboscis; to, ocular tubercle

Pycnogonum rickettsi Schmitt 1934: 62, Fig. 1 A-D; Child & Hedgpeth 2007: 665; Hilton 1943b: 19; Hedgpeth 1975: 41a7, 424; pl. 99, Fig. 3; Hedgpeth and Haderlie 1980:638, Fig. 27.2; de León-Espinosa & de León-González, 2015: 145, Fig. 5.

Material examinado: un espécimen (♀ 1), bahía de Banderas, playa Burros, 20°45'07.7" N 105° 27' 22.3" O, 02-03-2018.

Distribución: laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur (de León-Espinosa y de León González, 2015). En este estudio en bahía de Banderas: playa Burros. La localidad tipo de la especie es bahía Monterey, California (océano Pacífico).

Sustrato: entre algas en el submareal somero.

Observaciones: presenta cuerpo robusto (Fig. 4C-D), tronco membranoso, tubérculo ocular no diferenciados, probóscide larga y ancha con tres labios, propodio termina con una fuerte uña diferenciada, no presenta uñas auxiliares, sin propodio laminal. Las especies de la familia se alimentan de actinias (Dietz *et al.* 2018).

La especie *P. rickettsi* difiere de *Pycnogonum stearnsi* Ives, 1892, por la coloración, superficie reticulada, tronco con tres tubérculos mediodorsalmente altos y propodio más corto que el tarso.

Tanystylum Miers, 1879

Tanystylum duospinum Hilton, 1939
 Figura 5A y B

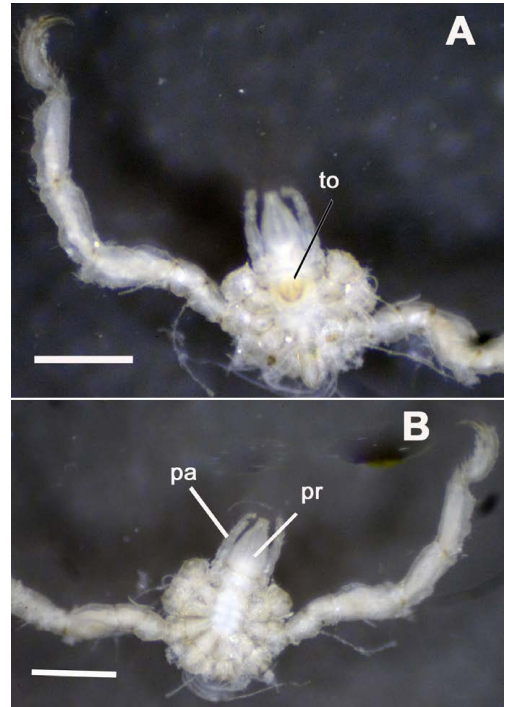


Fig. 5. *Tanystylum duospinum*: A) tronco en vista dorsal; B) tronco vista ventral. Escala: 0.65 mm (A-B). Abreviaturas: ov, ovigeros; pa, palpos; pr, proboscides; to, tubérculo ocular

Fig. 5. *Tanystylum duospinum*, A) trunk, dorsal view; B) trunk, ventral view. Scale bars: 0.65 mm (A-B). Abbreviations: ov, oviger; pa, palps; pr, proboscis; to, ocular tubercle

Material examinado: un espécimen (♂), bahía de Banderas, Nayarit, playa la Manzanilla 20° 44' 33.9" N 105° 23' 14.8" O, 02-03-2018.

Distribución: Sonora, Baja California Sur, Sinaloa, Jalisco, Guerrero (Hendrickx *et al.* 2005 y Child, 1979), en este estudio en bahía de Banderas, Nayarit: playa la Manzanilla. La localidad tipo de la especie es bahía de Monterrey (California).

Sustrato: entre algas pardas, algas calcáreas y asociado a tubos de poliquetos quetoptéridos.

Observaciones: se le considera omnívoro y se alimentan de hidroides (Dietz *et al.* 2018). El espécimen presenta quelíceros extremadamente cortos y probablemente escondidos, la probóscide es más corta que los quelíceros. Palpos con cuatro segmentos, con espinas, terminación con una uña en forma ovalada, cuerpo redondo (Fig. 5A-B) y robusto no segmentado, tronco engrosado.

Presenta similitudes con *T. californicum* Hilton, 1939 y con *T. calicrostrum* Schimkewitsch, 1890. La diferencia está en el tamaño, *T. duospinum*, es hasta 40% más pequeño y es el único que presenta los quelíceros vestigiales o ausentes (Child, 1979). Child (1979), describió a *T. mexicanum* con dos especímenes uno de la bahía de Petatlán, Guerrero y otro de la bahía de Santa María, Baja California, pero el nombre fue sinonimizado con *T. duospinum*.

Tanystylum sp.
Figura 5C y D

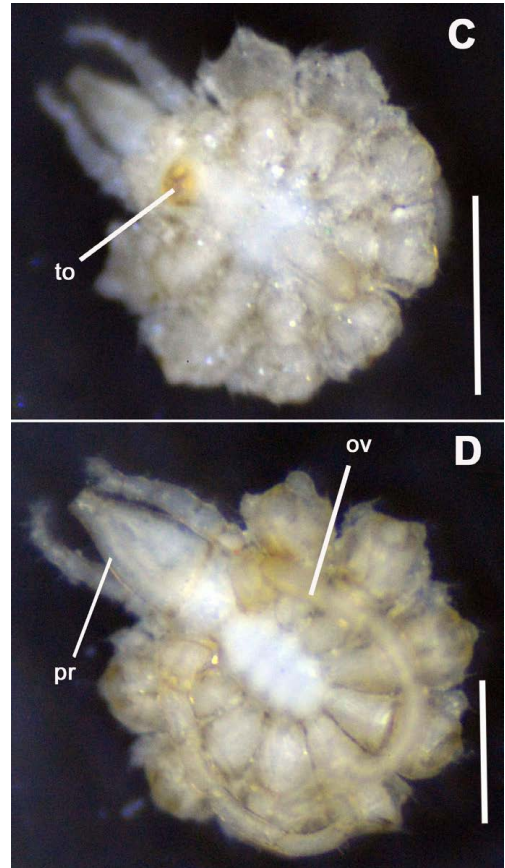


Fig. 5. *Tanystylum* sp. C) tronco vista dorsal; D) tronco vista ventral. Escala: 0.87 mm (C-D). Abreviaturas: ov, ovigeros; pa, palpos; pr, proboscides; to, tubérculo ocular

Fig. 5. *Tanystylum* sp., C) trunk, dorsal view; D) trunk, ventral view. Scale bars: 0.87 mm (C-D). Abbreviations: ov, oviger; pa, palps; pr, proboscis; to, ocular tubercle

Material examinado: dos especímenes (♂ 2), bahía de Banderas, Nayarit, playa la Manzanilla 20° 44' 33.9" N 105° 23' 14.8" O, 02-03-2018.

Distribución: bahía de Banderas, playa la Manzanilla.

Sustrato: entre algas, asociado a tubos de poliquetos quetoptéridos.

Observaciones: la ausencia de apéndices locomotores impidió la identificación de la especie. Los quelíceros están ausentes o son vestigiales. Palpos de 4 a 7 segmentos. Cuerpo o tronco completamente redondo o discoidal (Fig. 5C-D). *Tanystylum* sp. presenta diferencias morfológicas con *T. duospinum*, su cuerpo es más discoidal y robusto; difiere en la longitud del proceso lateral y la forma del tubérculo ocular.

DISCUSIÓN

Hendrickx *et al.* (2005), reportaron para el golfo de California 15 especies de picnogónidos de cinco familias, las nueve reportadas en el presente trabajo para la bahía de Banderas corresponden a las especies y familias registradas por esos autores, lo que confirma la distribución de esas especies en el pacífico central mexicano, específicamente en la costa sur de Nayarit.

El número de especímenes aquí examinados fue similar al encontrado por de León-Espinosa & de León-González (2015), quienes reportaron 77

organismos pertenecientes a cuatro familias y cinco especies, todas ellas asociadas a almejas “mano de león” (*Nodipecten subnodosus*), extraídas a 10 m en la bahía Ojo de Liebre, Guerrero Negro, Baja California Sur, México.

Cuatro de las especies aquí registradas para la bahía de Banderas, tres en los sitios de playa y *N. lituus* solo en los muelles de la Marina de la Cruz de Huanacastle estuvieron presentes en el trabajo de León-Espinosa & de León-González (2015), mientras que en el extenso estudio de nueve marinas de León-Espinosa *et al.* (2021) para la costa oeste del golfo de California, registraron también nueve especies pero, ninguna de ellas encontradas en los muelles de la marina de la Cruz de Huanacastle aquí estudiados, ambos estudios solo coinciden en la presencia de *C. californiensis*, encontrada en uno de los sitios de playa, no en muelles de la marina.

Los estudios de la fauna marina esclerobionte en estructuras sumergidas como boyas, muelles y pilotes han reportado esponjas, crustáceos, bivalvos, gasterópodos, polyplacóforos, braquiópodos, equinodermos, hidrozooos, poliquetos (Pacheco & Garate, 2005; Tovar-Hernández *et al.* 2012; Aguilera *et al.* 2018; Galván-Villa & Ríos-Jara, 2018).

Los picnogónidos suelen ser simbioses de diversos invertebrados, pero no habían sido registrados en las comunidades bioincrustantes hasta

el trabajo de [Murtaugh & Hernández \(2014\)](#), en bahía Concepción, quienes registraron a *Tanystylum californicum* como dominante, formando parte de la macrofauna incrustante en sustratos artificiales suspendidos en sistemas de cultivo de pargo.

Respecto a las especies indeterminadas *Callipallene* sp. y *Tanystylum* sp. presentan diferencias a las especies reportadas en la literatura de la región ([Child, 1979](#); [de León-Espinosa et al. 2021](#); [de León-Espinosa & de León-González, 2015](#)), la primera tiene un tubérculo ocular de forma triangular y propodio sin espinas; la segunda difiere a *T. duospinum* en la forma del tubérculo ocular. Ambas especies se colectaron en la playa la Manzanilla con un solo espécimen.

Anoplodactylus sp. pudiera ser una nueva especie, no obstante, su descripción esta fuera del alcance de este estudio, *Anoplodactylus* es un género con numerosas especies, 13 de ellas en México y algunas de estas registradas como de amplia distribución ([de León-Espinosa et al. 2021](#)), lo que sugiere la necesidad de revisión del género por especialistas.

CONCLUSIONES

El presente trabajo constituye el primer estudio de los picnogónidos para sitios de la costa norte de la bahía de Banderas, pacífico mexicano. Las

nueve especies encontradas representan los primeros registros del grupo en playas y en estructuras portuarias de la bahía de Banderas.

La diversidad de picnogónidos registradas en las playas analizadas pudiera ser mayor si se incrementara la cobertura del estudio. En los muelles de la marina el número de especies fue menor, no obstante, dos de ellas fueron numéricamente dominantes, lo que corrobora que las marinas turísticas proveen de refugio y condiciones que favorecen a algunas especies, como es el caso para *Anoplodactylus* sp. y *N. lituus* y por ello, la importancia de ser sitios para el monitoreo del establecimiento de especies.

El escaso conocimiento que se tiene de los picnogónidos para el litoral del Pacífico Central y Sur de México en comparación al Golfo de California evidencia la importancia de incrementar las investigaciones en esta Región para mejorar el reconocimiento de las especies y conocimiento ecológico respecto a su diversidad, distribución y abundancia, así como de su biología.

AGRADECIMIENTOS

La primera autora agradece al Instituto Tecnológico de bahía de Banderas-Tecnm por el espacio permitido para realizar esta investigación, la cual forma parte de su trabajo de titulación; al proyecto características físicas, usos,

diversidad de invertebrados y macroalgas de las playas de la Riviera de Nayarit como indicadores de su condición ambiental (TECNM: BBAN-PYR-2016-006); a la asociación Prozona A. C; y a la tripulación de la embarcación de María Cleofás que facilitaron la recolecta de uno de los especímenes en isla María Cleofás, y en especial a José Adolfo de Jesús Tortolero Langarica por la invitación a participar en el proyecto conservación de la isla María Cleofás; a los evaluadores por la revisión cuidadosa y contribución para mejorar sustancialmente el artículo.

REFERENCIAS

- Aguilera, A., Arregocés, L. & Andrade, E. (2018). Invertebrados marinos bioin crustantes en el casco del buque ARC “20 de julio”. *Boletín Científico CIOH*, 36, 3-16. <https://doi.org/10.26640/22159045.435>
- Álvarez, F. & Ojeda, M. (2018). First record of a sea spider (Pycnogonida) from an anchialine habitat. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 46(1), 219-224.
- Bain, B. A. (2003). Larval types and a summary of postembryonic development within the pycnogonids. *Invertebr. Reprod. & Dev.*, 43(3), 193-222. <https://doi.org/10.1080/07924259.2003.9652540>
- Ballesteros, J. A., Setton, W. E. V., Santibáñez-López, C. E., Arango, C. P., Brenneis, G., Brix, S., ... & Sharma, P. P. (2021). Phylogenomic Resolution of Sea Spider Diversification through Integration of multiple data classes. *Mol. Biol. Evol.*, 38(2), 686-701. <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa228>
- Cano-Sánchez, E. & López-González, P. (2015). Pycnogonida. *Revista IDE.*, 22, 1-13.
- Child, C. A. (1979). Shallow-Water Pycnogonida of the Isthmus of Panama and the Coasts of Middle America. *Smith. Contrib. Zool.*, 293, 1-72. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.293>
- Child, C. A. (2009). Pycnogonida and Xiphosura (Cheliceriformes) of the Gulf of Mexico. In D. L. Felder & D. K. Camp (Eds.). *Gulf of Mexico Origin and Biota. 1, Biodiversity* (pp. 815-820). EE. UU., University Press.
- de León-Espinosa, A. & de León-González, J. A. (2015). Pycnogonids associated with the giant lion's-paw scallop *Nodipecten subnodosus* (Sowerby) in Ojo de Liebre Bay, Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *ZooKeys*, 530, 129-149. <https://doi.org/10.3897/zookeys.530.6064>
- de León-Espinosa, A., de León-González, J. A. & Gómez-Gutiérrez, J. (2021). Pycnogonids from marine docks located along the west coast of the Gulf of California, México. *Zootaxa*, 4938(2), 151-195. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4938.2.1>
- Dietz, L., Domel, J. S., Leese, F., Lehman, T. & Metzger, R. R. (2018). Feeding ecology in sea spiders (Arthropoda: Pycnogonida): What do we know. *Front. Zool.*, 15(7), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12983-018-0250-4>
- Esquete, P., Rubal, M., Veiga, P. & Troncoso, J. (2016). New records of Sea Spiders (Arthropoda: Pycnogonida) for continental Portugal and notes on species distribution. *Mar. Biodivers. Rec.*, 9, 24. <https://doi.org/10.1186/s41200-016-0025-6>
- Fahrenbach, W. H. & Arango, C. P. (2007). Microscopic anatomy of pycnogonida: II. Digestive system. III. Excretory system. *J. Morphol.*, 268(11), 917-35. <https://doi.org/10.1002/jmor.10553>

- Fornshell, J. A. (2015). Larval stages of two deep sea pycnogonids. *Invert. Zool*, 12(2), 197-205. <https://doi.org/10.15298/INVERTZOO.12.2.05>
- Galvan-Villa, C. M. & Ríos-Lara, E. (2018). First detection of the alien snowflake coral *Carijoariisei* (Duchassaing and Michelotti, 1860) (Cnidaria: Alcyonacea) in the port of Manzanillo in the Mexican Pacific. *BioInvasions Rec.*, 7(1), 1-6. <https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.1.01>
- Hendrickx, M. E., Brusca, R. C. & Findley, L. T. (2005). *Listado y distribución de la macrofauna del golfo de California, México, parte 1. Invertebrados*. México: Arizona-Sonora Desert Museum.
- Hilton, W. A. (1939). A Preliminary List of Pycnogonids from the shores of California. *Pomona J. Entomol. Zool.*, 31(2), 27-35
- Hilton, W. A. (1943). Pycnogonids of the Pacific, Family Pycnogonidae Family Endeidae, *Pomona J. Entomol. Zool.*, 35(2), 19.
- Htaik, A. A. (2018). Associated faunas of seaweeds and seagrasses in the Southern Rakhine coastal zone. *J. Aquac Mar. Biol.*, 7(3), 163-170. <https://doi.org/10.15406/jamb.2018.07.00203>
- Kühl, G., Poschmann, M. & Rust, J. (2013). A ten-legged sea spider (Arthropoda: Pycnogonida) from the Lower Devonian Hunsrück Slate (Germany). *Geol. Mag.*, 150(3), 556-564. <https://doi.org/10.1017/S0016756812001033>
- Lucena, R. A. & Christoffersen, M. L. (2018). An annotated checklist of Brazilian sea spiders (Arthropoda: Pycnogonida). *Zootaxa*, 4370(2), 101-122. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4370.2.1>
- Morales-Hernández, J. C, Carrillo-González, F. M., Cornejo-López, V. M., Téllez-López, J. & Farfán-Molina, L. M. (2013). Campo de viento y temperatura en bahía de Banderas (México): análisis espacial y temporal. *Invest. Geog.*, 81(1), 7-17. <https://doi.org/10.14350/rig.36494>
- Munilla, L. T. (2002). Pycnogonida. In J. E. Llorente-Bousquets & J. J. Morrone (Eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. III (pp. 215-222). México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.
- Munilla, L. T. (2004). Picnogónidos. In A. Barriento. (Ed.), *Curso práctico de entomología* (pp. 253-263). España: Universidad Autónoma de Barcelona: Servei publicacions.
- Murtaugh, M. P. & Hernández, L. (2014). Inventario de la macrofauna reclutada sobre sustrato artificial suspendido en bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Rev. Mex. Biodivers.*, 85, 1-12. <https://doi.org/10.7550/rmb.34225>
- Pacheco, A. & Garate, A. (2005). Bioin crustantes en estructuras de cultivo de *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco, Perú. *Ecol. Apl.*, 4, 149-152. <https://doi.org/10.21704/rea.v4i1-2.310>
- Ramírez-Delgadillo, R. & Cupul-Magaña, F. G. (1999). Contribución al conocimiento de la flora de la bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. *Cienc. Ergo Sum.*, 6, 1-13.
- Ros-Santaella, J. L. (2004). Los picnogónidos (Arthropoda, Pycnogonida) del litoral granadino: faunística, distribución ecológica y datos fenológicos. *Acta Granatense*, 3, 3-10.
- Sabroux, R. L., Corbari, L. K., Bonillo, C., Prieur, L. E. & Hassani, A. (2017). Biodiversity and phylogeny of Ammotheidae (Arthropoda: Pycnogonida). *Eur. J. Taxonomy.*, 286, 1-33. <https://doi.org/10.5852/ejt.2017.286>
- Soler-Membrives, A. & Munilla, L. T. (2015). PYCNOIB: Biodiversity and Biogeography of Iberian Pycnogonids. *PLoS One*, 10(3), 1-21 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120818>

- Soler-Membrives A., Munilla, L. T., Arango C. P. & Griffiths H. J. (2014). Chapter 5.14 Southern Ocean biogeographic patterns in pycnogonida. In C. De Broyer, P. Koubbi, H. J. Griffiths, B. Raymond, C. d'Udekem d'Acoz, ... & Y. Ropert-Coudert (Eds.), *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge* (pp. 138-141). United Kingdom, Cambridge.
- Tovar-Hernández, M. A., Villalobos-Guerrero, T. F., Yáñez-Rivera, B., Aguilar-Camacho, J. M. & Ramírez-Santana, I. D. (2012). *Guía de invertebrados acuáticos exóticos en Sinaloa*. México. Geomare, A. C. US-FWS, INE-SEMARNAT.

Pentaceraster cumingi, nuevo registro de estrella de mar (Asteroidea) para el Pacífico salvadoreño

Pentaceraster cumingi, new record of starfish (Asteroidea) for the Salvadoran Pacific

María Fernanda Ramos-Cáceres^{1*} y Johanna Segovia-Prado^{2,3}



RESUMEN

El registro de biodiversidad es importante para cualquier región. En este trabajo, El Salvador incorpora a *Pentaceraster cumingi* a su riqueza marina. El objetivo fue documentar su presencia en el Pacífico salvadoreño. Con base en material fotográfico, se evidencia que existe *P. cumingi* en un arrecife nacional desde el 2017. Es una especie vulnerable a quedar atrapada en redes de arrastre. Resulta necesario conocer las densidades y el rol ecológico que desempeña.

Palabras clave: redes de arrastre, biodiversidad, conservación, Oreasteridae, arrecife rocoso



ABSTRACT

Having a biodiversity register is important for any region. In this paper, *Pentaceraster cumingi* is incorporated to El Salvador's marine wealth. The objective was to document its presence in the Salvadoran Pacific. Based on photographic material, there is evidence of the existence of *P. cumingi* in a national reef since 2017. This species is vulnerable to be trapped in trawling nets. The densities and the ecological role it plays should be known.

Keywords: trawling nets, biodiversity, conservation, Oreasteridae, rocky reef

- 1 Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador; ramos.fernandasv@gmail.com; rc14007@ues.edu.sv* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9214-1008>
- 2 Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación, Universidad Francisco Gavidia, 1101, San Salvador, El Salvador; johannaseg@gmail.com; e.vsegovia@ufg.edu.sv ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8548-3790>
- 3 Centro de Investigación Marina y Limnológica, Universidad Francisco Gavidia, 1101, San Salvador, El Salvador.

INTRODUCCIÓN

La especie *Pentaceraster cumingi* (Gray, 1840) es un asteroideo perteneciente a la familia Oreasteridae, llamada comúnmente “estrella de mar de cojín”. Su distribución se relaciona con hábitats de arrecifes (rocosos y coralinos) y fondos arenosos en el Pacífico de México, Costa Rica, Panamá, Perú y diversas islas del Pacífico Oriental Tropical (*e. g.* Malpelo, Galápagos y Cocos) (Alvarado & Solís-Marín, 2013). *P. cumingi* posee simetría radial pentámera en donde la pared superficial de su cuerpo es abultada, lo cual le proporciona un aspecto similar a un cojín (Kerstitch & Bertsch, 2007). Tiene cinco brazos con espinas cortas inmóviles en la superficie aboral de coloración entre rojizo o anaranjado, el resto del cuerpo varía desde naranja-rojizo o verde-rojizo hasta grisáceo con redes brillantes rojas; es relativamente grande, alcanza hasta 123 mm de radio mayor (R) y 56 mm de radio menor (r) (Padi-lla-Pérez *et al.* 2017; Galván-Villa & Solís-Marín, 2021).

Se han registrado poblaciones de esta especie en pequeños números, que pueden alcanzar densidades de aproximadamente 0.02 ind/m² en México y Panamá (Reyes-Bonilla *et al.* 2005; Alvarado *et al.* 2012); sin embargo, también se han descrito agregaciones masivas de hasta aproximadamente 3 ind/m², en el sur del golfo de California,

atribuidas a fenómenos de comportamientos reproductivos relacionados con el aumento de la temperatura superficial del agua por el El Niño-Oscilación del Sur (Reyes-Bonilla *et al.* 2018). Al ser detritívora, la presencia de la especie puede indicar sitios con alta productividad en la columna de agua (Luna-Salguero & Reyes-Bonilla, 2010).

Se ha registrado en otros países de la región que *P. cumingi* forma parte de la fauna capturada incidentalmente por medio de pesca de arrastre (Alvarado *et al.* 2017); debido a su hábitat, es propensa a su captura, objeto de comercialización como souvenir y utilizada como ornamento en hogares locales.

El objetivo de este trabajo fue documentar la presencia de *Pentaceraster cumingi* en la costa pacífica salvadoreña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los registros de la especie fueron realizados en dos momentos: 1) en el 2017, cuando incidentalmente un buzo local fotografió a un individuo de *P. cumingi* (Fig. 1) cuyo material fue autorizado para la presente publicación y 2) mediante observaciones *ex situ*, a través de datos fotográficos de individuos de la especie, facilitados por colegas y obtenidos por pescadores locales, e *in situ*, tras seis inmersiones de buceo SCUBA con cámara subacuática digital, en la época seca (octubre-marzo de 2020-2022), en dos puntos (Tres Cruces y

La Pecerita) del arrecife rocoso de Los Cóbanos, que se ubica dentro del Área Natural Protegida (ANP) Complejo Los Cóbanos (Fig. 2) a 11 km al Oriente del municipio de Acajutla, Sonsonate, en la zona comprendida entre Punta Remedios y Barra Salada (ICMARES, 2006). Se establecieron dos transectos paralelos a la costa, en bandas de 30 m de longitud por 2 m de ancho, con una separación de 5 m entre sí, contabilizando y midiendo el radio mayor (R) y radio menor (r) de los organismos encontrados. Se cubrió un área de 120 m² por cada punto de muestreo y una superficie total de 720 m².



Fig. 1. Individuo de *P. cumingi* fotografiado en el 2017. Fotografía de Osmin Hernández

Fig. 1. *P. cumingi* individual photographed in 2017. Photograph by Osmin Hernández

La identificación de *P. cumingi* se realizó con el apoyo de la guía taxonómica de asteroideos para el Pacífico Oriental Tropical (Caso, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En El Salvador, los individuos de *P. cumingi* observados *in situ* y *ex situ* poseen una simetría radial pentámera con coloraciones beige-blanquecinas, con espinas cónicas rojizas y los extremos de los brazos con tonalidades que varían entre rojo y morado intenso. Los individuos registraron tallas entre 13-14 cm de radio mayor (R) y 2-3 cm de radio menor (r), muy similares a las anotadas en otros estudios (Padilla-Pérez *et al.* 2017; Galván-Villa & Solís-Marín, 2021). La densidad registrada de la especie fue desde 0.001 hasta 0.004 ind/m², baja en comparación con los promedios de densidad registrados en México, en cuatro arrecifes (0.03 ind/m²), y Panamá, en el golfo de Chiriquí (0.02 ind/m²) (Reyes-Bonilla *et al.* 2005; Alvarado *et al.* 2012). Sin embargo, las áreas muestreadas en las investigaciones mencionadas son menores a las realizadas en la presente indagación (720 m²): 200 m² en cuatro arrecifes de México y 100 m² en el golfo de Chiriquí, Panamá, lo que podría ser una razón de la densidad baja obtenida en esta nota, en contraste con las registradas en los sitios mencionados.

Pentaceraster cumingi se ha registrado en el arrecife rocoso de Los Cóbanos, entre 17 y 20 m de profundidad, en sustrato rocoso y talpetate (Fig. 1). Con base en el registro fotográfico obtenido, se determinó que esta especie se encuentra presente en el arrecife desde

el 2017 (Fig. 2). En el 2020, se observaron dos ejemplares de *P. cumingi* recolectados por pescadores locales en el Puerto Artesanal de Acajutla, Sonsonate, extraídos como fauna acompañante con una red de fondo utilizada para captura de langostas en el arrecife de Los Cóbanos (Fig. 3), así como ocurrieron

observaciones *in situ* en las Tres Cruces y La Pecerita (Cuadro 1). Los registros de los años 2021 y 2022 corresponden a observaciones en el arrecife mencionado y donde se documentó la presencia de esta especie como individuos solitarios o en pareja (Fig. 4).

Cuadro 1. Observaciones de *Pentaceraster cumingi* en la costa pacífica salvadoreña. *Observaciones realizadas por las autoras

Table 1. Observations of *Pentaceraster cumingi* in the Salvadoran Pacific coast.

*Observations by authors

N.º de registro	Fecha	N.º de individuos	Sector del arrecife o nombre del sitio	Tipo de observación
1	Diciembre de 2017	2	Occidente	Inmersión SCUBA
2	Octubre de 2020	2	Puerto de Acajutla	Fauna acompañante
3	Diciembre de 2020	3	La Pecerita	Inmersión SCUBA*
4	Marzo de 2021	1	Tres Cruces	Inmersión SCUBA*
5	Febrero de 2022	1	Tres Cruces	Inmersión SCUBA*

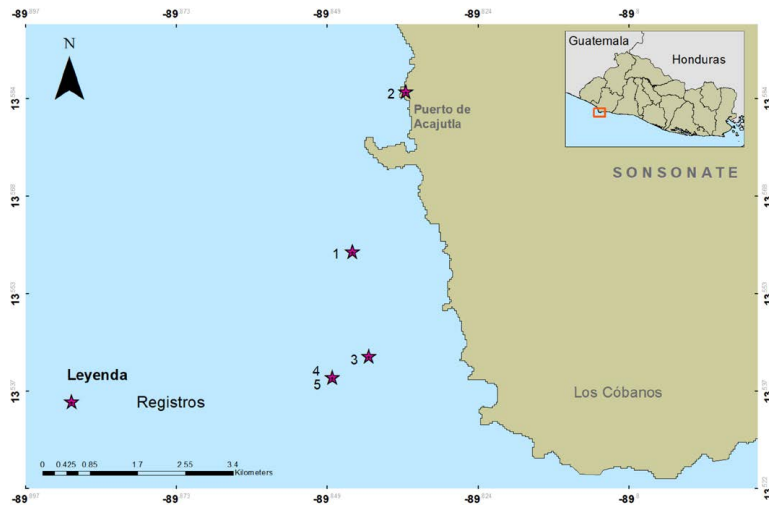


Fig. 2. Sitios de observación de *Pentaceraster cumingi*, arrecife de Los Cóbanos, El Salvador, Centroamérica. Registros: 1) observación incidental de *P. cumingi* en el sector occidente del arrecife; 2) puerto de Acajutla; 3) La Pecerita; 4 y 5) Tres Cruces

Fig. 2. Observation sites for *Pentaceraster cumingi*, Los Cóbanos reef, El Salvador, Central America. Records: 1) incidental observation of *P. cumingi* in the western sector of the reef; 2) port of Acajutla; 3) La Pecerita; 4 and 5) Tres Cruces



Fig. 3. Ejemplares de *Pentaceraster cumingi* capturados con trasmallo de fondo (2020) y comercializados en el puerto artesanal de Acajutla, El Salvador. Fotografía de Andrea Fortis-Benavides y Alberto González-Leiva

Fig. 3. *Pentaceraster cumingi* specimens captured with bottom trammel (2020) and commercialized in the artisanal port of Acajutla, El Salvador. Photograph by Andrea Fortis-Benavides and Alberto González-Leiva

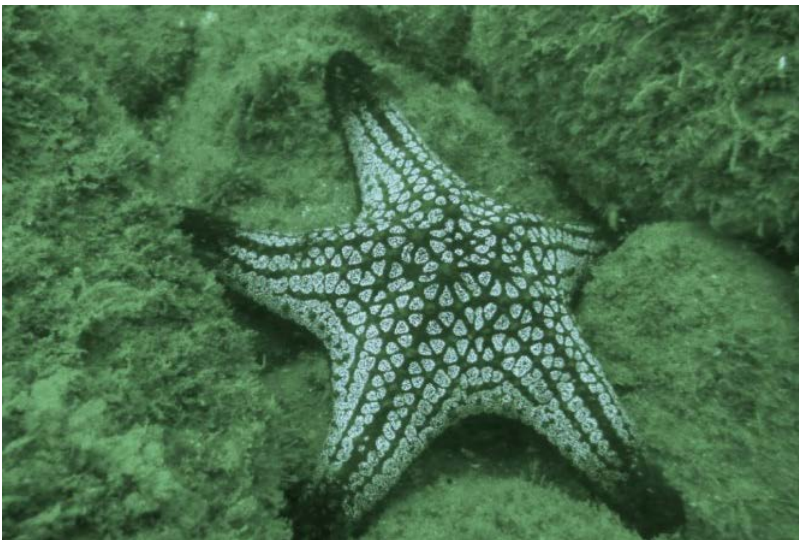


Fig. 4. Individuo de *Pentaceraster cumingi* sobre talpetate a 20 m de profundidad en marzo de 2021. Fotografía de Johanna Segovia-Prado

Fig. 4. *Pentaceraster cumingi* individual on talpetate at 20 m deep, March 2021. Photograph by Johanna Segovia-Prado

Dicho lo anterior, *P. cumingi* se desde México hasta Perú e islas Galápagos, con una distribución vertical entre 2 y 92 m de profundidad (Alvarado & Solís-Marín, 2013). Sin embargo, para El Salvador se habían registrado ocho especies de asteroideos (*Luidia foliolata*, *L. latiradiata*, *Astropecten armatus*, *A. verrilli*, *Amphiaster insignis*, *Nidorellia armata*, *Phataria unifascialis* y *Pharia pyramidata*) (Barraza & Hasbún, 2005; Alvarado & Solís-Marín, 2013); por esta razón, *P. cumingi* corresponde a un nuevo registro que aumenta la riqueza marina en el país. Es un asteroideo con un hábitat epibentónico y comúnmente observado tanto sobre sustratos arenosos y arrecifes rocosos (rocas y algas coralinas) (Ramírez-Ramírez, 2014). Esto coincide con la morfología del arrecife rocoso de Los Cóbanos, el cual posee un origen volcánico; el fondo marino se caracteriza por heterogeneidad del sustrato con coberturas algales y esqueletos coralinos, su distintivo principal es que es el único sitio entre México y Nicaragua que posee corales hermatípicos (ICMARES 2008).

Es vital estudiar las comunidades de equinodermos y, en específico, a los asteroideos (abundancias y densidades). Destaca el papel que estas desempeñan en las cadenas tróficas y los posibles impactos negativos causados por actividades antrópicas.

AGRADECIMIENTOS

A Andrea Fortis-Benavides y Alberto González-Leiva. Al buzo Osmín Hernández, por proveernos material fotográfico, así como a los evaluadores anónimos que contribuyeron a la revisión de este manuscrito.

REFERENCIAS

- Alvarado, J. J. & Solís-Marín, F. A. (2013). Echinoderm Research and Diversity in Latin America. En J. J. Alvarado & F. A. Solís-Marín (Eds.), *Echinoderm Research and Diversity in Latin America* (pp. 1-9). EE. UU.: Elsevier.
- Alvarado, J. J., Guzmán, H. M. & Breedy, O. (2012). Distribution and diversity of echinoderms (Asteroidea, Echinoidea, Holothuroidea) in the islands of the Gulf of Chiriquí, Panama. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 47(1), 13-22.
- Alvarado, J. J., Barraza, E. & Sancho-Mejías, T. I. (2017). Central America Echinoderms: Diversity, Ecology and Future Perspectives. In J. J. Alvarado & F. A. Solís-Marín (Eds.), *Echinoderm Research and Diversity in Latin America* (pp. 67-106). EE. UU.: Elsevier.
- Barraza, J. E. & Hasbún, C. R. (2005). Los equinodermos (Echinodermata) de El Salvador. *Rev. Biol. Trop.*, 53(3), 139-146.
- Caso, M. E. (1994). Estudio morfológico, taxonómico, ecológico y distribución geográfica de los Asteroideos recolectados durante las campañas oceanográficas Cortés 1, 2, 3. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol. Univ. Nal. Autón. México.*, 12, 1-111.

- Galván-Villa, C. M. & Solís-Marín, F. A. (2021). Population size structure and abnormalities in the number of rays of the Sea Star *Pentaceraster cumingi* (Valvata: Oreasteridae) in Bahía Chamela, Mexican Pacific. *Rev. Biol. Trop.*, 69(1), 262-273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.43239>
- ICMARES (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de El Salvador). (2006). *Línea base de las condiciones biofísicas y socioeconómicas del Sistema Arrecifal de Los Cóbanos*. El Salvador. Universidad de El Salvador.
- ICMARES (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de El Salvador). (2008). *Propuesta de "Plan de manejo para el Área Natural Protegida Arrecife Los Cóbanos"*. El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Kerstitch, A. & Bertsch, H. (2007). *Sea of Cortez Marine Invertebrates* (2.^a ed.). EE. UU.: Sea Challengers.
- Luna-Salguero, B. M. & Reyes-Bonilla, H. (2010). Estructura comunitaria y trófica de las estrellas de mar (Echinodermata: Asteroidea) en arrecifes rocosos de Loreto, Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 20(2), 127-134.
- Padilla-Pérez, M. S., Rodríguez-Troncoso, A. P., Sotelo-Casas, R. C. & Cupul-Magaña, A. L. (2017). Equinodermos del Parque Nacional Islas Marietas: Generalidades, importancia e identificación visual como herramienta para su protección. *Áreas Nat. Protegidas Scr.*, 3(2), 51-92.
- Palacios-Martínez, G. E. (2015). Peces arrecifales someros en el islote rocoso La Viuda, Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 63(1), 329-338.
- Ramírez-Ramírez, J. A. (2014). *Elaboración de un catálogo de equinodermos (Asteroidea) durante el periodo de estudio julio a diciembre del 2013*. (Tesis de licenciatura no publicada). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga, A. & Rojas-Sierra, A. (2005). Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.*, 53, 233-244.
- Reyes-Bonilla, H., Vásquez-Arce, D., González-Cuéllar, O. T., Herrero-Pérezrul, M. D. & Weaver, A. H. (2018). Mass aggregation of the cushion starfish *Pentaceraster cumingi* in the southern Gulf of California. *Mar. Biodivers.*, 48, 949-950. <https://doi.org/10.1007/s12526-016-0529-7>

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

La *Revista Ciencias Marinas y Costeras* es una revista anual del Programa de Maestría en Ciencias Marinas y Costeras (Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional), de divulgación científica y que publica:

- Artículos científicos (originales e inéditos)
- Notas científicas (comunicaciones cortas) y
- Reseñas bibliográficas

El Comité Editorial solicita a los autores cumplir las siguientes instrucciones:

a) **Formato general**

- Idioma: Español o inglés, resumen en ambos idiomas,
- Letras: Títulos de sección: Times New Roman 14
Textos: Times New Roman 12
Títulos de figuras y cuadros, autores y palabras claves: Times New Roman 11
Resumen y abstract: Times New Roman 10
- Texto: A doble espacio; cada párrafo con sangría inicial de 5 caracteres. No incluye el resumen y abstract.
- Extensión máxima: *Artículos científicos*: Un máximo de 25 páginas incluyendo figuras y cuadros. Solo en casos justificados ante el Comité Editorial se aceptarán artículos con extensiones mayores.
Nota científica: Máximo de 6 páginas.
Reseña: Máximo de 3 páginas.
- Márgenes: Superior: 3 cm
Inferior: 2.5 cm
Izquierdo: 3 cm
Derecho: 2.5 cm

Las abreviaturas utilizadas deben ajustarse al Sistema Internacional de Unidades (m, km, g, mg, %, PSU, °C). Todas las cifras decimales deberán separarse con punto y no con coma.

No se incluirán notas al pie de página o anexos, únicamente se incluirá el material complementario cuando sea indispensable.

b) **Estructura general del Artículo Científico**

- *Título del artículo:* Centrado, en negrita, en español e inglés, mayúscula y letra tamaño 14. Se debe dejar un espacio sencillo entre el título y los autores.
- *Autor (es):* Letra Times New Roman 11. Nombre y apellidos en cursiva, justificado e indicando la filiación institucional (utilizar superíndices con números), lugar de trabajo o dirección física, y correo electrónico. Se debe indicar la filiación de todos los autores, anotando quién es el autor encargado de la correspondencia, y marcándolo con un asterisco. Se debe dejar un espacio sencillo entre el (los) autor (es) y el Resumen.
- Los títulos de las secciones deben colocarse en el margen izquierdo (**INTRODUCCIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSIÓN, AGRADECIMIENTOS Y BIBLIOGRAFÍA**). Los títulos de las secciones deben escribirse utilizando mayúsculas y negrita, y dejando un espacio para comenzar el texto. No debe haber espacio entre párrafos de una misma sección.
- *Resumen:* Cada artículo deberá estar precedido por un resumen en español y en inglés. Cada resumen no debe exceder las 250 palabras.
- *Palabras claves:* A cada uno de los resúmenes le seguirán las palabras claves (máximo cinco) representativas del contenido del artículo.
- *Introducción:* Debe explicar la finalidad del artículo, y plantear y justificar el problema de investigación. Además, debe incluir información específica sobre antecedentes del tema en estudio, así como el estado del tema a abordar.
- *Materiales y Métodos:* Se presenta la metodología empleada y toda la información necesaria para que el trabajo sea repetible. Se puede también sustentar la selección de los métodos empleados.
- *Resultados:* Se presentan en forma de texto. Se pueden incluir los datos utilizando cuadros y figuras (cuando se requiera). Los cuadros y las figuras deberán ser numerados consecutivamente, y contar con títulos apropiados al contenido (en español e inglés); no se deberán usar negritas, y se acentuarán

tanto las minúsculas como las mayúsculas. Se deberá citar el origen de los datos que contienen, y deberán estar mencionados en el texto. No deben incluirse datos o ilustraciones que no tengan relación con el texto.

Título de Cuadros: Deben ser escritos a doble espacio; se deben evitar las líneas verticales, y utilizar líneas horizontales únicamente cuando separen campos de información (encabezados, subencabezados, campos inferiores o intermedios independientes tales como subtotales). El título debe colocarse en la parte superior del cuadro, en minúscula y sin negrita.

Título de Figuras: Deben ser escritos a doble espacio. El título debe colocarse en la parte inferior de la figura, en minúscula y sin negrita.

Los cuadros y figuras deberán enviarse con una reducción apropiada (hasta 60%), y sus elementos deberán tener el tamaño necesario para permitir su fácil lectura; el tamaño de las letras y el grosor de las líneas deben serlos apropiados para que sean visibles y claras cuando se efectúe una reducción. La tipografía ya reducida no deberá ser menor de 8 puntos. Es posible incluir en el manuscrito dibujos y/o fotografías; en el caso de las fotografías, la revista asumirá el costo de publicar las en blanco y negro; en caso contrario, el autor deberá asumir los costos.

Formato de las imágenes: El autor debe preparar sus figuras y cuadros muy cuidadosamente, ya que suelen ser la causa de atrasos en la revisión de los manuscritos y en el proceso de diagramación. Independientemente de la aplicación utilizada, cuando se incluyan imágenes o cuadros de forma electrónica, se deben guardar o convertir las imágenes a uno de los siguientes formatos:

EPS: Dibujos vectoriales. Se debe incrustar la fuente o guardar el texto como gráficos.

TIFF: Fotografías en color o en escala de grises (semi-tonos); siempre usar un mínimo de 300 dpi.

TIFF: Dibujos de mapas de bits; se debe usar un mínimo de 1000 dpi.

TIFF: Combinaciones de línea de mapa de bits / medio tono (color o escala de grises); es necesario el uso de un mínimo de 500 dpi.

DOC, XLS o PPT: Si las imágenes o los cuadros fueron creados en cualesquiera de estas aplicaciones de Microsoft Office®, debe de indicarlo.

Los cuadros y figuras deben entregarse por separado.

- *Discusión:* El autor deberá discutir los resultados más relevantes haciendo uso de las referencias pertinentes y actualizadas. Es permitida una sola sección de Resultados y Discusión
- *Conclusiones:* Toda conclusión debe estar sustentada con los datos presentados y discutidos, y en estricta consonancia con el propósito del artículo. Cuando se trata de una síntesis de los descubrimientos, en esta sección se pueden incluir propuestas, a criterio del autor.
- *Agradecimientos:* Deben reflejar una apreciación auténtica hacia quienes han colaborado en la investigación.
- *Bibliografía:* Las referencias bibliográficas deben ajustarse a lo establecido en las normas de la “American Psychological Association (APA), disponibles en el vínculo de la página de la revista (www.una.ac.cr/revmar).

Publicaciones periódicas. Las publicaciones periódicas son aquellas que aparecen con cierta regularidad: diarios, revistas, boletines ilustrados y otros semejantes. El formato requerido es el siguiente:

Autor, A. A., Autor, E. E. & Autor, C. C. (Año de publicación). Título del artículo. *Título de la revista científica en cursiva y correctamente abreviado según las normas de la ISI*, Volumen (número entre paréntesis), página inicial y final separadas por un guion.

Tomasko, D. A. & Lapointe, B. E. (1991). Productivity and biomass of *Thalassia testudinum* as related to water column nutrient availability and epiphyte levels: field observations and experimental studies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 75(3), 9-17.

Publicaciones no periódicas. Las publicaciones no periódicas son las que se publican por separado: libros, informes, folletos, ciertas monografías, manuales y medios audiovisuales. Los formatos requeridos son los siguientes:

Autor, A. A. (Año de publicación). *Título del trabajo*. Localidad: Editorial.

Libro:

Robinson, D. N. (1992). *Social discourse and moral judgment*. San Diego, CA, EE.UU.: Academic Press.

Capítulo de libro:

O'Neil, J. M. & Egan, J. (1992). Men's and women's gender role journeys; Metaphor for healing, transition, and transformation. En E. R. Wainrib (Ed.), *Gender issues across the life cycle* (pp. 107-123). New York, EE.UU.: Springer.

Memoria de congreso:

González, R., Calvo, A., Benavides, G. & Casullo, M. (1998, noviembre). *Evaluación de la conducta social de Aratus pisonii*. Ponencia presentada en el Congreso Latinoamericano de Carcinología, Salamanca, España.

Página Web:

Dewey, R. A. (2002). La torsión en los gastrópodos: una revisión. Recuperado en enero 25, 2003, disponible en <http://www.gpa.orljournalsljacobson.html>

Artículo de revista electrónica:

Jacobson, J. W., Mulick, J. A. & Schwartz, A. A. (1995). A history of facilitated communication: Science, pseudoscience, and antiscience: Science working group on facilitated communication. *American Psychologist*, 50, 750-765. Recuperado en enero 25, 1996, disponible en <http://www.gpa.orljournalsljacobson.html>

Procedente de una base de datos en CD-ROM:

Schneiderman, R. A. (1997). Librarians can make sense of the Net. *San Antonio Business Journal*, 11(3). Recuperado en enero 27, 1999. De la base de datos EBSCO (Masterfile), disponible en <http://www.ebsco.com>

Tesis:

Wilfley, D. E. (1989). *Interpersonal analysis of bulimia: Normal-weight and obese*. Tesis de doctorado no publicada, University of Missouri, Columbia.

Comunicaciones no publicadas: No deben ser incluidas en las referencias, solo se nombran en el texto del trabajo. Es necesario incluir al lado de la cita la persona que suministra la información, el medio y la fecha. Ej.: "La coloración de *A. similis* varía con los periodos de lluvia" (C. Fonseca, comunicación personal, Junio 29, 2000).

c) **Estructura general de la Nota Científica:**

Se utilizan los mismos criterios que para el Artículo Científico en lo que respecta al Título del artículo, Autor (es), Resumen, Abstract y Palabras claves. Sin embargo, para las notas científicas cada resumen no deberá exceder las 70 palabras.

- Los títulos de las secciones deben colocarse en el margen izquierdo (**INTRODUCCIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSIÓN, AGRADECIMIENTOS Y BIBLIOGRAFÍA**). Los títulos de las secciones deben escribirse utilizando mayúsculas y negrita, y dejando un espacio para comenzar el texto. No debe haber espacio entre párrafos de una misma sección.
- *Introducción:* Enmarcar sucintamente el problema a resolver y el objetivo con un sustento teórico. El texto deberá escribirse de manera continua y sin espacio entre párrafos.
- *Cuadros y Figuras:* Deberán seguir el mismo formato que en los artículos científicos.
- *Agradecimientos:* Se pondrán como último párrafo, sin encabezado. Los nombres “oficiales” no se deben traducir.
- *Bibliografía:* Deberá seguir el mismo formato que en los artículos científicos.

d) **Estructura general de una Reseña Bibliográfica:**

Plantea una revisión bibliográfica de un determinado ámbito de estudio relacionado con la temática que la revista. Puede repasar los expositores más relevantes, sus ideas principales y sus aportes. Puede hacer análisis y comentarios basados en afirmaciones objetivas y sustentadas.

- *Partes del artículo de revisión bibliográfica*
 - Título (en español e inglés).
 - Filiación.
 - Palabras claves (en español e inglés).
 - Resumen (en español e inglés). En este apartado debe incluir:
 - Plantea el objetivo del estudio.
 - Expone la temática que aborda y su trascendencia.
 - Especifica los periodos o etapas de la información bibliográfica objeto del análisis.

- Presenta los principales criterios para analizar la información bibliográfica tratada.
- Presenta los principales hallazgos, conclusiones.
- Presenta las principales aplicaciones, implicaciones o recomendaciones.
- Incorpora la información necesaria que oriente al lector/a a identificar del contenido básico del escrito de forma rápida y a determinar su relevancia. Es autosuficiente semánticamente.
- Introducción (plantea el objetivo o problemática que motivó la revisión y los criterios de organización del discurso).
- Desarrollo: especifica el análisis bibliográfico · Conclusiones o discusiones y pendientes.

e) **Etapas que siguen los manuscritos:**

1. Frecuencia de publicación

La publicación de la **REVMAR** es semestral, en un volumen con la publicación del primer número del 01 enero - 30 junio y el segundo número del 01 julio - 31 diciembre

2. Fecha de recepción de artículos

La recepción de artículos permanecerá abierta todo el año.

3. Forma de entrega

La primera versión del manuscrito puede ser enviada en forma digital vía Internet, junto con la [carta de originalidad y cesión de derechos de autor](#) adjunto debidamente llenado y firmado por todas las personas autoras, utilizando los correos: revmar@una.cr o revcienmarycos@gmail.com. Alternativamente puede ser enviada vía correo postal a las siguientes direcciones:

Licda. Nidya Cecilia Nova Bustos Editora Revista Ciencias Marinas y Costeras Maestría en Ciencias Marinas y Costeras Universidad Nacional Apartado Postal 86-3000 Costa Rica	M. Sc. Luis Villalobos Chacón Director Revista Ciencias Marinas y Costeras Maestría en Ciencias Marinas y Costeras Universidad Nacional Apartado Postal 86-3000 Costa Rica
--	--

El contenido de la *Carta de originalidad y cesión de derechos de autor*

1. El artículo es original e inédito: esto es, constituye una producción intelectual propia de la(s) persona(s) arriba indicada(s) y no ha sido divulgado a terceros(as) de forma pública, por ningún medio de difusión impreso o digital.
2. El artículo no ha sido postulado simultáneamente para su publicación ante otra revista impresa, electrónica ni en ningún otro medio escrito u órgano editorial. En caso de que antes hubiere sido sometido a evaluación de otra revista, se debe explicar la causa por la que no se aceptó, e indicar el correo electrónico de la revista a que fue sometido originalmente.
3. El autor (es) no ha(n) suscrito con anterioridad ante terceros contratos de cesión de derechos patrimoniales o licencias de uso en relación con los derechos de propiedad intelectual que ostentan sobre el artículo postulado que les impida cederlos por medio de este acto.
4. En caso de artículos elaborados como obras en colaboración –bien se trate de obras en las que los autores(as) tienen el mismo grado de participación o aquellas en las que existe una persona autora principal y una o varias personas autoras secundarias–, todos(as) ellos(as) han contribuido intelectualmente en la elaboración del documento.
5. En caso de artículos elaborados como obras en colaboración (según se especificó en el punto 4), en relación con el reconocimiento que se realiza respecto de los niveles de participación asignados por los(as) autores(as) del artículo, estos(as) liberan de responsabilidad a la Revista Ciencias Marinas y Costeras.
6. En caso de artículos elaborados como obras en colaboración, todos(as) los(as) autores(as) han leído y aprobado el manuscrito postulado. En este entendido, los(as) autores(as) abajo firmantes designamos a _____ como encargado(a) de recibir correspondencia y con autoridad suficiente para representar, en condición de agente autorizado(a) a los demás autores(as). Denominado autor correspondencia.
7. Reconoce(n) que la Revista no comparte necesariamente las afirmaciones que en el artículo se plantean.
8. Manifiesta(n) que todos los datos de **citas** dentro de texto y sus respectivas **referencias** tienen la fuente y el crédito debidamente identificados.
9. Aporta(n) los permisos o autorizaciones de quienes poseen los derechos patrimoniales para el uso de tablas y figuras (ilustraciones, fotografías, dibujos, mapas, esquemas u otros) en el escrito.
10. En caso de que el artículo postulado sea aceptado para su publicación, permite(n) la cesión GRATUITA, EXCLUSIVA, DE ÁMBITO MUNDIAL Y POR PLAZO INDEFINIDO de su(s) derecho(s) patrimonial(es) de autoría a la Universidad Nacional (Costa Rica), lo que implica lo siguiente:
 - a. La edición gráfica y de estilo de la obra o parte de esta.
 - b. La publicación y reproducción íntegra de la obra o parte de esta, tanto por medios impresos como electrónicos, incluyendo Internet y cualquier otra tecnología conocida o por conocer.
 - c. La traducción a cualquier idioma o dialecto de la obra o parte de esta.

- d. La adaptación de la obra a formatos de lectura, sonido, voz y cualquier otra representación o mecanismo técnico disponible, que posibilite su acceso para personas no videntes parcial o totalmente, o con alguna otra forma de capacidades especiales que les impida su acceso a la lectura convencional del artículo.
 - e. La distribución y puesta a disposición de la obra al público, de tal forma que el público pueda tener acceso a ellas desde el momento y lugar que cada quien elija, a través de los mecanismos físicos o electrónicos de que disponga.
 - f. Que la obra sea distribuida a través de la licencia Creative Commons BY- NC-SA versión 4.0, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar, generen obras derivadas y distribuir la versión final aprobada y publicada (post print) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales, y se mencione la fuente y autoría de la obra.
 - g. Cualquier otra forma de utilización, proceso o sistema conocido o por conocerse que se relacione con las actividades y fines editoriales a los cuales se vincula la Revista.
11. Derechos de reutilización: A su vez, la UNA les concede a los AUTORES el derecho de reutilizar para cualquier propósito y poder publicar en internet o cualquier sitio electrónico, la versión final aprobada y publicada (post print) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines de lucro.
 12. Acepta(n) que, con su colaboración, el artículo presentado sea ajustado por el equipo de edición de la Revista, a las “[Instrucciones para autores/as](http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/revmar)” previamente establecidas y publicadas en el sitio web oficial de la Revista (<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/revmar>); en cuanto a procedimientos, formato, corrección, edición, publicación, duración del proceso editorial y otros requerimientos solicitados en dichas normas.
 13. Aceptan, que la revista se reservará el derecho de retirar, o bloquear en forma expedita el acceso a las publicaciones almacenadas en sus plataformas virtuales al momento de obtener conocimiento efectivo de una denuncia interpuesta por un tercero por presunta infracción de sus derechos de autor.
 14. De conformidad con la Ley N° 8968, ley de protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales, el AUTOR consiente en facilitarle a la Revista un correo electrónico de contacto, así como los datos personales necesarios para la identificación de la autoría del artículo: _____. A su vez, autorizan a la Revista a publicar junto con el artículo, los datos personales necesarios (nombre y apellidos, institución, ciudad/país, correo y el número ORCID). Cualquier otro dato personal distinto al indicado anteriormente, será resguardado por la Revista con absoluta confidencialidad y no podrá ser divulgado ni transferido a terceros sin consentimiento del AUTOR.
 15. Admiten(n) que la postulación y posible publicación del artículo en la *Revista Ciencias Marinas y Costeras* se regirá por las políticas editoriales de esta, la normativa institucional de la Universidad Nacional y la legislación de la República de Costa Rica. Adicionalmente, que en caso de cualquier eventual diferencia de criterio o disputa futura, esta se dirimirá de acuerdo con los mecanismos de Resolución Alternativa de Conflictos y la Jurisdicción Costarricense.

Los artículos aceptados por la *Revista Ciencias Marinas y Costeras* pasan a ser propiedad de esta, respetándose los derechos de autor y producción correspondientes. No se devolverán los originales.

4. Sistema de arbitraje

Los manuscritos que cumplan con los objetivos temáticos de la revista y se ajusten al formato indicado serán enviados a al menos dos evaluadores externos, quienes revisarán el documento siguiendo la metodología de “doble ciego” y harán las recomendaciones para mejorarlos o los calificarán como inaceptables. El comité editorial devolverá al autor las observaciones recibidas por parte de los evaluadores. Si el artículo es aceptado, pero sujeto a modificaciones, se le dará un plazo definido al autor para realizarlas y volver a someter a consideración el manuscrito.

5. Pruebas y reimpresos

Luego del proceso de corrección, edición y aceptación final del manuscrito, el autor recibirá la prueba final de digital, por vía electrónica y en formato PDF antes de la publicación del artículo. Por lo anterior, los autores serán los responsables de la revisión final, efectuando los cambios mínimos necesarios, y corrigiendo los errores de digitalización que puedan existir. Los autores deberán devolver la prueba de galera en un plazo máximo de una semana a partir de su fecha de recepción. El retraso en la devolución de las pruebas podría implicar la publicación del trabajo sin las correcciones del autor.

Título del artículo: en español e inglés. Centrado, en negrita, mayúscula, letra Times New Roman 14, doble espacio.

**EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE
ESCHERICHIA COLI EN *CRASSOSTREA GIGAS*...
EVALUATION OF *ESCHERICHIA COLI*
CONCENTRATIONS IN *CRASSOSTREA GIGAS* ...**

Se debe dejar un espacio sencillo entre el título y los autores

Autor (es): Nombre y apellidos en cursiva, letra Times New Roman 11, doble espacio, justificado.

Luis A. Vega Corrales^{1} y Carolina Marín Vindas¹.*

¹Estación de Biología Marina Juan Bertoglia Richards, Universidad Nacional, Costa Rica. luis.vega.corrales@una.cr*

Indicar el correo electrónico del autor encargado de la correspondencia. Marcar con un asterisco.

Dejar un espacio sencillo entre el (los) autor (es) y el Resumen

Títulos de sección (Resumen, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Bibliografía): margen izquierdo, en negrita, mayúscula, letra Times New Roman 14.

RESUMEN

Costa Rica no cuenta con referencias sobre la calidad sanitaria de las zonas de cultivo de *Crassostrea gigas* y esto puede representar un riesgo para la salud pública...

Resumen: en español e inglés. Letra Times New Roman 10, justificado, espacio sencillo. Extensión máxima: 250 palabras

Subtítulo de palabras claves: en negrita, letra Times New Roman 11. Mínimo y máximo 5 palabras claves, así lo están exigiendo las bases de datos

Palabras claves: Contaminación marina, maricultura, *Escherichia coli*, *Crassostrea gigas*, Costa Rica.

ABSTRACT

Costa Rica does not have references on health quality of harvesting zones of *Crassostrea gigas*, which can pose a potential public health risk...

Keywords: Marine pollution, mariculture, *Escherichia coli*, *Crassostrea gigas*, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos son vulnerables a la contaminación antropogénica. Según Halpern *et al.* (2008), no existen zonas marino costeras que no estén impactadas por la influencia humana...

Texto: letra Times New Roman 12, doble espacio, justificado. Se acentuarán tanto las minúsculas como las mayúsculas. Cada párrafo con sangría inicial de 5 caracteres. No deben haber espacios entre párrafos de una misma sección.

...Estudios recientes han demostrado que las condiciones de las zonas de cultivo de moluscos bivalvos dependen, entre muchos otros factores, de las condiciones climatológicas y estacionales del área (Peterson, 1960; CITES, 2011; Campos *et al.* 2013b; Derolez *et al.* 2013; Lee & Silk, 2013; Mignani *et al.* 2013).

Cita para publicaciones de 1 autor.

Cita para publicaciones de más de 2 autores.

Cita para diferentes publicaciones del mismo autor y año.

Cita para publicaciones de 2 autores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó la contaminación por *E. coli* en las zonas de cultivo de ostras de Punta Cuchillo (9°49' 48" N y 84°52' 48" O) y de Punta Morales (10°4' 84" N y 84°58' 37" O), ubicadas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica (Fig. 1).

Los cuadros y figuras deben entregarse por separado.

Las cifras decimales deben indicarse con punto y no con coma.

Para la fase presuntiva se inoculó cada serie de cinco tubos de Lauryl Tryptose Broth (BD®) con 10, 1 y 0.1 mL de la muestra de agua... Para las muestras de ostras se homogeneizaron 25 g de carne y líquido intravalvar en 225 mL de Buffered Peptone Water (BD®). A partir de esta mezcla se prepararon las diluciones 1:100 y 1:1 000. De cada dilución se inocularon 5 tubos de Lauryl Tryptose Broth.

Los miles deben indicarse con un espacio.

Las abreviaturas utilizadas deben ajustarse al Sistema Internacional de Unidades (m, km, g, mg, %, PSU, °C).

BIBLIOGRAFÍA

Utilizar &

Se utilizan letras para diferenciar publicaciones del mismo autor y año.

Campos, C. J. A., Acornley, R., Morgan, O. C. & Kershaw, S. (2013a). Trends in the levels of *Escherichia coli* in commercially harvested bivalve shellfish from England and Wales, 1999-2008. *Mar. Pollut. Bull.*, 67(1-2), 223-227.

Campos, C. J. A., Kershaw, S. R. & Lee, R. J. (2013b). Environmental influences on faecal indicator organisms in bivalve shellfish. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*

Publicaciones periódicas: Volumen de la Revista en cursiva. El número de la Revista entre paréntesis. No debe haber espacio entre el volumen y el número. Páginas iniciales y finales separadas por un guión.

Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. & Trussell, R. R. (1989). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (17th ed.). Washington, EE:UU.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation.

Publicaciones no periódicas: Título del libro en cursiva.

Publicaciones no periódicas: Localidad: Editorial.

Cuando son más de 7 autores, se enuncian los primeros 6 autores seguido de "... " y luego se escribe el último autor

Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V, Micheli, F., D'Agrosa, C., ... Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319, 948-952.

Organización

IMN. Instituto Meteorológico Nacional. (2014). Clima en Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. Recovered its in 22 January 2014, retrieved from <http://www.imn.ac.cr/educacion/CLIMA DE COSTA RICA.html>

CITES. (2011). *The CITES species. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. Ginebra, Suiza. Recuperado el 21 de septiembre, 2011, disponible en www.cites.org/eng/disc/species.php

R Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.R-project.org/>

Página web: Recuperado en:
Página web: Disponible en:

CUADROS Y FIGURAS

Cuadros deben ser numerados consecutivamente.

Los cuadros y figuras deberán enviarse con una reducción apropiada (hasta 60%), y sus elementos deberán tener el tamaño necesario para permitir su fácil lectura; el tamaño de las letras y el grosor de las líneas deben ser los apropiados para que sean visibles y claras cuando se efectúe una reducción. La tipografía ya reducida no deberá ser menor de 8 puntos. Es posible incluir en el manuscrito dibujos y/o fotografías; en el caso de las fotografías, la revista asumirá el costo de publicar las en blanco y negro; en caso contrario, el autor deberá asumir los costos.

Cuadro 1. Criterios de clasificación de zonas de producción de moluscos bivalvos con base en muestras de agua de mar

Table 1. Shellfish harvesting zones classification criteria based in seawater samples

Título de cuadro: En español e inglés. Debe colocarse en la parte superior del cuadro, en minúscula y sin negrita. Letra Times New Roman 11, doble espacio, justificado.

Evitar líneas verticales. Utilizar líneas horizontales únicamente cuando separen campos de información (encabezados, subencabezados, campos inferiores)

Category of classification	Faecal coliforms (MPN 100 mL ⁻¹)		Treatment required
	Geometric mean	90% compliance	
Approved areas	< 14	< 43	None.
Prohibited areas	No sanitary survey or conditions for approved/restricted areas not met.		Harvesting not permitted.

Reference: Lee *et al.* (2008)

Se debe indicar el origen de los datos.

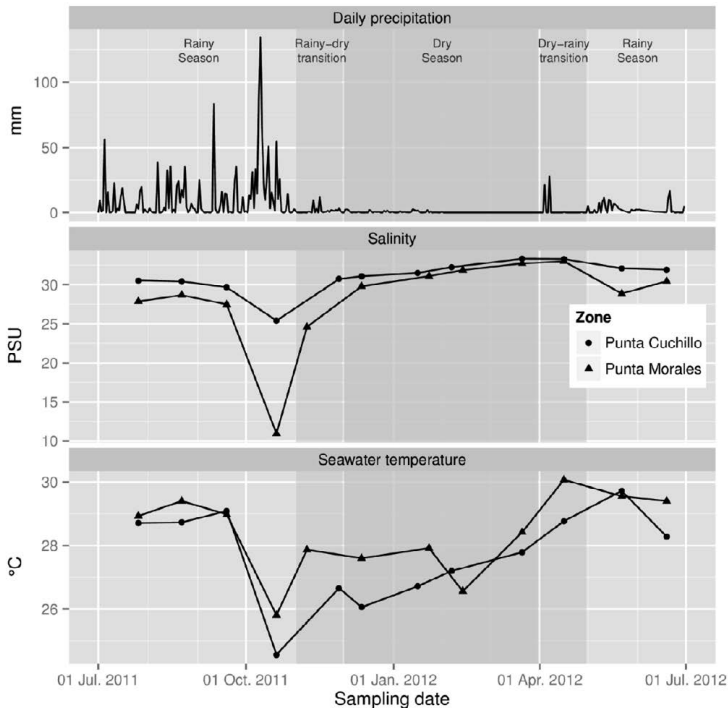


Fig. 3. Precipitación diaria (mm) y salinidad (UPS) y temperatura (°C) mensual registradas de julio de 2011 a junio de 2012 en las zonas de cultivo de *Crassostrea gigas* de Punta Cuchillo y de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Se representan la estación seca, la estación lluviosa y los meses de transición establecidos para la zona de estudio por el Instituto Meteorológico de Costa Rica. Fuente precipitación: Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica

Fig. 3. Daily precipitation (mm) and salinity (PSU) and temperature (°C) registered monthly from July 2011 to June 2012 in the *Crassostrea gigas* harvesting zones of Punta Cuchillo and Punta Morales, Gulf of Nicoya, Costa Rica. It represented dry season, rainy season and the transition months established for the study zone by the Meteorological Institute of Costa Rica. Precipitation source: Meteorological Institute of Costa Rica

Título de figura: En español e inglés. Debe colocarse en la parte inferior de la figura, en minúscula y sin negrita. Letra Times New Roman 11, doble espacio, justificado.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The *Journal of Marine and Coastal Sciences* is an annual scientific journal published by the Master's Program in Marine and Coastal Sciences (School of Biological Sciences, Universidad Nacional, Costa Rica), including:

- Scientific articles (original and unpublished)
- Scientific notes (short communications) and
- Literature reviews

The Editorial Committee requires authors to follow these instructions:

a) **General format**

Language:	English or Spanish, abstract in both languages.
Fonts:	Headings of sections: Times New Roman 14 pts. Text: Times New Roman 12 pts. Titles of figures and tables, name of authors and key-words: Times New Roman 11 pts. Abstract and <i>resumen</i> : Times New Roman 10 pts.
Text:	Double-spaced; indent paragraphs 5 spaces, except for <i>resumen</i> and abstract.
Maximum length:	<i>Scientific articles</i> : 25 pages maximum including figures and tables. Longer articles will only be accepted upon justification submitted to the Editorial Committee. <i>Scientific notes</i> : 6 pages maximum. <i>Reviews</i> : 25 pages maximum.
Margins:	Top: 3 cm Bottom: 2.5 cm Left: 3 cm Right: 2.5 cm

Abbreviations shall be used according to the International Unit System (m, km, g, mg, %, PSU, °C). Use period for decimals instead of comma.

Do not include footnotes or appendices. Additional material may be included only if indispensable.

b) **General structure for a scientific paper**

- *Title of the article:* Centered, bold, both in English and in Spanish, capital letters, 14 pts. Leave a single space between the title and the authors.
- *Author(s):* Times New Roman 11pts. Write first and last names in italics, justify text and indicate institutional affiliation (use superscript numbers), place of work or physical address and e-mail. Include affiliation of all authors; mark corresponding author with an asterisk. Leave a single space between the author(s) and the abstract.
- Titles of sections must be aligned to the left, in capital letters and in bold (**INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, CONCLUSION, ACKNOWLEDGEMENTS AND BIBLIOGRAPHY**). Use a single space before the text. Do not leave spaces between paragraphs of the same section.
- *Abstract:* Each article will be preceded by the abstracts in English and Spanish, each one not exceeding 250 words.
- *Keywords:* Each abstract will be followed by keywords (five words max.) representing the article content.
- *Introduction:* The purpose of the article and the research problem reasoning shall be explained here. Specific information on the background of the study and the state of the art shall be included as well.
- *Materials and methods:* The methodology used and all the necessary information to repeat the work shall be included here. The reasons regarding selected methods may also be explained in this section.
- *Results:* Results will be presented in a text format. Data may be included in tables and figures (when required). Tables and figures shall be consecutively numbered and identified with titles according to the content (in English and Spanish); do not use bold; use accent marks over small as well as capital letters in Spanish. All data sources shall be cited and included in the text. Do not include information or illustrations unrelated to the text.

Titles of tables: Double-spaced; avoid vertical lines and use horizontal lines only to separate information fields (headings, sub-headings, independent spaces in the middle or at the bottom such as subtotals). Titles must be in the upper section of the table, in small letters and in bold.

Titles of figures: Double-spaced; Title must be at the bottom of the figure, in small letters and in bold.

Tables and figures should be reduced as appropriate (no more than 60%); the elements in the tables and figures should have the appropriate size for easy reading. Choose the appropriate font size and line-width to keep the letters clear and visible even after a reduction. Reduced fonts shall not be less than 8 pts. Drawings and/or photographs may be included in the manuscript: photographs will be published by the journal in black and white at no cost; in any other case, the author will cover the costs.

Image formatting: Figures and tables must be prepared carefully to avoid any delays in the manuscript editing and the diagramming process. Regardless of the application used, when images or tables are included electronically, save or convert them using the following formats:

EPS: Vector drawings. Insert the source reference or save the text as graphics.

TIFF: Color or grayscale photographs, always use 300 dpi minimum.

TIFF: For bitmap images, use 1000 dpi minimum.

TIFF: For combinations of bitmap/half tone (color or grayscale) use 500 dpi minimum.

DOC, XLS or PPT: Indicate if images or tables were created in Microsoft Office®.

Tables and figures shall be submitted separately.

- *Discussion:* The author will discuss the most relevant results, using pertinent and updated references. Only one Results and Discussion section is allowed.
- *Conclusions:* All conclusions shall be based on the data presented and discussed. Conclusions shall strictly agree with the purpose of

the article. If the article is a synthesis of findings, proposals may be included in this section, at the author's discretion.

- *Acknowledgements*: This section must reflect an authentic appreciation to the research collaborators.
- *Bibliography*: Bibliographic references shall follow the guidelines of the American Psychological Association (APA), available at the Journal's Website (www.una.ac.cr/revmar).

Periodicals: Periodicals are regular publications: journals, newspapers, illustrated bulletins, etc. The format required is as follows:

Author, A. A., Author, E. E. & Author, C. C. (Year of publication). Title of the article. *Title of the scientific journal in italics and correctly abbreviated according to the ISI standards*, Volume (number in parenthesis), initial and final pages separated by a hyphen.

Tomasko, D. A. & Lapointe, B. E. (1991). Productivity and biomass of *Thalassia testudinum* as related to water column nutrient availability and epiphyte levels: field observations and experimental studies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 75(3), 9-17.

Non-periodical publications: Non-periodical publications are those published separately: books, reports, booklets, some monographies, manuals and audiovisual media. Follow this format:

Author, A. A. (Year of publication). *Title of the work*. Place: Publishing house.

Book

Robinson, D. N. (1992). *Social discourse and moral judgment*. San Diego, CA, USA: Academic Press.

Chapter of a book

O'Neil, J. M. & Egan, J. (1992). Men's and women's gender role journeys; Metaphor for healing, transition, and transformation. In E. R. Wainrib (Ed.), *Gender issues across the life cycle* (pp. 107-123). New York, USA: Springer.

Conference proceedings

González, R., Calvo, A., Benavides, G. & Casullo, M. (1998, November). *Evaluación de la conducta social de Aratus pisonii*. Paper presented in the Congreso Latinoamericano de Carcinología, Salamanca, Spain.

Web page

Dewey, R. A. (2002). La torsión en los gastrópodos: una revisión. Retrieved on January 25, 2003 available at <http://www.gpa.orljournalsljacobson.html>

Article in an electronic journal

Jacobson, J. W., Mulick, J. A. & Schwartz, A. A. (1995). A history of facilitated communication: Science, pseudoscience, and antiscience: Science working group on facilitated communication. *American Psychologist*, 50, 750-765. Retrieved on January 25, 1996, available at <http://www.gpa.orljournalsljacobson.html>

From a database on CD-ROM

Schneiderman, R. A. (1997). Librarians can make sense of the Net. *San Antonio Business Journal*, 11(3). Retrieved on January 27, 1999. From the EBSCO database (Masterfile), available at <http://www.ebsco.com>

Thesis

Wilfley, D. E. (1989). *Interpersonal analysis of bulimia: Normal-weight and obese*. Unpublished doctoral thesis, University of Missouri, Columbia.

Unpublished communications: Unpublished communications will not be included in the references; they will only be mentioned in the text. Include the name of the person who provides the information, media and date. Ej.: “La coloración de *A. similis* varía con los periodos de lluvia” (C. Fonseca, personal communication, June 29, 2000).

c) General structure for a scientific note

Apply the same criteria used for the scientific article regarding Title of the article, author(s), abstract and *resumen* and keywords, except for the number of words in the abstract (70 words max).

- Titles of sections must be on the left margin (**INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, ACKNOWLEDGEMENTS AND BIBLIOGRAPHY**). The titles of sections shall be in capital letters and in bold. Leave a space to start the text. Do not leave spaces between paragraphs of the same section.
- *Introduction*: Explain, clearly and concisely, the problem to be resolved and the objective with a theoretical base. The text should be continuous, not leaving spaces between paragraphs.
- *Tables and figures*: Same format as the scientific articles.
- *Acknowledgements*: This section will be included as the last paragraph, with no heading. “Official” names should not be translated.
- *Bibliography*: Same format as the scientific articles.

d) **General structure for a literature review**

This type of article includes literature reviews of a specific field of study related to the theme of the Journal. Authors may review the most relevant exponents, their main ideas and contributions, as well as conduct analyses and make comments based on sustained objective statements.

- Elements of a literature review article
 - Title (in English and Spanish).
 - Affiliation.
 - Keywords (in English and Spanish).
 - Abstract (in English and Spanish). Include the following in this section:
 - Objective of the study.
 - Topic addressed and its significance.
 - Periods or stages of the bibliographic information consulted in the analysis.
 - Main criteria for analyzing the bibliographic information consulted.
 - Main findings and conclusions.
 - Main applications, implications and recommendations.
 - Necessary information that would help the reader quickly identify the basic content of the paper and its relevance. The paper is semantically self-sufficient.

- Introduction: Establishes the objective or problem that motivated the review and includes the paper's organization criteria.
- Development: Specifies the bibliographic analysis
- Conclusions or discussions and pending matters.

e) **Manuscript stages**

1. Receiving date

Articles will be received throughout the year; however, the due date will be March 30th of each year to guarantee that the publication will appear on the volume of the corresponding year.

2. Delivery

The first version of the manuscript can be sent in digital form, together with the attached [statement of originality and copyright transfer agreement](#) duly completed and signed by all the authors, to the following emails: revmar@una.cr or revcienmarycos@gmail.com. It can alternatively be sent by postal mail to the following addresses:

Licda. Nidya Cecilia Nova Bustos Editor Revista Ciencias Marinas y Costeras Maestría en Ciencias Marinas y Costeras Universidad Nacional Apartado Postal 86-3000 Costa Rica	M. Sc. Luis Villalobos Chacón Director Revista Ciencias Marinas y Costeras Maestría en Ciencias Marinas y Costeras Universidad Nacional Apartado Postal 86-3000 Costa Rica
---	--

Content of the *Statement of Originality and Copyright Transfer Agreement*

1. The article is original and has not been published: in other words, it is the intellectual production of the person(s) indicated above and has not been publicly shared with third parties by any printed or digital means.
2. The article has not been simultaneously submitted for publication in another printed or electronic journal or any other written media or editorial body. In case the article has already been submitted in another journal, please explain why it was not accepted and indicate the email of the journal where it was originally submitted.
3. The authors have not subscribed, with third parties, any transfer of intellectual proprietary rights agreements or use licenses regarding intellectual property rights for the submitted article that prevents them from licensing the Journal.

4. In case of collective authorship— whether works in which the authors have the same degree of involvement or those in which there is a lead author and one or more secondary authors— all authors have contributed intellectually to the paper.
5. In case of collective authorship (as specified in item 4), in relation to the recognition of participation levels assigned by the authors, they released *Revista Ciencias Marinas y Costeras* from any liability.
6. In case of collective authorship, all authors have read and approved the submitted manuscript. Therefore, we, the undersigned authors, appoint _____ as the corresponding author having sufficient authority to represent the other authors, on his/her capacity as the authorized agent.
7. The author(s) recognize(s) that the Journal does not necessarily endorse the statements expressed in the article.
8. The author(s) state(s) that all text **citations** in the paper and their corresponding bibliographic **references** have been properly sourced and credited.
9. The author(s) include(s) in the paper the permits or authorization from those who own the rights for use of tables and figures (illustrations, photographs, drawings, maps, diagrams, or other).
10. In case the submitted paper is accepted for publication, the author(s) **FREELY, EXCLUSIVELY, AND FOR AN INDEFINITE TERM** transfer(s) copyright(s) to Universidad Nacional (Costa Rica), for the following:
 - a. Graphics editing and proofreading of the entire paper or part of it.
 - b. The publication and reproduction of the entire paper or part of it, both in printed and electronic formats, including Internet and any other technology now known or to be known.
 - c. The translation of the paper or part thereof into any language or dialect.
 - d. The adaptation of the article to reading, sound, and voice recognition formats and any other representation or technical device available, enabling partial or complete access for the blind or persons with any other form of disability that prevents them to access the conventional reading of the article.
 - e. The distribution and availability of the article to the public, so that the public may access it from the time and place chosen by the reader, through the physical or electronic devices at the person's disposal.
 - f. The distribution of the paper through the Creative Commons BY-NC-SA license, version 4.0, which implies the possibility that readers download, store, copy, generate derived papers, and distribute the final approved and published version (*post print*) of the article, provided it is done for non commercial purposes, and the article is properly sourced and credited.
 - g. Any other use, process, or system known or to be known related to the editorial purposes and activities linked to the Journal.
11. Reuse Rights: at the same time, UNA grants **AUTHORS** the right to reuse, for any purpose, and to publish on the Internet or any website, the final approved and published version (*post print*) of the article, provided it is done for non-profit purposes.

12. The author(s) agree(s) that the submitted paper be adjusted, with their collaboration, by the Journal editing team to the “[Instructions to Authors](http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/revmar)” previously established and published in the Journal’s official website (<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/revmar>); in terms of procedures, formatting, proofreading, editing, publication, duration of the editorial process and other requirements called for in those instructions.
13. The author(s) accept(s) that the Journal reserves the right to expeditiously remove or block access to the publications saved in its virtual platforms after obtaining actual knowledge of a complaint filed by a third party for an alleged infringement of copyright.
14. According to Law No. 8968, Personal Data Protection Law, the AUTHOR agrees to provide the Journal with an electronic mail address, as well as the personal data necessary for the identification of the authorship of the article: _____.
In addition, the author authorizes the Journal to publish, along with the article, the personal data necessary (name and last name, institution, city/country, email and ORCID number). Any personal data other than the one indicated above will be treated as absolutely confidential by the Journal and shall not be published or given to third parties without the AUTHOR’s consent.
15. The author(s) accept(s) that the application and possible publication of the article in *Revista Ciencias Marinas y Costeras* is governed by the editorial policies of the Journal, the institutional rules of Universidad Nacional de Costa Rica and the laws of the Republic of Costa Rica. In addition, in case of any possible difference of opinion or future dispute, it shall be settled in accordance with the mechanisms of Alternative Dispute Resolution and the Costa Rican jurisdiction.

The articles accepted by the *Journal of Marine and Coastal Sciences* become property of the Journal; the author and production rights are respected. The original manuscripts will not be returned.

3. Arbitration

The manuscripts that fulfill the thematic objectives of the Journal and adjust to the indicated format will be sent to at least two external evaluators who will review the document according to the “double blind” methodology and will make the necessary recommendations to improve them or declare them unacceptable. The Editorial Committee will send such observations to the author. If the article is accepted, but subject to modifications, the author will have a specific term to make such modifications and submit the manuscript again. Final approval of articles is granted by the Editorial Committee.

4. Galley proof and reprints

After the manuscript has been proofread, edited and accepted, the author will receive a final galley proof in PDF by email before the publication of the article. The authors will be responsible for the final review, making the minimum necessary changes and correcting any existing printing mistakes. The authors

should return the galley proof within a maximum period of one week from the date it was received. The delay in returning the galley proof may result in the publication of the article without the author's corrections.

Title of article: in Spanish and English. Centered, in bold, in capital letters, Times New Roman 14, double space.

**EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE
ESCHERICHIA COLI EN *CRASSOSTREA GIGAS*...
EVALUATION OF *ESCHERICHIA COLI*
CONCENTRATIONS IN *CRASSOSTREA GIGAS* ...**

Leave a space between section titles and the text.

Author(s): full name in italics, Times New Roman 11, double space, justified.

Luis A. Vega Corrales^{1} y Carolina Marín Vindas¹.*

¹Estación de Biología Marina Juan Bertoglia Richards, Universidad Nacional, Costa Rica. luis.vega.corrales@una.cr*

Include e-mail address of corresponding author. Marked with an asterisk.

Indicate all of the authors' institutional affiliation, place of work or physical address. Use numbered superscripts.

Leave a single space between the author(s) and the abstract.

Titles of section (Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments, Bibliography): left margin, in bold, in capital letters, Times New Roman 14.

RESUMEN

Costa Rica no cuenta con referencias sobre la calidad sanitaria de las zonas de cultivo de *Crassostrea gigas* y esto puede representar un riesgo para la salud pública...

Palabras claves: Contaminación marina, maricultura, *Escherichia coli*, *Crassostrea gigas*, Costa Rica.

Abstract: in Spanish and English. Times New Roman 10, justified, single space. Maximum length: 250 words.

ABSTRACT

Costa Rica does not have references on health quality of harvesting zones of *Crassostrea gigas*, which can pose a potential public health risk...

Keywords: Marine pollution, mariculture, *Escherichia coli*, *Crassostrea gigas*, Costa Rica.

Keywords subtitle: in bold, Times New Roman 11. Minimum and maximum 5 keywords, as required by databases.

Leave a space between section titles and the text.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos son vulnerables a la contaminación antropogénica. Según Halpern *et al.* (2008), no existen zonas marino costeras que no estén impactadas por la influencia humana...

Text: Times New Roman 12, double space, justified. Both lowercase and capital letters must have accents if in Spanish. Each paragraph must have a 5 character indentation. There should be no spaces between paragraphs within the same section.

...Estudios recientes han demostrado que las concen las zonas de cultivo de moluscos bivalvos dependen, entre muchos otros factores, de las condiciones climatológicas y estacionales del área (Peterson, 1960; CITES, 2011; Campos *et al.* 2013b; Derolez *et al.* 2013; Lee & Silk, 2013; Mignani *et al.* 2013).

Citation for one author.

Citation for more than 2 author publications.

Citation for different publications of the same author and year.

Citation for two author publications.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó la contaminación por *E. coli* en las zonas de cultivo de ostras de Punta Cuchillo (9°49' 48" N y 84°52' 48" O) y de Punta Morales (10°4' 84" N y 84°58' 37" O), ubicadas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica (Fig. 1).

Tables and figures must be delivered separately.

Use a decimal point rather than a comma.

Para la fase presuntiva se inoculó cada serie de cinco tubos de Lauryl Tryptose Broth (BD®) con 10, 1 y 0.1 mL de la muestra de agua... Para las muestras de ostras se homogeneizaron 25 g de carne y líquido intravalvar en 225 mL de Buffered Peptone Water (BD®). A partir de esta mezcla se prepararon las diluciones 1:100 y 1:1,000. De cada dilución se inocularon 5 tubos de Lauryl Tryptose Broth.

Thousands should be indicated with a comma.

The abbreviations used should conform to the international system of units (m, km, g, mg, %, PSU, °C).

BIBLIOGRAFÍA

Use "&".

Use letters to differentiate publications by the same author and year.

Campos, C. J. A., Acornley, R., Morgan, O. C. & Kershaw, S. (2013a). Trends in the levels of *Escherichia coli* in commercially harvested bivalve shellfish from England and Wales, 1999-2008. *Mar. Pollut. Bull.*, 67(1-2), 223-227.

Periodicals: journal volume in italics and issue in parentheses. There should be no space between the volume and the issue. Initial and final pages separated with a hyphen.

Campos, C. J. A., Kershaw, S. R. & Lee, R. J. (2013b). Environmental influences on faecal indicator organisms in coastal waters and their accumulation in bivalve shellfish. *Estuaries Coasts*, 36(4), 834-853.

Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. & Trussell, R. R. (1989). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (17th ed.). Washington, EE:UU.: American Public Health Association, American Water Works Association.

Non-periodical publications: title of book in italics.

Non-periodical publications: Place: Publisher.

Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V, Micheli, F., D'Agrosa, C., ... Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319 948-952.

When there are more than 7 authors, list the first 6 followed by "...” and write the last author.

Organization

IMN. Instituto Meteorológico Nacional. (2014). Clima en Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. Recovered its in 22 January 2014, retrieved from <http://www.imn.ac.cr/educacion/CLIMA DE COSTA RICA.html>

CITES. (2011). *The CITES species. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. Ginebra, Suiza. Recuperado el 21 de septiembre, 2011, disponible en www.cites.org/eng/disc/species.php

R Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.R-project.org/>

Website: Retrieved from:
Website: Available at:

CUADROS Y FIGURAS

Tables and figures must be properly reduced (up to 60%) and their components must be properly sized to allow easy reading; the size of the font and the thickness of the lines should be properly visible and clear when reduced. The font already reduced should not be smaller than 8. The manuscript may include drawings and/or photographs; in the case of photographs, the journal will cover the cost of publishing them in black and white; otherwise, the author will cover the cost.

Tables should be numbered consecutively.

Cuadro 1. Criterios de clasificación de zonas de producción de moluscos bivalvos con base en muestras de agua de mar

Table 1. Shellfish harvesting zones classification criteria based in seawater samples

Title of table: in Spanish and English. It should be placed at the top of the table, in lower case and not in bold. Times New Roman 11, double space, justified.

Avoid vertical lines. Use horizontal lines only when they separate fields of information (headlines, subheadings, lower fields).

Category of classification	Faecal coliforms (MPN 100 mL ⁻¹)		Treatment required
	Geometric mean	90% compliance	
Approved areas	< 14	< 43	None.
Prohibited areas	No sanitary survey or conditions for approved/restricted areas not met.		Harvesting not permitted.

Reference: Lee *et al.* (2008)

You must indicate the source of the data.

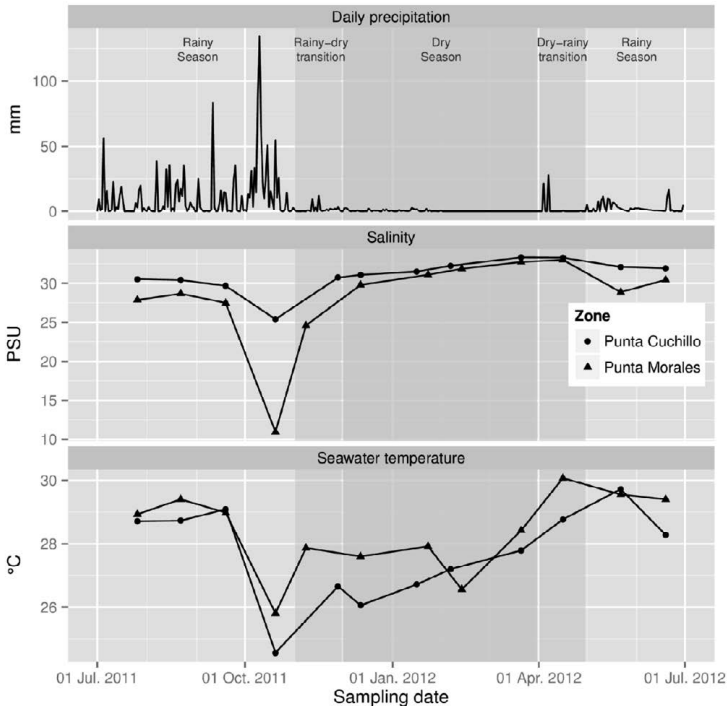


Fig. 3. Precipitación diaria (mm) y salinidad (UPS) y temperatura (°C) mensual registradas de julio de 2011 a junio de 2012 en las zonas de cultivo de *Crassostrea gigas* de Punta Cuchillo y de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Se representan la estación seca, la estación lluviosa y los meses de transición establecidos para la zona de estudio por el Instituto Meteorológico de Costa Rica. Fuente precipitación: Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica
Fig. 3. Daily precipitation (mm) and salinity (PSU) and temperature (°C) registered monthly from July 2011 to June 2012 in the *Crassostrea gigas* harvesting zones of Punta Cuchillo and Punta Morales, Gulf of Nicoya, Costa Rica. It represented dry season, rainy season and the transition months established for the study zone by the Meteorological Institute of Costa Rica. Precipitation source: Meteorological Institute of Costa Rica

Title of figure: in Spanish and English. It should be placed at the bottom of the figure, in lower case and not in bold. Times New Roman 11, double space, justified.



PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD NACIONAL

Esta revista se imprimió en el Programa de Publicaciones e Impresiones de la Universidad Nacional en el 2022, consta de un tiraje de 50 ejemplares en papel bond y cartulina barnizable. Cuenta a su vez, con las respectivas versiones en formatos Pdf interactivo, HTML, Epub y XML para lectura en dispositivos electrónicos, puede localizar y acceder la revista digital en el portal académico <https://www.revistas.una.ac.cr/>