



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. Kilián", 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

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

Producción editorial: Alexandra Meléndez

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

Nuevo registro de talla, datos morfométricos y merísticos y relación longitud-peso para la especie <i>Haemulon sexfasciatum</i> Gill 1862 (Haemulidae: Perciformes) New size record, morphometric and meristic data and length-weight relationship for the species <i>Haemulon sexfasciatum</i> Gill 1862 (Haemulidae: Perciformes) <i>Arturo Angulo & Federico Hampl</i>	9-21
Predation of <i>Gecarcinus quadratus</i> (Decapoda: Gecarcinidae) by <i>Aramides cajaneus</i> (Gruiformes: Rallidae) in Costa Rica Depredación de <i>Gecarcinus quadratus</i> (Decapoda: Gecarcinidae) por <i>Aramides cajaneus</i> (Gruiformes: Rallidae) en Costa Rica <i>Sergio Villegas-Retana & Jorge Picado-Masís</i>	23-28
Avistamientos de <i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758) (Cetartiodactyla: Odontoceti: Delphinidae) en el Pacífico costarricense (1990-2020) Sightings of <i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758) (Cetartiodactyla: Odontoceti: Delphinidae) in the Costa Rican Pacific (1990-2020) <i>César Castro-Azofeifa</i>	29-47
Al ritmo de la marea: caracterización del paisaje acústico de la zona costera de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica At the rhythm of the tide: acoustic landscape characterization of the coastal areas of Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica <i>Ian Portuguese-Brenes, Roberto Vargas-Masís, Héctor Perdomo-Velázquez y Andrea García-Rojas</i>	49-67
Composición de los desembarques de la pesca artesanal en los puertos de Boca Parita y El Agallito, Pacífico panameño Composition of artisanal fishing landings in the ports of Boca Parita and Agallito, Panamanian Pacific <i>Yarkelia Aneth Vergara-Frías, Yolani Aibeth Robles-Pineda y Ángel Javier Vega</i>	69-82
Variación temporal de especies de corales pétreos dominantes en arrecifes del Parque Nacional Jardines de la Reina, Cuba Temporal variation of dominant stony coral species in reefs of the Jardines de la Reina National Park, Cuba <i>Leslie Hernández Fernández</i>	83-102
Instrucciones a los autores	99-133

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.

Nuevo registro de talla, datos morfométricos y merísticos y relación longitud-peso para la especie *Haemulon sexfasciatum* Gill 1862 (Haemulidae: Perciformes)

New size record, morphometric and meristic data and length-weight relationship for the species *Haemulon sexfasciatum* Gill 1862 (Haemulidae: Perciformes)

Arturo Angulo^{12*} & Federico Hampf³

RESUMEN

Haemulon sexfasciatum es una especie de importancia ecológica y pesquera, ampliamente distribuida en el Pacífico Oriental Tropical. En la presente contribución reportamos un nuevo registro de talla para esta especie, con base en un ejemplar capturado en Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica, en setiembre de 2020, así como datos morfométricos y merísticos adicionales, obtenidos a partir de material museográfico, complementando descripciones previas. Proveemos también datos de talla-peso, generados a partir de material fresco y preservado, como base para la realización de cálculos/estimaciones de biomasa y factor de condición, con implicaciones directas en el establecimiento de medidas de manejo, así como en acciones de conservación a escala local y regional. *Haemulon sexfasciatum* es una especie de crecimiento isométrico, dada la relación (ecuación) de crecimiento: peso = 0.0227 * longitud estándar^{3.0400} ($r^2 = 0.99$), que alcanza una talla máxima de alrededor de 60 cm de longitud estándar y cerca de 71 cm de longitud total.

Palabras claves: Pez marino, Roncador almejero, Pacífico Oriental Tropical, Costa Rica, pesquerías

ABSTRACT

Haemulon sexfasciatum is an ecologically and commercially important fish species, widely distributed in the Tropical Eastern Pacific. In this paper report a new size record for this species

- 1 Museo de Zoología, Centro de Investigación en Biodiversidad y Ecología Tropical (CIBET). Universidad de Costa Rica. 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. arturo.angulosibaja@ucr.ac.cr* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4587-1446>
- 2 Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR). Universidad de Costa Rica. 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.
- 3 Pescador recreativo/representante en Costa Rica de la International Game Fish Association (IGFA). federicohampf@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7010-9878>

Recibido: 07 abril 2021 • Corregido: 10 junio 2021 • Aceptado: 18 junio 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.13-2.1>

Rev. Mar. Cost. Vol. 13 (2): 9-21, julio-diciembre 2021

ISSN: 1659-455X • e-ISSN: 1659-407X



Licencia Creative Commons
Atribución-No-Comercial
Compartir Igual 4.0 Costa Rica

is reported, based on a single specimen captured in Bahía Culebra, on the Northern Pacific coast of Costa Rica, in September 2020, as well morphometric and meristic data obtained from museum specimens, complementing previous descriptions. We also provide length-weight data generated from fresh and preserved specimens as a basis for calculating/estimating biomass and condition, with direct implications for the establishment of management measures, as well as conservation activities at both local and regional scales. *Haemulon sexfasciatum* has isometric growth, determined by the following equation: $\text{Weight} = 0.0227 * \text{Standard Length}^{3.0400}$ ($r^2 = 0.99$), with a maximum standard length of around 60 cm and a maximum total length of about 71 cm.

Keywords: Marine fish, Greybar grunt, Tropical Eastern Pacific, Costa Rica, fisheries

INTRODUCCIÓN

La familia Haemulidae (“Pisces”, Perciformes) está compuesta por alrededor de 21 géneros y 134 especies, las cuales se encuentran ampliamente distribuidas en todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta (Fricke *et al.* 2021). Los hemúlidos (Roncos o Roncadores; nombres con los que comúnmente se les denomina a los miembros de esta familia y que derivan del sonido que producen al frotar sus dientes faríngeos), son peces de tamaño medio (entre 25 y 75 cm de longitud total máxima - LT) que presentan cuerpos oblongos y comprimidos.

Los miembros de esta familia se distinguen por la siguiente combinación de características diagnósticas: mentón con dos poros pequeños y un surco central; boca relativamente pequeña y con labios gruesos; dientes cónicos, pequeños, no caninos; dientes palatinos ausentes; hueso infraorbital cubierto por escamas; 9 a 17 espinas dorsales; 3 espinas anales; y escamas

ctenoideas, entre otras (Robertson & Allen, 2015; Nelson *et al.* 2016).

La gran mayoría de hemúlidos son organismos marinos, no obstante, varias especies ocupan, en parte o en la totalidad de su ciclo de vida, ambientes salobres o estuarinos (Robertson & Allen, 2015; Nelson *et al.* 2016). Por otro lado, una porción menor del total de especies conocidas es capaz de incursionar en cuerpos de agua continentales, los cuales pueden habitar temporal o permanentemente, reflejando así una alta adaptabilidad y tolerancia a niveles fluctuantes de salinidad (Robertson & Allen, 2015; Nelson *et al.* 2016).

En la región oceánica denominada Pacífico Oriental Tropical, se han listado a la fecha un total de 10 géneros y 35 especies de hemúlidos (Tavera *et al.* 2012; Robertson & Allen, 2015). El género *Haemulon* Cuvier 1829 destaca por su riqueza específica (7 especies; siendo el más diverso de la familia), así como por su importancia ecológica (como depredadores intermediarios

en la cadena trófica) y socioeconómica (como parte importante de diversas pesquerías artesanales y comerciales) (Cruz-Romero *et al.* 1993; Rojo-Vázquez *et al.* 2008).

Las especies de *Haemulon* se distinguen por la siguiente combinación de características diagnósticas: preopérculo finamente aserrado y sin espinas; 12 a 16 espinas dorsales; espinas anales 2 y 3 de tamaño similar; y aletas dorsal y anal escamadas en su base, entre otras (Robertson & Allen, 2015).

Entre estas, la especie *Haemulon sexfasciatum* Gill 1862, conocida comúnmente como Ronco/Roncador almejero, se encuentra distribuida entre el sur de Baja California, México y el norte de Perú, incluyendo las islas oceánicas de Galápagos y Mapelo (Robertson & Allen, 2015). Habita fondos arenosos, rocosos y de cascajo, así como sistemas de arrecife (Robertson & Allen, 2015; Vázquez-Ruiz *et al.* 2020).

Haemulon sexfasciatum se diferencia de otras especies congénicas por la siguiente combinación de características diagnósticas: 18-22 espinas branquiales; 49-52 escamas en la línea lateral; 7-9 filas de escamas entre la línea lateral y la espina dorsal; y la presencia de 5-6 barras oscuras gruesas y prominentes en la mitad superior o dos tercios del costado, separadas entre sí por una serie de barras más delgadas y de color blanco o amarillo claro (Bussing & López, 1993; Robertson & Allen, 2015).

Esta especie alcanza una talla de alrededor de 48 cm de LT y por su abundancia en algunas regiones costeras del Pacífico Oriental, es frecuentemente capturada en pesquerías artesanales y en el nivel comercial, de forma selectiva o incidental (Cruz-Romero *et al.* 1993; Rojo-Vázquez *et al.* 2008; Vázquez-Ruiz *et al.* 2020).

Desde el reconocimiento formal de la especie en 1862, aparte del trabajo de revisión de Hong (1977), han sido relativamente pocos los estudios considerando aspectos y datos morfométricos y merísticos en un contexto descriptivo/comparativo. Por otro lado, aspectos poblacionales han sido, de igual forma, relativamente poco estudiados. De esta forma, a excepción de los datos reportados por Cruz-Romero *et al.* (1993), existe un vacío de información en cuanto a las relaciones morfométricas y gravimétricas, entre otros, para la especie en cuestión.

Dado lo anterior, la presente contribución tiene por objetivos: 1) reportar un nuevo registro de talla máxima para la especie *H. sexfasciatum*; 2) proveer información morfométrica y merística adicional, complementando así descripciones previas; y 3) proveer y discutir datos de talla-peso (relación de crecimiento), como base para la realización de cálculos/estimaciones de biomasa y factor de condición. Esta información resulta clave en el nivel taxonómico y es de importancia en la toma de decisiones, con

implicaciones directas en el establecimiento de medidas de manejo y en lo relativo al uso y la conservación del recurso en sí (Froese, 2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ejemplar de *H. sexfasciatum* sustentando el nuevo registro de talla máxima para la especie (Fig. 1A-B)

fue capturado en el golfo de Papagayo, Guanacaste, Pacífico Norte de Costa Rica ($10^{\circ} 38' 32.6''$ N, $85^{\circ} 41' 42.6''$ O), por pescadores deportivos, el 2 de septiembre de 2020 (a las 3:00 p. m.), a una profundidad de 10 m. Para la captura se utilizó una caña de pescar y carrete tipo *spinning*, con cuerda de 20, jig de 180 g y anzuelo 5/0.

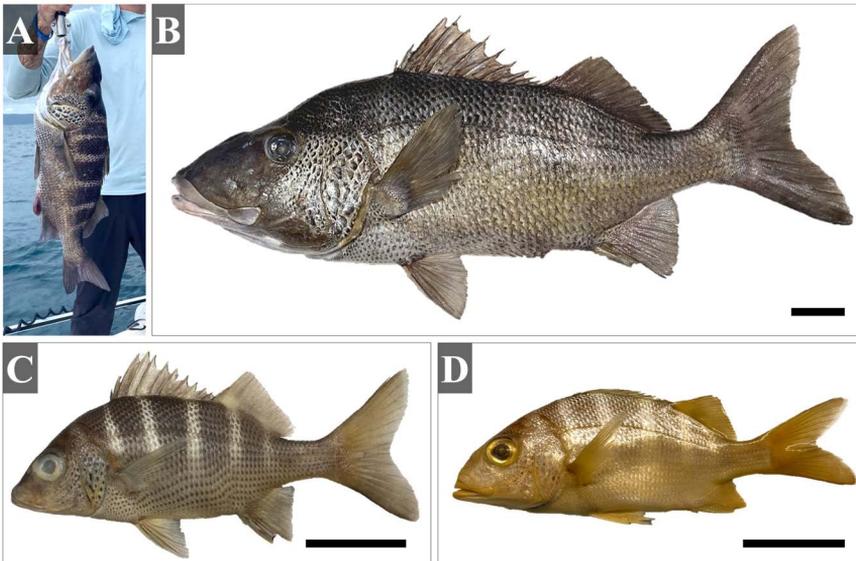


Fig. 1. *Haemulon sexfasciatum*; A-B: espécimen de 56.30 cm de LE capturado en el golfo de Papagayo, Costa Rica (A: recién capturado; B: preservado; UCR 3316-001); C: espécimen (preservado; UCR 3002-002) de 178.09 mm de LE capturado en el golfo de Nicoya, Costa Rica ($09^{\circ} 42' 16.6''$ N, $84^{\circ} 40' 10.2''$ O); D: espécimen (preservado; UCR 0295-036) de 156.01 mm de LE capturado en Isla Tortuga, Costa Rica ($09^{\circ} 46' 10.9''$ N, $84^{\circ} 83' 56.4''$ O). Barra de escala = 5 cm
 Fig. 1. *Haemulon sexfasciatum*; A-B: Specimen of 56.30 cm SL captured in the gulf of Papagayo, Costa Rica (A: freshly captured; B: preserved; UCR 3316-001); C: Specimen (preserved; UCR 3002-002) of 178.09 mm of LE captured in the gulf of Nicoya, Costa Rica ($09^{\circ} 42' 16.6''$ N, $84^{\circ} 40' 10.2''$ W); D: Specimen (preserved; UCR 0295-036) of 156.01 mm of LE captured in Tortuga Island, Costa Rica ($09^{\circ} 46' 10.9''$ N, $84^{\circ} 83' 56.4''$ W). Scale bar = 5 cm

Ejemplares adicionales, para complementar la caracterización morfométrica y merística y para el análisis de relación longitud-peso, fueron obtenidos entre 2019 y 2020 en la costa Pacífica (norte y centro) de Costa Rica, por medio de diversas fuentes:

- 1) Recolectas científicas (amparadas por los permisos de investigación SINAC-ACOPAC-D-RES-032-2019 y ACG-099-2019) utilizando arpones de mano y redes playeras.
- 2) Visitas a mercados costeros (e.g., Puntarenas y Tárcoles).
- 3) Solicitudes/compras directas a pescadores artesanales en las áreas de Cuajiniquil (Guanacaste), Cabuya, Punta Morales, Characarita y Tárcoles (Puntarenas).
- 4) Revisión de material museográfico depositado en la colección Ictiológica del Museo de Zoología (MZ) de la Universidad de Costa Rica (UCR).
- 5) Otras fuentes (i. e., consulta con expertos y revisión de la literatura científica).

El material obtenido según lo descrito en los puntos 1 a 3, así como el ejemplar correspondiente al nuevo registro de talla máxima, fue fijado en formol 10%, preservado en etanol 70% y depositado en la colección ictiológica del MZ-UCR. Al material fresco se le tomaron datos de talla [i. e., longitud estándar (LE), medida entre el

extremo anterior del cuerpo-hocico- y el inicio de la aleta caudal], utilizando un calibrador digital (ejemplares menores a 15 cm de LE) o cintas métricas (ejemplares mayores a 15 cm LE), y peso total, utilizando balanzas digitales con precisión mínima de 0.1 g.

Al material museográfico y parte del material fresco se le tomaron un total de 23 medidas lineales y se le realizaron 9 conteos diferentes (cuadro 1), siguiendo el protocolo descrito y detallado por [Carvalho et al. \(2020\)](#). Las medidas lineales obtenidas (cuadro 1) se expresan como porcentajes de la LE.

La relación longitud-peso se evaluó por medio del siguiente modelo de regresión: $y = a * x^b$, siguiendo a [Froese \(2006\)](#); donde “y” es la variable dependiente [i. e., peso (Pe), en gramos], “a” es el intercepto con el eje de la ordenada, “x” la variable independiente (i. e., LE, en centímetros) y “b” el exponente de relación entre las variables (i. e., el coeficiente de crecimiento). Para los parámetros *a* y *b* se estimó además un intervalo de 95% confianza (IC) por medio de una prueba “bootstrap” de 1999 repeticiones. Los análisis se realizaron con el uso del programa estadístico PAST ([Hammer et al. 2001](#)).

Cuadro 1. Datos morfométricos y merísticos de *H. sexfasciatum* obtenidos a partir de material museográfico e información publicada. Las medidas se expresan como proporciones de la LE. Mín. = Mínimo, Máx. = Máximo

Table 1. Morphometric and meristic data of *H. sexfasciatum* obtained from museum material and published information. The measures are expressed as proportions of the Standard Length. Mín. = Minimum, Máx. = Maximum

Medida/Conteo	UCR	UCR (otros)		Hong (1977)		Vásquez-Ruiz <i>et al.</i> (2020)
	3316-001	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
Longitud estándar	56.3	33.0	289.0	34.0	188.4	312
Altura del cuerpo	35.7	36.8	42.4	30.0	44.0	38.5
Ancho del cuerpo	14.4	14.6	20.2	-	-	-
Longitud de la cabeza	37.7	32.5	40.0	34.0	39.0	33.7
Altura de la cabeza	32.2	31.7	37.1	-	-	-
Longitud del hocico	18.5	11.1	15.4	9.0	15.0	-
Longitud de la boca	19.5	13.6	16.8	9.0	15.0	-
Ancho de la boca	14.6	11.0	13.6	-	-	-
Diámetro del ojo	5.3	7.7	14.8	-	-	6.4
Distancia interorbital	12.6	8.2	10.4	5.0	8.0	-
Distancia postorbital	14.4	12.0	17.2	-	-	-
Distancia prepectoral	37.7	33.4	41.2	-	-	-
Longitud de la aleta pectoral	21.5	22.3	29.7	-	-	24.0
Distancia prepélvica	41.7	35.2	42.9	-	-	40.1
Longitud de la aleta pélvica	16.7	18.6	29.8	-	-	-
Distancia predorsal	37.7	32.4	41.3	40.0	46.0	37.5
Longitud de la base de la aleta dorsal	45.5	48.4	52.9	-	-	-
Altura de la aleta dorsal	12.4	15.4	26.6	-	-	-
Distancia preanal	62.9	65.5	76.1	61.0	80.0	-
Longitud de la base de la aleta anal	17.2	12.2	16.5	-	-	11.9
Altura de la aleta anal	12.4	2.4	19.6	-	-	-
Longitud del pedúnculo caudal	19.4	15.6	19.1	17.0	22.0	-
Altura del pedúnculo caudal	11.0	10.8	12.1	8.0	11.0	-
Espinas branquiales (1. ^{er} arco)	20	18	20	18	22	-

Medida/Conteo	UCR	UCR (otros)		Hong (1977)		Vásquez-Ruiz <i>et al.</i> (2020)
	3316-001	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
Escamas por encima de la línea lateral	9	8	9	8	9	-
Escamas en la línea lateral	51	49	51	49	52	-
Escamas por debajo de la línea lateral	12	12	13	12	13	-
Escamas alrededor del pedúnculo caudal	22	21	22	22	22	-
Elementos pectorales	15	15	17	15	18	17
Elementos pélvicos	I, 5	I, 5	I, 5	-	-	I, 5
Elementos dorsales	XI, 16	XI, 16	XII, 18	XI, 16	XII, 18	XII. 16
Elementos anales	III, 10	III, 9	III, 10	III, 9	III, 10	III, 10

RESULTADOS

El ejemplar capturado por pescadores deportivos en el golfo de Papagayo, Costa Rica (UCR 3316-001; Fig. 1A-B) fue inscrito como nuevo récord mundial de talla para la especie (a abril de 2021) ante la International Game Fish Association (IGFA; <https://igfa.org/world-records/>), midiendo 56.30 cm de LE y 65.10 cm de LT y pesando un total de 4 200 g.

Tras consultar con una serie de especialistas y realizar una extensa revisión literaria, se encontró, no obstante, un registro no formalizado ante la IGFA de un espécimen conespecífico ligeramente mayor, capturado en Salango, Ecuador, el 30 de octubre de 1993, el cual midió 60.00 cm de LE

y 71.00 de LT y pesó 5 670 g (Jiménez-Prado & Béarez, 2004; Philippe Béarez com. pers.).

Este ejemplar se encuentra depositado (el esqueleto completo) en la colección ictiológica del Muséum National d'Histoire Naturelle de Francia bajo el número de catálogo MNHN-ICOS-01842 (Philippe Béarez com. pers.), y relega, por sus dimensiones, al registro citado en el presente estudio como talla máxima.

Datos morfométricos y merísticos adicionales correspondientes al ejemplar capturado en Costa Rica y la totalidad del material examinado (n = 30) obtenido según detallado en la sección de metodología (puntos 2 a 4) se presentan en el cuadro 1.

Para el análisis de la relación longitud-peso (Fig. 2) se incluyeron datos de 55 especímenes frescos, 9 ejemplares museográficos y del ejemplar capturado en Ecuador; totalizando

65 individuos en un ámbito de tallas (LE) desde los 2.77 cm hasta los 60.00 cm (133.0 ± 114.2) y de peso desde los 3.32 g hasta los 5670 g (272.9 ± 891.8).

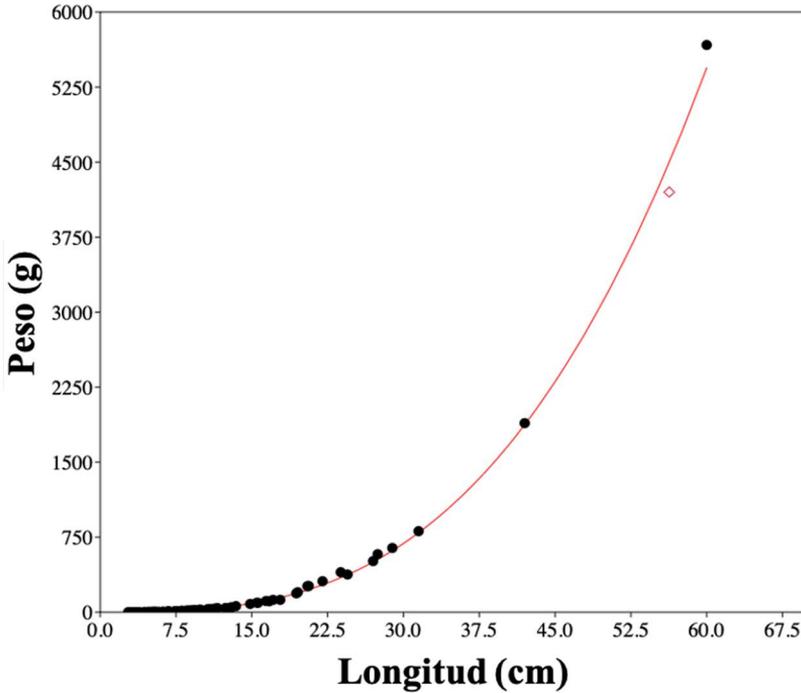


Fig. 2. Datos de longitud y peso para especímenes de *Haemulon sexfasciatum* capturados/recolectados, mayoritariamente, frente a la costa pacífica de Costa Rica, ilustrando la relación o ecuación de crecimiento. El rombo rojo corresponde al ejemplar UCR 3316-001

Fig. 2. Length and weight data for specimens of *Haemulon sexfasciatum* captured/ collected, mostly, off the Pacific coast of Costa Rica, illustrating the relationship or growth equation. The red diamond corresponds to the UCR 3316-001 sample

Un 52.3% del total de los individuos medidos no sobrepasó los 10 cm de LE; 21.5% se ubicaron en el intervalo de tallas entre los 10 cm y 20 cm de LE; 12.3% se ubicaron en el intervalo de tallas entre los +20 cm y 30 cm de LE; y solo 4 ejemplares (6.1%) sobrepasaron los 30 cm de LE. La estructura de tallas se detalla en la fig. 3.

Tras el análisis de regresión se obtuvo la siguiente ecuación de crecimiento o de relación longitud-peso: $Pe = 0.0227 * LE^{3.0400}$ ($r^2 = 0.99$). Dado el IC de b (3.0141, 3.0641), se determinó

además que la especie *H. sexfasciatum* presenta un crecimiento tendiente a la isometría. El IC para a se registró entre 0.0215 y 0.0242.

Material examinado: UCR 0295-036, $n = 1$ (fig. 1D), 156.01 mm LE; UCR 0310-007, $n = 1$, 206.03 mm LE; UCR 0628-008, $n = 1$, 128.31 mm LE; UCR 1027-003, $n = 1$, 33.00 mm LE; UCR 1240-005, $n = 1$, 289 mm LE; UCR 3002-002, $n = 1$ (fig. 1C), 178.09 mm LE; UCR 3264-013, $n = 1$, 274.05 mm LE.

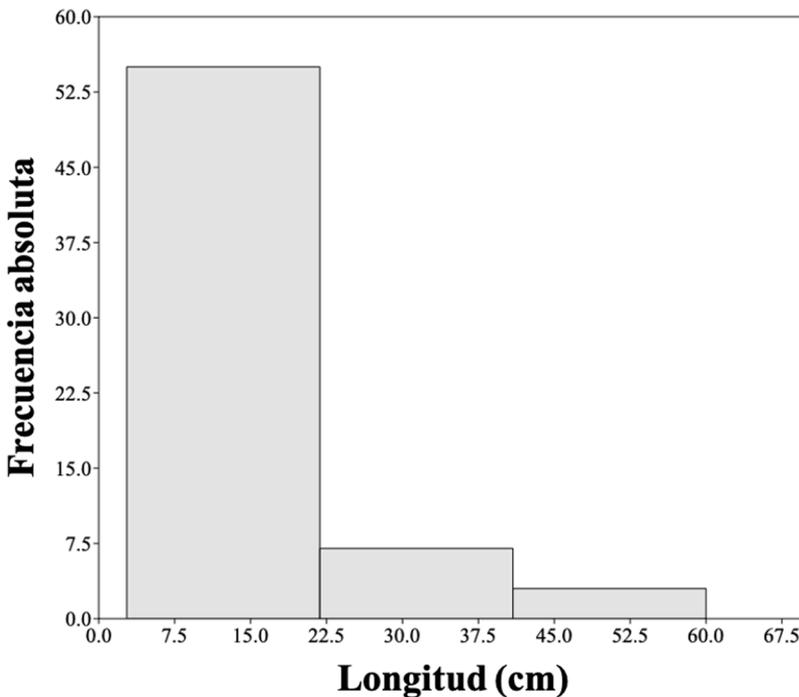


Fig. 3. Histograma mostrando la estructura de tallas para el material examinado de *Haemulon sexfasciatum*

Fig. 3. Histogram showing the size structure for the examined material of *Haemulon sexfasciatum*

DISCUSIÓN

Cruz-Romero *et al.* (1993), Robertson & Allen (2015) y Vásquez-Ruiz *et al.* (2020), reportaron, basados en registros museográficos y capturas científicas y comerciales, una talla máxima de 43-48 cm de LE para *H. sexfasciatum*. Tomando estos valores como referencia, el ejemplar capturado en Costa Rica y reportado en el presente estudio (UCR 3316-001), correspondería a un nuevo registro de talla máxima.

Sobre tal base, este ejemplar fue formalmente registrado ante la IGFA y actualmente, sustenta el récord mundial de talla para la especie. Como fue indicado, Jiménez-Prado & Béarez (2004) reportaron, no obstante, un espécimen de 60 cm de LE (MN-HN-ICOS-01842), el cual fue capturado en Ecuador, fijando así la talla máxima para esta especie en los 60.00 cm de LE y 71.00 cm de LT. El espécimen capturado en Costa Rica correspondería, de esta forma, al segundo mayor registro de talla para la especie conocido hasta el momento (Cruz-Romero *et al.* 1993; Robertson & Allen 2015; Vásquez-Ruiz *et al.* 2020).

La información morfométrica y métrica registrada en este estudio, referente tanto al espécimen UCR 3316-001 como al material complementario examinado, corresponde bastante bien con datos previamente publicados y contribuye a reforzar y ampliar la

diagnóstico y la información descriptiva de la especie.

En ese sentido cabe mencionar y llevar a comparación los datos provistos en los trabajos de Hong (1977), quien realiza una descripción detallada de la especie basada en el análisis de más de 70 especímenes recolectados en todo el ámbito de distribución geográfico de la especie (i. e., desde el sur de Baja California hasta el norte de Perú); y de Vásquez-Ruiz *et al.* (2020), quienes describen un ejemplar de 31 cm de LE (representando una ampliación en la distribución conocida de la especie) y presentan información para un total de 9 medidas lineales y 4 conteos (cuadro 1), siendo estos congruentes con los resultados del presente estudio.

Datos adicionales referentes al patrón de coloración y otras características externas de la especie, según detallado por Hong (1977), Bussing & López (1993), Jiménez-Prado & Béarez (2004) y Robertson & Allen (2015), entre otros, son, de la misma forma, congruentes con la información recopilada y presentada en el presente estudio.

En lo que respecta a los datos de talla y peso, para *H. sexfasciatum* solo se encontró información comparable en una única publicación; i.e., Cruz-Romero *et al.* (1993); en esta contribución los autores realizan un análisis poblacional para las especies de hemúlidos de la costa de Colima, México, y reportan, la siguiente

ecuación de crecimiento: $Pe = 0.0810 * LH^{2.7100}$ ($r^2 = 0.99$), donde LH corresponde a la longitud horquilla (medida entre el extremo anterior del cuerpo –i.e., hocico– y la comisura de la aleta caudal), indicando además una relación alométrica negativa *sensu* Froese (2006).

Esta diferencia en las tasas de crecimiento, entre nuestros resultados y los presentados por Cruz-Romero *et al.* (1993) (i. e., isometría vs. alometría negativa), podría deberse a múltiples factores.

Entre estos factores se incluyen desde aspectos temporales y físico-ambientales (disponibilidad de alimento, diferencias en la temperatura del agua o en los patrones de corrientes oceánicas, afloramientos estacionales y presiones de pesca), hasta una serie de variables o características biológicas, fisiológicas y etológicas (e. g., adaptaciones metabólicas, estadios de maduración/desarrollo, eventos de reproducción) propias de la especie, cuya evaluación no corresponde con los objetivos de la presente contribución, pero que han sido discutidos ampliamente por autores previos (e. g., Blackwel *et al.* 2000; Yankova *et al.* 2011).

Por otro lado, los valores de la ecuación de crecimiento reportados en este estudio concuerdan con lo esperado, esto tomando como referencia datos de otras especies congénicas, de otros hemúlidos (Cruz-Romero *et al.* 1993; Froese & Pauly, 2021) y de

peces óseos en general (Carlander, 1969; Froese 2006).

Asimismo, a partir de la curva de crecimiento reportada por Cruz-Romero *et al.* (1993), incluyendo datos de edad, se estima que el ejemplar capturado en Costa Rica tendría una edad aproximada de 30 años, lo cual es un número considerable en comparación al dato provisto para otras especies afines, i. e., alrededor de 25 años (Cruz-Romero *et al.* 1993; Froese & Pauly 2021).

En cuanto a la estructura de tallas (fig. 3), se infiere, comparando los datos obtenidos en el presente estudio con aquellos disponibles para otras especies congénicas y afines, según Cruz-Romero *et al.* (1993) y Froese & Pauly (2021), que la mayor proporción de las capturas analizadas corresponden a individuos juveniles.

Esto supone diversas implicaciones y presiones poblacionales (Carlander, 1969; Froese 2006), las cuales deberían tomarse en consideración a efectos de controlar o regular el esfuerzo pesquero. Cabe destacar además que para la especie en cuestión no se han hecho estudios reproductivos y no se tiene información sobre la talla de primera madurez sexual, factor de condición, entre otros (Froese & Pauly 2021); esta información, no obstante, es fundamental desde una perspectiva pesquera y ecológica (Froese 2006).

La falta de datos comparativos, dado lo anterior, refuerza además la importancia de estudios descriptivos y aplicados como el presente, involucrando también aspectos fisiológicos y etológicos, esto para la generación de información de línea base a efectos de considerar, plantear y promover medidas de manejo y conservación a escala poblacional y en el nivel local y regional.

CONCLUSIONES

Haemulon sexfasciatum es una especie de interés e importancia pesquera en el Pacífico Oriental Tropical que alcanza una talla máxima de ca. 60 cm de LE, peso máximo de ca. 5 600 g y que presenta un crecimiento isométrico. La información morfométrica, merística y de relación longitud-peso presentada en este estudio es de importancia taxonómica (complementando descripciones previas), ecológica y en el ámbito pesquero, con posibles implicaciones e impacto (local y regional) a efectos de promover el adecuado manejo y conservación del recurso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal técnico y administrativo del Museo de Zoología, CIBET, y del CIMAR, UCR, por los apoyos y facilidades brindadas para la realización de este

estudio. A Thomas Enderlin por su colaboración en la captura del ejemplar de talla récord y a tres revisores anónimos que realizaron aportes importantes conducentes a la mejora del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Blackwel, B. G., Brown, M. L. & Willis, D. W. (2000). Relative weight (Wr) status and current use in fisheries assessment and management. *Rev. Fish. Sci.*, 8, 1-44. <https://doi.org/10.1080/10641260091129161>
- Bussing, W. A. & López, M. I. (1993). *Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centro América meridional. Guía ilustrada*. Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Carlander, K. D. (1969). *Handbook of freshwater fishery biology*. EE. UU.: The Iowa State University Press.
- Carvalho, C. O., Marceniuk, A. P., Oliveira, C. & Wosiacki, W. B. (2020). Integrative taxonomy of the species complex *Haemulon steindachneri* (Eupercaria; Haemulidae) with a description of a new species from the western Atlantic. *Zoology*, 141, 125782, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125782>
- Cruz-Romero, M., Espino-Barr, E. & García-Boa, A. (1993). Aspectos poblacionales de cinco especies de la familia *Haemulidae* (Pisces) en la costa de Colima, México. *Cienc. Pesq.*, 10, 43-54.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Fong, J. D. (2021). Eschmeyer's catalog of fishes: genera/species by family/subfamily. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>

- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.*, 22(4), 241-253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Froese, R. & Pauly, D. (2021). FishBase. <http://fishbase.org>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electronica*, 4(1), 1-9.
- Hong, S. L. (1977). Review of eastern Pacific *Haemulon* with notes on juvenile pigmentation. *Copeia*, 1977, 493-501. <https://doi.org/10.2307/1443268>
- Jiménez-Prado, P. & Béarez, P. (2004). *Peces marinos del Ecuador continental. Tomo 2: Guía de Especies / Marine fishes of continental Ecuador. Volume 2: Species Guide*. Ecuador. SIMBIOE/NAZCA/IFEA.
- Nelson, J. S., Grande, T. C. & Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World*. EE. UU.: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119174844>
- Robertson, D. R. & Allen, G. R. (2015). Shorfishes of the Tropical Eastern Pacific: online information system. <https://bio-geodb.stri.si.edu/sftep/en/pages>
- Rojo-Vázquez, J. A., Quiñonez-Velázquez, C., Echavarría-Heras, H. A., Lucano-Ramírez, G., Godínez-Domínguez, E., Ruiz-Ramírez, S., ... & Sosa-Nishizaki, O. (2008). The fish species composition and variation of catch from the small-scale gillnet fishery before, during and after the 1997-1998 ENSO event, central Mexican Pacific. *Rev. Biol. Trop.* 56(1), 133-152. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i1.5513>
- Tavera, J. J., Acero, A., Balart, E. F. & Bernardi, G. (2012). Molecular phylogeny of grunts (Teleostei, Haemulidae), with an emphasis on the ecology, evolution, and speciation history of New World species. *BMC Evol. Biol.*, 12(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-57>
- Vásquez-Ruiz, C., Moreno-Méndez, A., Campos-León, S. & Rebaza-Castillo, V. (2020). Primer reporte del “ronco almejero” *Haemulon sexfasciatum* Gill, 1862 (Perciformes: Haemulidae) en el norte del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú*, 35(2), 412-416.
- Yankova, M., Pavlov, D., Raykov, V., Mihneva, V. & Radu, G. (2011). Length-weight relationships of ten fish species from the Bulgarian Black Sea waters. *Turk. J. Zool.*, 35(2), 265-270.

Predation of *Gecarcinus quadratus* (Decapoda: Gecarcinidae) by *Aramides cajaneus* (Gruiformes: Rallidae) in Costa Rica

Depredación de *Gecarcinus quadratus* (Decapoda: Gecarcinidae) por *Aramides cajaneus* (Gruiformes: Rallidae) en Costa Rica

Sergio Villegas-Retana^{1*} & Jorge Picado-Masis²

ABSTRACT

Gecarcinus quadratus is a land crab preyed upon by some species, but there is little information about the genera and species of these predators. This scientific note presents the first record of *Aramides cajaneus* preying upon *G. quadratus*. This observation occurred during daylight in May 2021 in Costa Rica, and contributes to the knowledge about the natural history, behavior and ecology of these species.

Keywords: behavior, diet, Gray-cowled Wood-Rail, Halloween Crab, natural history

RESUMEN

Gecarcinus quadratus es un cangrejo terrestre depredado por algunas especies, sin embargo, hay poca información en el nivel de género y especie de sus predadores. Esta nota científica presenta el primer registro de *Aramides cajaneus* depredando a *G. quadratus*. La observación ocurrió durante el día, en mayo del 2021, en Costa Rica y contribuye al conocimiento sobre la historia natural, comportamiento y la ecología de estas especies.

Palabras clave: comportamiento, dieta, Cangrejo de Halloween, Rascón Cuelligrís, historia natural

- 1 Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, 11501-2060 San José, Costa Rica. sergio.villegas@ucr.ac.cr* ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9579-1479>
- 2 Professional certified tour guide, Manuel Antonio National Park, Quepos, 60601 Puntarenas, Costa Rica. picadomasisjorge@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4493-9346>

INTRODUCTION

Gecarcinus quadratus (de Saussure, 1853) is a terrestrial crab that inhabits neotropical coastal forests, and is distributed from Florida, through the Antilles and Central America to Guyana on the Atlantic Coast, and from Mexico to Peru on the Pacific Coast (Burggren & McMahon, 1988; Sherman, 2002). It is fossorial, its populations (of up to six crabs m⁻²) extend approximately 600 m inland from the shore in coastal forests, and its activity outside the burrow increases during the rainy season (Von Prahll & Manjarrés, 1984; Sherman, 2002; Sherman, 2003). It has been reported as being preyed upon by *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807), *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758), some birds and perhaps other crabs (Carrillo *et al.* 2001; Perger *et al.* 2013; Cupul-Magaña *et al.* 2015; Villagrán-Colón *et al.* 2016). *G. quadratus* may have developed adaptations to high levels of predation (Perger, 2013), but there is little information about the genera and species of these predators.

On the other hand, *Aramides cajaneus* (Stadius Muller, 1776) is a bird distributed from southwestern Costa Rica southwards to northern Argentina, from lowlands up to 2,300 m.a.s.l. (Stiles & Skutch, 1989; Taylor, 2020). It inhabits wet ground along the sides of streams, as well as swamps,

secondary growth and deciduous woodlands, mangroves, marshes and marshy thickets, rice and cane fields, seasonal pools and scrubby pastures, as long as they include wet and shaded areas (Stiles & Skutch, 1989; Taylor, 2020). Its diet is diverse and includes mostly invertebrates (including crabs), but also small vertebrates such as frogs, as well as seeds and fruits (Stiles & Skutch, 1989; Taylor, 2020). It also feeds on the feces of giant otters in latrines (Leuchtenberger *et al.* 2012).

Among the crab species reported as prey of *A. cajaneus* are: *Uca rapax* (Smith, 1870), *U. mordax* (Smith, 1870), *U. leptodactyla* (Rathbun in Rankin, 1898), *U. uruguayensis* (Nobili, 1901), and *Callinectes danae* (Smith, 1869; Silva & Olmos 2015). It has also been observed consuming droppings of horses and *P. lotor*; in the latter, perhaps looking for remains of crab exoskeletons, possibly of the genera *Gecarcinus* and *Cardiosma* (Skutch, 1994; Solano-Ugalde, 2005). Nevertheless, there are no reports of *A. cajaneus* preying on *G. quadratus*. The following report represents the first record of an event of this kind.

MATERIALS AND METHODS

The event occurred on the El Pezoso Trail, at Manuel Antonio National Park, Quepos, Puntarenas, Costa Rica (9° 23' N, 84° 8' W; 23 m.a.s.l.).

On 24 May 2021, at 08 00 h, the second author observed an individual of *A. cajaneus* preying on an individual of *G. quadratus* during a guided tour. The crab was coming out of the forest and the wood-rail followed, pecking at it. When they reached the trail, the crab tried to cross it and escape, but the wood-rail took advantage to get close to

it, catching one of its walking legs with its bill and flipping it on its back. It began to hammer at the crab with its bill to break its shell, while the crab tried to defend itself by raising its chelipeds (Fig. 1). Finally, the bird killed the crab and carried it into the forest as a large group of people approached the site. The whole event lasted at least 2 minutes.



Fig. 1. *Aramides cajaneus* preying on *Gecarcinus quadratus*, Manuel Antonio National Park, Costa Rica, 2021 (Photos from a video recorded by Jorge Picado; the pictures should be viewed from left to right in each row and the rows should be viewed from top to bottom)

Fig. 1. *Aramides cajaneus* depredando a *Gecarcinus quadratus*, Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica, 2021 (Secuencia de fotos del video grabado por Jorge Picado, ver de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo)

RESULTS AND DISCUSSION

Land crabs are preyed upon by a wide range of vertebrates (Burggren & McMahon, 1988). Many of them are birds, which have been identified at the species level (Burggren & McMahon, 1988; Wolcott & Wolcott, 1982; Silva & Olmos 2015). In the case *G. quadratus*, we only found two predators identified to this level (Carrillo *et al.* 2001; Cupul-Magaña *et al.* 2015). Birds have also been reported as predators of *G. quadratus*, but there is no specific data on their taxonomy; this is the first study in which an avian predator is identified at the species level.

Some crab species are also an important part of the diet of *A. cajaneus* (Silva & Olmos 2015; Taylor, 2020). In mangroves, for example, this bird preys heavily on crabs (Taylor, 2020). In this sense, it could be that this crab is a regular part of the diet of *A. cajaneus*, along with other crab species (Silva & Olmos 2015), but it is necessary to carry out further studies to determine its diet in more detail. It is possible that the wood-rail took advantage of the crab crossing the trail to hunt it.

The wood-rail hammered its prey with its bill to destroy its shell, a behavior which has been reported when this species preys on snails (Taylor, 2020). While the crab tried to defend itself by raising its chelipeds, it was unable to use them successfully or

use autonomy in response to the attack, which is a defensive system used by *G. quadratus* to defend itself effectively while wandering far from a burrow or retreat (Robinson *et al.* 1970). Likewise, the Halloween Crab is nocturnal (Sherman, 2002; Sherman, 2003), and *A. cajaneus* apparently often feeds at night (Taylor, 2020), but this observation occurred at 08:00 h. However, both species can also engage in diurnal activity (Von Prael & Manjarrés, 1984; Solano-Ugalde, 2005), so it is possible that this was an opportunistic event.

Knowledge about predation is one of the initial steps to understand the ecology and ethology of animals (Curio, 2012). Identifying species of predators provides basic information to study its impact on the life histories of prey and their defense mechanisms, as well as the hunting behavior and diet of predators (Robinson *et al.* 1970; Curio, 2012; Perger *et al.* 2013). The evidence presented here contributes to the knowledge about the natural history, behavior, and ecology of both *G. quadratus* and *A. cajaneus*.

ACKNOWLEDGEMENTS

We gratefully acknowledge to Ingo Wehrtmann for suggestions and recommendations for preparing the manuscript. We also want to thank the two anonymous reviewers for suggestions that improved the manuscript.

REFERENCES

- Burggren, W. & McMahon, R. (1988). *Biology of the land crabs*. EE. UU.: Cambridge University Press.
- Carrillo, E., Wong, G. & Rodríguez, M. A. (2001). Hábitos alimentarios del mapachín (*Procyon lotor*) (Carnivora: Procyonidae) en un bosque muy húmedo tropical costero de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 49(3-4), 1193-1197. <https://doi.org/10.15517/rbt.v49i3-4>
- Cupul-Magaña, F. G., Mc Cann, F. & Escobedo-Galván, A. H. (2015). Observación del consumo de presas en el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807): registro fotográfico. *Quehacer Científico en Chiapas*, 10(2), 11-15.
- Curio, E. (2012). *The ethology of predation*. EE. UU.: Springer Science & Business Media.
- Leuchtenberger, C., Ribas, C., Magnusson, W. & Mourão, G. (2012). To each his own taste: latrines of the giant otter as a food resource for vertebrates in Southern Pantanal, Brazil. *Stu. Neotrop. Fauna Environ.*, 47(2), 81-85. <http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2012.697690>
- Perger, R., Cortes, J. & Pacheco, C. (2013). Closing a distributional gap of over 3 000 km and encountering an invisible barrier: new presence/absence data for *Johngarthia planata* Stimpson, 1860 (Decapoda, Brachyura, Gecarcinidae) for Central America and biogeographic notes on East Pacific Gecarcinidae. *Crustaceana*, 86(3), 268-277. <https://doi.org/10.1163/15685403-00003172>
- Robinson, M. H., Abele, L. G. & Robinson, B. (1970). Attack autotomy: a defense against predators. *Sci.*, 169(3942), 300-301. <https://doi.org/10.1126/science.169.3942.300>
- Sherman, P. M. (2002). Effects of land crabs on seedling densities and distributions in a mainland neotropical rain forest. *J. Trop. Ecol.*, 18(1), 67-89. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002043>
- Sherman, P. M. (2003). Effects of Land Crabs on Leaf Litter Distributions and Accumulations in a Mainland Tropical Rain Forest. *Biotropica*, 35(3), 365-374. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00590.x>
- Silva, R. & Olmos, F. (2015). Distribution and natural history of the mangrove-dwelling Gray-necked Wood-Rail, *Aramides cajaneus avicenniae* Stotz, 1992, in southeastern Brazil. *Rev. Bras. Ornitol.*, 23(4), 368-376. <https://doi.org/10.1007/BF03544310>
- Skutch, A. F. (1994). The Gray-necked Wood-Rail: Habits, food, nesting, and voice. *The Auk*, 111(1), 200-204. <https://doi.org/10.2307/4088524>
- Solano-Ugalde, A. (2005). Observaciones de coprofagismo por parte de *Aramides cajanea* (Rallidae: Aves) en el Refugio de Vida Silvestre Curú, Puntarenas. *Zeledonia*, 9(1), 33-34.
- Stiles, G. & Skutch, A. (1989). *A Guide to the Birds of Costa Rica*. EE. UU.: Cornell University Press.
- Taylor, B. (2020). Gray-cowled Wood-Rail (*Aramides cajaneus*). In Billerman, S. M. Keeney, B. K. Rodewald, P. G. & Schulenberg, T. S. (Eds.). *Birds of the World* (version 1.0). EE. UU.: Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.gycwor1.01>
- Villagrán-Colón, E. R., Ramírez-Aguilar, A. M. & Monzón-Pineda, A. E. (2016). *Distribución, aspectos biológicos y ensayo de cultivo de los cangrejos de manglar Cardisoma crassum (Smith, 1870) y Gecarcinus quadratus (Saussure, 1853) en el área del Canal de Chiquimulilla, en los municipios: Taxisco, Guazacapán y Chiquimulilla de Santa Rosa, Guatemala*. (Informe Final). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Sin editorial.

- Von Prael, H. & Manjarrés, G. (1984). Cangrejos Gecarcinidos (Crustacea; Gecarcinidae) de Colombia. *Caldasia*, 149-168. <https://www.jstor.org/stable/23641468>
- Wolcott, T. G. & Wolcott, D. L. (1982). Larval loss and spawning behavior in the land crab *Gecarcinus lateralis* (Freminville). *J. Crustacean. Biol.*, 2(4), 477-485. <https://doi.org/10.2307/1548089>

**Avistamientos de *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758)
(Cetartiodactyla: Odontoceti: Delphinidae) en el
Pacífico costarricense (1990-2020)**

**Sightings of *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758)
(Cetartiodactyla: Odontoceti: Delphinidae) in the
Costa Rican Pacific (1990-2020)**

César Castro-Azofeifa¹

RESUMEN

Las orcas son cetáceos poco estudiados en el trópico, y sus desplazamientos por aguas costarricenses han sido escasamente abordados. Son animales de gran importancia ecológica debido a su rol como depredadores *top*, y documentar su presencia en el país puede ser de gran importancia científica y social, pues para las comunidades costeras esta información podría representar una gran oportunidad desde el punto de vista ecoturístico. El objetivo de esta investigación fue sintetizar y sistematizar los reportes existentes, referente a las orcas en el país, mediante publicaciones científicas, libros e información derivada de informes de ciudadanos. Se tomó en cuenta la información recabada hasta el 31 de diciembre de 2020. Se dividieron los avistamientos y el número de orcas en el Pacífico costarricense regionalmente: 17 avistamientos y 56 individuos para el Pacífico Sur, 7 avistamientos y 20 individuos para el Pacífico Norte, 3 avistamientos y 19 individuos en el Pacífico Central y 4 avistamientos y 10 individuos para la Isla del Coco. Se contabilizaron 31 avistamientos y 105 individuos en total. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas sobre la ocurrencia de orcas entre las zonas, aunque hay una mayor cantidad de reportes en el Pacífico Sur, en especial, durante setiembre. Estudiar la presencia de las orcas en el país, que involucren procesos de educación ambiental y ciencia ciudadana, puede proveer importantes herramientas para la formulación de políticas públicas que permitan una conservación efectiva de los cetáceos y ofrecer mayores oportunidades de crecimiento para la industria ecoturística en las costas.

Palabras clave: ballenas asesinas tropicales, ciencia ciudadana, desplazamiento de cetáceos, ecología de mamíferos marinos tropicales, hábitos predatorios

1 Estudiante de grado, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica; 11501-2060 San Pedro, San José, Costa Rica; cesar.castroazofeifa@ucr.ac.cr ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4977-2397>

ABSTRACT

Orcas are little studied cetaceans in the tropics, and their movements through Costa Rican waters have been scarcely addressed. They are animals of great ecological importance due to their role as top predators and documenting their presence in the country can be of great scientific and social importance, for coastal communities this information could represent a great opportunity from an ecotourism perspective. The objective of this research was to synthesize and systematize the existing reports regarding orcas in the country, using scientific publications, books and information derived from citizen reports. The information collected up to December 31, 2020, was considered. The sightings and the number of killer whales in the Costa Rican Pacific were divided regionally: 17 sightings and 56 individuals for the South Pacific, 7 sightings and 20 individuals for the North Pacific. 3 sightings and 19 individuals in the Central Pacific and 4 sightings and 10 individuals for Isla del Coco. There were 31 sightings and 105 individuals in total. No statistically significant differences were found in the occurrence of killer whales between the zones, although there is a greater number of reports in the South Pacific, especially in September. Studying the presence of orcas in the country, involving processes of environmental education and citizen science, can provide important tools for the formulation of public policies that allow an effective conservation of cetaceans and offer greater opportunities for growth for the ecotourism industry in the coasts.

Keywords: cetacean displacement, Citizen science, predatory habits, tropical marine mammal ecology, tropical killer whales

INTRODUCCIÓN

El estudio de los cetáceos marinos ha sido una actividad de gran importancia para las sociedades humanas debido a que permite comprender dinámicas ecosistémicas (Parsons *et al.* 2015). Se han efectuado varias investigaciones referentes a características ecológicas de los cetáceos residentes y visitantes en las aguas de nuestro país (Steiger *et al.* 1991; Wade & Gerrodette, 1993; Acevedo & Smultea, 1995; Acevedo & Burkhart, 1998; May-Collado & Morales-Ramírez, 2005; Rasmussen *et al.* 2007; Palacios-Alfaro, 2009; Rasmussen *et al.* 2012; Martínez-Fernández *et al.* 2011; May-Collado & Forcada, 2012;

Martínez-Fernández *et al.* 2014; Acevedo *et al.* 2017), y la información devengada no solo ha permitido tener una mejor idea de la diversidad del grupo en el país, adicionalmente nos provee herramientas para comprender, de mejor manera, los ensamblajes tróficos existentes en nuestro territorio marítimo (May-Collado *et al.* 2018; Fourrière *et al.* 2019). Esto facilitó el desarrollo de una importante industria de observación de cetáceos, de forma predominante en el Pacífico Sur del país, y enriquecer el conocimiento sobre las orcas en el país, posiblemente, permitiría aumentar el interés del público general, y, por consiguiente, atraer un mayor número de personas que deseen ver estos animales (Rodríguez-Fonseca &

Fischel-Quirós, 2007; Hoyt & Iñiguez, 2008; Montero-Cordero & Lobo, 2010). Esta actividad permite una distribución de recursos importante entre los miembros de las comunidades que participan en ella, al ser altamente descentralizada (Cisneros-Montemayor & Sumaila, 2010) y de base comunitaria, al emplear personas en transporte, hospedaje, alimentación, tours y educación ambiental (Wilson & Tisdell, 2003; Hoyt & Iñiguez, 2008). Si bien este tipo de actividad puede resultar nociva para los hábitos de los cetáceos, si no se toman precauciones, la misma está normalizada por un reglamento que es parte de la legislación nacional y que está basado en estrategias de mitigación puestas en práctica, que buscan garantizar la sostenibilidad de esta industria (May-Collado & Wartzok, 2008). Diferentes ONG especializadas, con apoyo del SINAC/MINAE, ICT e INA han dado capacitaciones en distintos momentos sobre dicho reglamento tanto a las autoridades involucradas en su implementación como a los capitanes, guías y operadores de la actividad (Nel-Lo Andreu, 2008; Carvache-Franco *et al.* 2021).

Los cetáceos son de importancia ecológica como indicadores ambientales, ya que sus migraciones pueden ayudar a comprender el impacto del cambio climático y la salud de los ecosistemas que frecuentan. Sus patrones de movimiento y alimentación están ligados a factores como características

geográficas, temperatura del agua, topografía del fondo marino y disponibilidad de determinadas presas. En general, por su posición en las redes tróficas marinas son bioindicadores clave en los ecosistemas marinos (Dahlheim & White, 2010; Filatova *et al.* 2019). Durante la última década la conservación de los cetáceos en el nivel mundial ha recibido mucha atención, debido a su capacidad de fijación de carbono, así como importantes interacciones que presentan con el fitoplancton, en donde la actividad de cetáceos promueve la proliferación de estos microorganismos (Chami *et al.* 2019). Para nuestro país se ha informado un total de 31 especies de cetáceos, siendo el tercer grupo de mamíferos más diverso (Rodríguez-Herrera *et al.* 2014).

La región tiene faltantes de información sobre las visitas de especies depredadoras como *Orcinus orca* (Martínez-Fernández *et al.* 2011). Existen informes sobre la presencia de estos animales en el país (Rodríguez-Fonseca, 2001; Sáenz *et al.* 2004; May-Collado *et al.* 2005; Martínez-Fernández *et al.* 2011). En los últimos años han trascendido referencias de personas que logran fotografiarlos o incluso filmarlos (Castro, 2019; Cabezas, 2020; Jerez, 2020). Sin embargo, es poco lo que se sabe sobre ellos. Hay publicaciones de estos depredadores alimentándose de tiburones (Carcharhinidae) en nuestro territorio (Fertl, 1996). Se les ha observado cerca de la Isla del

Coco alimentándose del tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*) (Herrera, 2014), pero se registran pocos informes de los hábitos alimentarios de aquellos que se acercan más a la costa, en regiones tropicales (Guerrero-Ruiz *et al.* 1998; Salinas & Urbán, 2006). Al ser una especie de fácil identificación debido a sus características morfológicas, permite acercarse a la población a procesos de educación ambiental y facilita la implementación de herramientas de ciencia ciudadana para recopilar datos que demandan de grandes esfuerzos de muestreo, tales como los desarrollados para realizar estudios sobre diversidad y observar patrones migratorios de aves (Dickinson *et al.* 2010; Cooper *et al.* 2014). El objetivo principal de esta investigación consistió en sintetizar la información existente, referente a las orcas en el país, mediante publicaciones científicas, libros e información derivada de mecanismos de sistematización basados en informes de ciudadanos. Parte del interés de realizar este trabajo es, contar con una base para poder establecer comparaciones futuras, para así, poder determinar, si en efecto, la frecuencia de avistamientos de estos animales a nuestras aguas está cambiando con el tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se dividieron las regiones en Isla del Coco, Pacífico Norte, Pacífico

Central y Pacífico Sur (Fig. 1). Para realizar esta división se tomaron en cuenta características oceanográficas, geográficas y ecosistémicas, como el domo térmico en el Pacífico Norte (Tassi *et al.* 2018), la lejanía con respecto a la masa continental de la Isla del Coco (Arias *et al.* 2016), las características ecosistémicas particulares del Pacífico Sur (Cortés & Quesada-Alpizar, 2006) y las características ecosistémicas del Pacífico Central, la cual presenta un mayor impacto que las anteriores debido a las perturbaciones antropogénicas (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2020).

Se omitió la región Caribe porque únicamente se encontró una publicación al respecto (Bolaños-Jiménez *et al.* 2014). Durante la primera etapa de investigación se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica sobre todas las fuentes que se pudiesen encontrar acerca de las orcas en Costa Rica. La información se consultó en inglés y en español. Se consultaron libros y artículos científicos mediante las bases de datos JStor (<https://www.jstor.org/>) y Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>) utilizando las palabras clave *Orcinus orca*, killer whale, Costa Rica y Central América.

Se tomaron en cuenta los datos de un avistamiento de tres maneras: publicación científica, por formulario avistamiento y en redes sociales. Se trabajó con cada una de la siguiente manera:

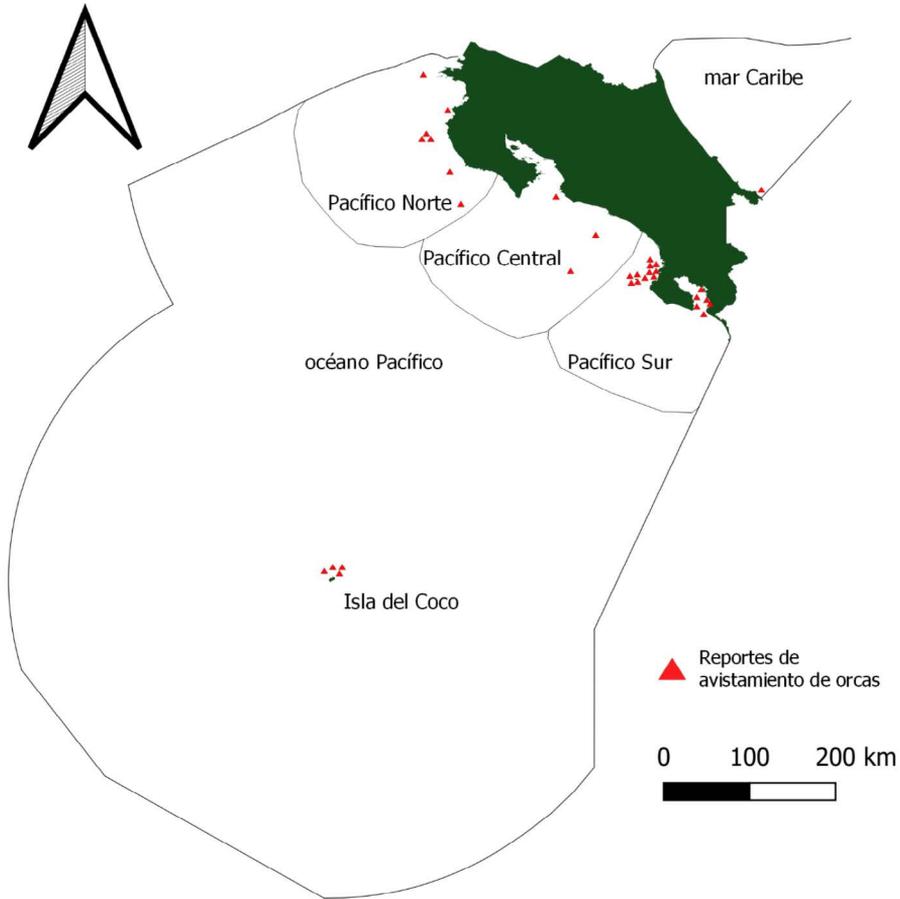


Fig 1. Croquis de aguas jurisdiccionales de Costa Rica con sitios en los que se reportaron observaciones de orcas

Fig 1. Diagram of the jurisdictional waters of Costa Rica with reported sightings of orcas

Publicación científica:

Se obtuvieron datos de avistamiento propiedad de Cascadia Research Collective (Olympia, Washington, EE. UU.), así como publicaciones de artículos científicos derivados de la búsqueda en las bases de datos antes mencionadas.

Formulario:

Se diseñó un formulario donde se consultaba por el sitio de avistamiento, tamaño de grupo y fotografías o videos como evidencia. Se entregó a operadores turísticos de las regiones Norte, Central y Sur, del Pacífico costarricense, en formato digital, entre el

20 de setiembre y el 20 de octubre de 2020. Las respuestas a este formulario se recopilaron hasta el 31 de diciembre de 2020. Se realizaron entrevistas telefónicas y mediante videollamadas a 13 personas, 6 investigadores nacionales e internacionales, 2 trabajadores de la pesca, 2 del sector de transporte marítimo, 1 persona del Servicio Nacional de Guardacostas y 2 operadores turísticos. También se tomaron en cuenta 4 informes proporcionados por investigadores, pero que no cuentan con una publicación científica oficial, y, para efectos de análisis de datos, se separaron de las demás categorías debido a que se consideró que podrían resultar útiles, por separado, para estudios posteriores.

Redes sociales:

Se realizó una revisión de publicaciones en redes sociales (Facebook, Instagram y YouTube) que incluían fotografías y videos de orcas en el país, se contactó a las personas responsables del material. Se creó una base de datos para condensar la información derivada de artículos científicos, respuestas al formulario, información facilitada por investigadores y redes sociales.

Análisis de datos

Para determinar si existen diferencias entre el número de orcas observadas y el sitio de reporte se realizó un análisis de varianza (ANO-

VA), mediante la plataforma estadística *RStudio* (2020), con un nivel de significancia de 0.05 y con intervalos de confianza al 95%. Se esperaba que existiera diferencia entre los sitios, por la mayor cantidad de reportes para la región Pacífico Sur. Se realizó un gráfico para comparar las fuentes de los reportes (Fig. 2).

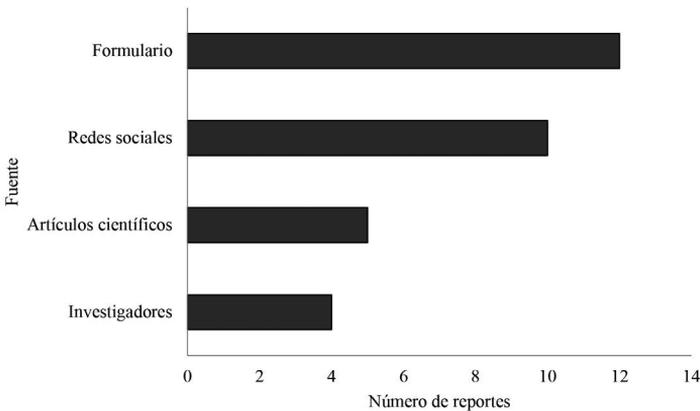


Fig 2. Cantidad de avistamientos de *Orcinus orca* en el Pacífico costarricense por cada una de las cuatro categorías de fuentes de información utilizadas para el período 1990-2020

Fig 2. Number of sightings of *Orcinus orca* spotted in the Costa Rican Pacific by each one of the four categories of sources of information used for the period 1990-2020

RESULTADOS

Se constituyó una base de datos para realizar el análisis de la información, a partir de las 12 respuestas al formulario, información obtenida de redes

sociales, información facilitada por investigadores y artículos científicos entre 1990 y 2020 (Cuadro 1). La mayoría de los datos recopilados corresponden a respuestas al formulario, que obtuvo 12, en las redes sociales se consiguieron

Cuadro 1. Base de datos con fechas de avistamiento y tamaño de grupos de *Orcinus orca* en el Pacífico costarricense entre 1990 y 2020

Table 1. Dates of sightings and sizes of groups of *Orcinus orca* in the Costa Rican Pacific between 1990 and 2020

Mes	Año	Sitio	Tamaño de grupo	Origen del informe
Mayo	1992	Pacífico Sur	4	Artículo científico
Febrero	1997	Pacífico Sur	1	Artículo científico
Febrero	1997	Pacífico Sur	3	Artículo científico
Enero	2003	Pacífico Sur	7	Artículo científico
Enero	2006	Pacífico Norte	1	Artículo científico
Junio	2008	Pacífico Sur	1	Redes sociales
Junio	2010	Pacífico Sur	3	Investigador
Setiembre	2012	Isla del Coco	2	Redes sociales
Setiembre	2012	Isla del Coco	2	Redes sociales
Setiembre	2012	Pacífico Sur	1	Formulario
Junio	2013	Pacífico Norte	6	Investigador
Agosto	2013	Pacífico Sur	1	Investigador
Setiembre	2013	Pacífico Sur	1	Formulario
Setiembre	2014	Isla del Coco	3	Redes sociales
Noviembre	2016	Pacífico Sur	2	Formulario
Diciembre	2016	Pacífico Central	3	Redes sociales
Marzo	2017	Pacífico Sur	1	Redes sociales
Diciembre	2017	Pacífico Norte	3	Formulario
Abril	2018	Pacífico Sur	10	Redes sociales
Setiembre	2018	Pacífico Norte	1	Redes sociales
Febrero	2019	Pacífico Sur	3	Formulario
Agosto	2019	Pacífico Central	7	Formulario
Setiembre	2019	Isla del Coco	3	Formulario
Setiembre	2019	Pacífico Sur	3	Formulario
Diciembre	2019	Pacífico Sur	10	Redes sociales
Marzo	2020	Pacífico Central	9	Redes sociales
Abril	2020	Pacífico Norte	4	Investigador
Abril	2020	Pacífico Norte	3	Formulario
Mayo	2020	Pacífico Sur	3	Formulario
Junio	2020	Pacífico Sur	2	Formulario
Diciembre	2020	Pacífico Norte	2	Formulario
Total			105	

Cuadro 2. Distribución de los avistamientos de *Orcinus orca* en el Pacífico costarricense entre 1990 y 2020 en las regiones Norte, Central, Sur e Isla del Coco
 Table 2. Distribution of *Orcinus orca* sightings in the Costa Rican Pacific between 1990 and 2020 in the Northern, Central and Southern regions, and Cocos Island

Región	Avistamientos	Animales	Promedio de animales por avistamiento
Norte	7	20	2.9 (± 1.3)
Central	3	19	6.3 (± 2.2)
Sur	17	56	3.3 (± 2.1)
Isla del Coco	4	10	2.5 (± 0.5)

10 reportes, 5 derivaron de artículos científicos y 4 fueron suministrados por investigadores (Fig. 2). En resumen, las respuestas válidas al formulario consistieron en videos, fotografías y mensajes que documentaban encuentros con orcas y podían verificarse mediante la información suministrada. Hubo 5 respuestas al formulario sobre *Megaptera novaengliae* y *Tursiops truncatus*, no tomadas en cuenta.

Se recopiló un total de 31 avistamientos. Se observaron 105 individuos en total. La región Pacífico Sur fue la que registró una mayor cantidad de avistamientos y un mayor número de orcas (Cuadro 2). La región Pacífico Central solo registró 3 avistamientos, pero constaron de grupos más grandes, por lo que registró más orcas que las regiones Pacífico Norte e Isla del Coco (Cuadro 2). En las regiones Pacífico Sur y Pacífico Norte existen informes de todos los meses, excepto julio y octubre. En el Pacífico Central existen informes en marzo, agosto y diciembre, mientras en la Isla del Coco

solo se registraron en setiembre (Cuadro 1). Los años 2019 y 2020 fueron los que más informes registraron, con 5 cada uno, siendo el 2019 el año en el que se obtuvo un mayor número de orcas, con 26 (Cuadro 1). Dos personas de las 13 entrevistadas manifestaron haberlas visto alimentarse de atunes (Scombridae), jureles (Carangidae) y una tortuga (Cheloniidae); además, mencionaron que las orcas son vistas poco tiempo después de la llegada de las ballenas jorobadas.

Setiembre fue el mes que más avistamientos y número de orcas registró. Diciembre fue el segundo en cuanto a número de orcas, mientras que junio fue el segundo en cuanto a avistamientos. Ni julio ni octubre contaron con avistamientos (Cuadro 1). La actividad depredadora registrada incluyó el consumo de mantarrayas (Mobulidae) y en un video se les pueden ver acosando a una cría de tiburón ballena (*Rhincodon typus*). Para el Pacífico Central los avistamientos fueron escasos, y con distancias entre 20 y 80 millas náuticas

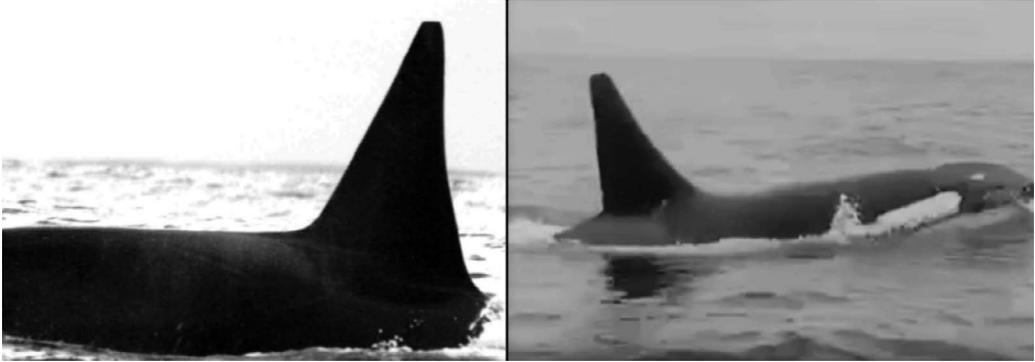


Fig 3. Comparación de imágenes de vista de la aleta dorsal vista desde el costado derecho del macho indentificado como E231 en el catálogo de orcas del Pacífico Tropical Oriental (izquierda), y macho observado en el Pacífico Sur en 2020 con gran similitud (derecha). Fotografía derecha propiedad de Sequeira Tours

Fig 3. Comparison of dorsal fin view from the right side of the male identified as E231 in the Orca catalog of the Eastern Tropical Pacific (left), and male observed in the South Pacific in 2020 with great similarity (right). Right photograph property of Sequeira Tours

de la costa. En el Pacífico Sur los entrevistados indicaron que las orcas pueden verse durante todo el año, pero siendo más probable a finales de agosto y principios de setiembre. En el Pacífico Sur se han visto cerca de la costa, y la zona que reporta más avistamientos está comprendida entre Bahía Drake y la Reserva Biológica Isla del Caño. Para esta zona, se identificó un macho con características muy similares (Fig. 3) a las reportadas en el catálogo de orcas del Pacífico Tropical Oriental, para el macho E231 (Olson & Gerrodette, 2008). En el Parque Nacional Isla del Coco, se observaron grupos de orcas cerca de la isla, y, en una ocasión, se les contempló alimentándose del tiburón

tigre (*Galeocerdo cuvier*). Todos los avistamientos en esta zona ocurrieron en setiembre.

Según la prueba ANOVA, no existe una diferencia significativa entre el número de orcas que se pueden encontrar entre los diferentes sitios analizados ($F = 1.582$; $P > 0.05$). Las discrepancias entre la cantidad de observaciones entre sitios y la relativa similitud entre los promedios de animales, una vez que se pondera el error, podrían explicar por qué el resultado de la prueba estadística no fue significativo. A pesar de este resultado, los datos sí muestran una marcada diferencia en cuanto a la cantidad de avistamientos entre las regiones (Cuadro 2).

DISCUSIÓN

Plantear el proyecto para recopilar avistamientos de orcas en el país y estructurar la toma de datos, de forma amigable, con el público, permitió utilizar una amplia diversidad de datos y de fuentes. Involucrar a personas no vinculadas a la academia en el proceso de recopilación de información, con fines científicos, facilita el trabajo con animales difíciles de encontrar en aguas tropicales como las orcas (dos Santos & Bessa, 2019), aunque esto presente limitantes como que los informes sean esporádicos y que sea necesario verificarlos con videos o fotografías para evitar errores de identificación.

La falta de avistamientos en julio y octubre puede deberse al comportamiento migratorio de otros organismos como *M. novaengliae* (May-Collado *et al.* 2005). Estas ballenas, normalmente, no empiezan a llegar en grandes grupos al país hasta agosto, como parte de la migración de las poblaciones del hemisferio sur (Rasmussen *et al.* 2007). Las poblaciones del hemisferio norte llegan, en los primeros meses del año, a las cálidas aguas del Pacífico costarricense, evitando las condiciones del frío invierno en el hemisferio norte en esa época (Steiger *et al.* 1991).

Una posible explicación es que los desplazamientos de las orcas en la región se deben a la migración de

la ballena jorobada *M. novaengliae*. Aunque no existen registros en el país de orcas cazándolas, se sabe que en otros sitios las depredan con frecuencia (Steiger *et al.* 2008). Con respecto a octubre, las condiciones, por lo general lluviosas, en nuestro país (Mendez *et al.* 2019) podrían influenciar la falta de observaciones, pues complicarían la navegación y visibilidad, pero también deben tomarse en cuenta los fenómenos migratorios propios de las ballenas, antes descritos.

Algunos videos en redes sociales hacen referencia al mismo evento, tomados por diferentes personas en las mismas embarcaciones. Para la investigación se tomó el reporte que primero se subió a la red social, en caso de existir varios (Cherson, 2014; Herrera, 2014; Power, 2014). Una ventaja de este tipo de fuente de información es, que permite verificar, desde distintas perspectivas, que en efecto ocurrió el encuentro con orcas en la fecha y sitio estipulados, y, además, es posible hacer un mejor conteo de los animales si se tienen diferentes perspectivas.

Para las 13 personas entrevistadas, estas observaciones son un fenómeno que, aunque infrecuente, no es nuevo, pues todos ellos confirmaron que, en los últimos 20 años, se han realizado múltiples observaciones de orcas en altamar e incluso cerca de la costa, pero que no se habían documentado apropiadamente. Conviene mencionar que el alto número de

observaciones en el Pacífico Sur, en particular entre Bahía Drake y la Isla del Caño, puede tener una estrecha relación con las actividades turísticas de observación de cetáceos en la zona (Rodríguez-Fonseca & Fischel-Quirós 2007; Hunt *et al.* 2015), y quizá, en las demás, no hay tantos avistamientos, simplemente porque existe un menor número de personas en el mar observando animales.

Otro grupo importante de observaciones ocurre en el golfo Dulce, clasificado en este trabajo dentro de la región Pacífico Sur, donde se les ha visto alimentarse de elasmobranchios y peces óseos (Fertl, 1996). Este comportamiento predatorio ya ha sido observado en otras poblaciones de orcas (Secchi & Vaske, 1998; Samarra *et al.* 2018). La depredación de estos animales puede deberse a que son presas más abundantes en estas aguas, por lo que, depredadores oportunistas como las orcas podrían aprovecharlos. Además de los beneficios ecosistémicos que los grandes depredadores como las orcas nos proporcionan mediante la regulación de cascadas tróficas (Winnie Jr. & Creel, 2017; Rao, 2018), pueden contribuir con el sustento económico de esta zona, al ser un grupo altamente carismático y de importancia ecoturística.

Aunque la cantidad de avistamientos es relativamente baja en cada sitio, es de gran utilidad segmentarla en las 4 zonas propuestas en este trabajo debido a que están sujetas a distintos

tipos de presión antropogénica, características oceanográficas y fenómenos ambientales (Montero-Cordero & Lobo, 2010; Tassi *et al.* 2018; Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2020), que serán discutidos en cada caso. Este análisis, enfocado en zonas, permitirá establecer comparaciones futuras y buscará generar información valiosa a los investigadores y a las poblaciones de dichas localidades dedicadas al ecoturismo.

Para la región Pacífico Central hubo 3 avistamientos (Cuadro 1). La polución asociada a los focos de población humana (González-Fernández, 2021), en esta región, podría hacer que estos cetáceos no se observen con frecuencia, pues se sabe que tanto las aguas contaminadas como el excesivo ruido antropogénico puede resultar disruptivo para la comunicación de cetáceos similares, quienes tenderán a evitarlos (Montero-Cordero & Lobo, 2010).

En el Pacífico Norte hubo 7 avistamientos (Cuadro 1), y se documentaron atacando mantarrayas y un tiburón ballena juvenil (*Rhyncodon typus*). Principalmente, fueron vistos cerca de las Islas Catalinas. En los videos que se recopilaron de esta zona, se observaron individuos exhibiendo comportamientos asociados a alarma, dando grandes saltos fuera del agua y acercándose a las embarcaciones. Las 3 personas entrevistadas, de esta zona, mencionaron que se podrían avistar orcas con mayor frecuencia a

final y principio de año, coincidiendo con el fenómeno de enfriamiento asociado al sistema de afloramiento de Papagayo (Alfaro & Cortés, 2012). La influencia de este fenómeno debe tomarse en cuenta para estudiar este grupo, pues crea condiciones de alta productividad (Álvarez *et al.* 2018), que permiten la conformación de complejas redes tróficas, las cuales favorecen la presencia estacional de muchos organismos que las orcas podrían depredar. Existe un reporte en la zona del domo térmico de Costa Rica (fuera de aguas territoriales), de un grupo de orcas interactuando para alimentarse de una cría de *Balaenoptera musculus* (Pitman *et al.* 2007).

La Isla del Coco es un Parque Nacional de enorme importancia para la biodiversidad marina gracias a las condiciones geológicas de corrientes y climáticas que posee, además de la distancia a la que está, de focos de población humana y la protección legal que posee (Claudino-Sales, 2019). En esta región se registraron 4 avistamientos, y la relativa cercanía de las Islas Galápagos hace pensar que, posiblemente, estos animales utilicen la ruta de migración entre Galápagos e Isla del Coco, como parte de sus rutas de alimentación y otras actividades, fungiendo como importantes reguladores, en las redes tróficas de ambos sitios, tal como se ha observado en elasmobranquios pelágicos (Nalesso *et al.* 2019; Bessudo *et al.* 2011).

A pesar que la literatura menciona la posibilidad de encontrar orcas en el Caribe (Sáenz *et al.* 2004), únicamente se encontró una publicación que confirma su presencia en el Caribe costarricense, cerca del Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo (Bolaños-Jiménez *et al.* 2014). Teniendo en cuenta la diversidad de cetáceos que se pueden encontrar en estas aguas (May-Collado, 2009), puede ser que pasaran desapercibidas debido a una menor cantidad de actividades ecoturísticas respecto al Pacífico. Recientes reportes de orcas en la costa Caribe de Colombia, cerca de la frontera con Panamá (Franco & Delgadillo, 2021) indican que, tal vez con un mayor esfuerzo de muestreo, se pueda registrar, de manera más exacta, su presencia en el Caribe de Costa Rica.

En un vídeo del sector Pacífico Sur del país, del año 2020, se observó un macho (Fig. 3) con características muy similares al identificado como E231, reportado en el catálogo de orcas del Pacífico Tropical Oriental, cerca de la Isla Clipperton, en el año 2006 (Olson & Gerrodette, 2008). El macho conocido como “Phantom” fue documentado realizando movimientos entre Perú, Ecuador, Costa Rica y México que coinciden con las temporadas de apareamiento de la ballena jorobada en ambos hemisferios (Pacheco *et al.* 2019). Existe otro caso documentado de un macho que fue fotografiado en Perú y en México, en ambos casos en

compañía de otras orcas, con pocos años de diferencia entre ambos reportes (Guerrero-Ruiz *et al.* 2005). Estos datos sugieren que las orcas de la región pueden desplazarse largas distancias en la zona y estas pueden coincidir con las migraciones de las ballenas jorobadas.

Los grupos avistados en el país podrían estar compuestos por los mismos individuos, en años distintos, que podrían estar de paso en sus rutas de desplazamiento regional. Para determinarlo, con certeza, será necesario confeccionar un catálogo actualizado de orcas en la región y analizar registros de forma minuciosa, para realizar identificaciones. Este material permitiría establecer comparaciones con los registros de otras zonas y ayudar a estimar, de una forma más exacta, el tamaño de las poblaciones de *Orcinus orca*, su origen, la distancia que recorren y qué rutas utilizan. Esto último, podría estudiarse mediante el uso de rastreadores, pero debido a que los encuentros son infrecuentes, la identificación fotográfica podría proveer información confiable para gran cantidad de individuos, pues se observó que varios presentaban marcas y cicatrices útiles para identificación.

Las interacciones de depredación en el país parecen estar orientadas hacia elasmobranchios y a peces óseos (Fertl, 1996; Sáenz *et al.* 2004; Herrera, 2014). No existen reportes de orcas alimentándose de mamíferos en aguas del Pacífico costarricense, pero

no puede descartarse, debido a que estos son presas habituales en otras latitudes, en particular la ballena jorobada (Whitehead & Glass, 1985; Steiger *et al.* 2008). En otras regiones existe un estrecho vínculo entre las actividades que las orcas realizan y las características geográficas del sitio donde se encuentran, principalmente para optimizar el uso de su energía (Heimlich-Boran, 1988), por lo que las características oceanográficas de Costa Rica podrían influenciar su comportamiento. Los grupos de orcas que son avistados en aguas costarricenses parecen corresponder en características como tamaño de grupo y características predatorias con el de las orcas transeúntes, pero cabe mencionar que esta clasificación se ha hecho con base en observaciones en orcas de zonas templadas (Baird & Dill, 1996), y, en el trópico, cabría analizar si la clasificación más conveniente es entre orcas oceánicas y costeras, pero para esto se necesitan estudios más minuciosos.

Conocer el estado de las poblaciones de orcas en nuestras aguas es de interés regional, pues permite acciones coordinadas de protección y brinda herramientas para formular políticas públicas orientadas a la preservación de este grupo de enorme importancia ecológica y económica. La coordinación entre instituciones públicas, empresa privada y ciudadanía es crucial para poder ampliar el conocimiento sobre este grupo y desarrollar las herramientas

que nos permitan un manejo apropiado en el futuro. Las poblaciones costeras dedicadas al ecoturismo y a tours de observación de cetáceos podrían beneficiarse de la presencia de las orcas y de la difusión que se haga de estas hacia el público general, pues esto podría facilitar una mayor llegada de turistas e investigadores a estas zonas.

CONCLUSIONES

Con base en los datos analizados, la región más probable de encuentro con orcas es el Pacífico Sur, en setiembre. Hace falta un mayor esfuerzo de muestreo para contar con datos más exactos de esta especie en el país, y para conseguirlos es útil contar con un buen programa de investigación, por lo que procesos de educación ambiental son excelentes herramientas para motivar a más personas a documentar y reportar futuros avistamientos. Cabe destacar que en muchos de los videos se observaron turistas nadando muy cerca de grupos de orcas, incluso con crías. Es crucial aumentar los esfuerzos de educación ambiental para evitar potenciales situaciones de riesgo, tanto para las personas como para estos animales. En el Caribe existe un vacío significativo de información que debe subsanarse, pues preocupa que, debido al bajísimo número de informes existentes, se corre el riesgo de que no se tomen decisiones apropiadas

para protegerlas como la especie clave que es dentro de sus ecosistemas. La región ofrece un excelente potencial ecoturístico que podría aprovecharse, de forma más eficiente, si se tuvieran datos más exactos sobre la presencia de orcas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue llevado a cabo gracias a la colaboración de Cascadia Research Collective, Annie Douglas, Laura May-Collado, Juan José Alvarado, Nefertiti Rojas, Shawn Larkin, Wanner Cano, Marco Loáiciga, Minor Lara y Frank Garita, y las personas que tomaron de su tiempo para responder el formulario, aportando valiosa información, material bibliográfico, videos, fotografías y relatos que contribuyeron con el desarrollo de esta investigación. Se extiende un cálido agradecimiento a los revisores anónimos, pues sus aportes fueron de gran ayuda para mejorar este trabajo.

REFERENCIAS

- Acevedo, A. & Burkhart, S. (1998). Seasonal distribution of bottlenose (*Tursiops truncatus*) and pan-tropical spotted (*Stenella attenuata*) dolphins (Cetacea: Delphinidae) in Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 46 (Supl. 6), -91-101.
- Acevedo, A., & Smultea, M. A. (1995). First records of humpback whales including calves at Golfo Dulce and Isla del Coco, Costa Rica, suggesting

- geographical overlap of northern and southern hemisphere populations. *Mar. Mammal. Sci.*, 11(4), 554-560.
- Acevedo, J., Aguayo-Lobo, A., Allen, J., Botero-Acosta, N., Capella, J., Castro, C., ... & Stevick, P. T. (2017). Migratory preferences of humpback whales between feeding and breeding grounds in the eastern South Pacific. *Mar. Mammal. Sci.*, 33(4), 1035-1052. <https://doi.org/10.1111/mms.12423>
- Alfaro, E. J. & Cortés, J. (2012). Atmospheric forcing of cool subsurface water events in Bahía Culebra, Gulf of Papagayo, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 60(Supl. 2), 173-186.
- Álvarez, S. L., Benavides-Morera, R., Brenes-Rodríguez, C. L. & Saxon, D. B. (2018). Estructura del fitoplancton en las épocas seca y lluviosa en el golfo de Papagayo, Costa Rica. *Rev. Cien. Mar. Cos.*, 10(2) 9-30. <https://doi.org/10.15359/revmar.10-2.1>
- Arias, A., Pressey, R. L., Jones, R. E., Álvarez-Romero, J. G., & Cinner, J. E. (2016). Optimizing enforcement and compliance in offshore marine protected areas: a case study from Cocos Island, Costa Rica. *Oryx*, 50(1), 18-26. <https://doi.org/10.1017/S0030605314000337>
- Baird, R. W. & Dill, L. M. (1996). Ecological and social determinants of group size in transient killer whales. *Beh. Ecol.*, 7(4), 408-416. <https://doi.org/10.1093/beheco/7.4.408>
- Bessudo, S., Soler, G. A., Klimley, P. A., Ketchum, J., Arauz, R., Hearn, A., ... & Calmettes, B. (2011). Vertical and horizontal movements of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) around Malpelo and Cocos Islands (Tropical Eastern Pacific) using satellite telemetry. *Bol. Inves. Mar. Cost.*, 40, 91-106.
- Bolaños-Jiménez, J., Mignucci-Giannoni, A. A., Blumenthal, J., Bogomolni, A., Casas, J. J., Henríquez, A., ... & Rinaldi, R. (2014). Distribution, feeding habits and morphology of killer whales (*Orcinus orca*) in the Caribbean Sea. *Mamm. Rev.*, 44(3-4), 177-189. <https://doi.org/10.1111/mam.12021>
- Cabezas, Y. (2020, diciembre, 28). Captan espectáculo de orcas en Guanacaste. {Video} <https://www.crhoy.com/ambiente/video-captan-espectaculo-de-orcas-en-guanacaste/>
- Carvache-Franco, M., Carvache-Franco, W., Víquez-Paniagua, A. G., Carvache-Franco, O., & Pérez-Orozco, A. (2021). Satisfaction and Its Relationship with Loyalty in Ecotourism: A Study in Costa Rica. *J. Environ. Manag. Tour.*, 12(3 (51)), 787-796. [https://doi.org/10.14505/jemt.12.3\(51\).18](https://doi.org/10.14505/jemt.12.3(51).18)
- Castro, K. (2019, agosto, 19). ¡Espectacular! Video capta avistamiento de orcas en Quepos. {Video} <https://www.crhoy.com/ambiente/espectacular-video-capta-avistamiento-de-orcas-en-quepos/>
- Chami, R., Cosimano, T., Fullenkamp, C. & Oztosun, S. (2019). La solución de la Naturaleza al cambio climático: una estrategia para proteger a las ballenas puede limitar los gases de efecto invernadero y el calentamiento global. *Finanzas y desarrollo: publicación trimestral del Fondo Monetario Internacional y del Banco Mundial*, 56(4), 34-38.
- Cherson, A. (2014, Setiembre, 26). Orcas at Isla del Coco, Costa Rica: 4. {Video} <https://www.youtube.com/watch?v=xKTe8Fxin-g>
- Cisneros-Montemayor, A. M. & Sumaila, U. R. (2010). A global estimate of benefits from ecosystem-based marine recreation: potential impacts and implications for management. *J. Bioec.*, 12(3), 245-268. <https://doi.org/10.1007/s10818-010-9092-7>

- Claudino-Sales, V. (2019). Cocos Island National Park, Costa Rica. In *Coastal World Heritage Sites* (pp. 321-326). Dordrecht, Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1528-5_47
- Cooper, C. B., Shirk, J. & Zuckerberg, B. (2014). The invisible prevalence of citizen science in global research: migratory birds and climate change. *PLoS one*, 9(9), e106508. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106508>
- Cortés, J., & Quesada-Alpízar, M. A. (2006). Los ecosistemas marinos del Pacífico sur de Costa Rica: estado del conocimiento y perspectivas de manejo. *Rev. Biol. Trop.*, 54(Suppl. 1), 101-145.
- Dahlheim, M. E. & White, P. A. (2010). Ecological aspects of transient killer whales *Orcinus orca* as predators in southeastern Alaska. *Wildlife Biol.*, 16(3), 308-322. <https://doi.org/10.2981/09-075>
- Dickinson, J. L., Zuckerberg, B. & Bonter, D. N. (2010). Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 41, 149-172. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>
- dos Santos, R., & Bessa, E. (2019). Dolphin conservation can profit from tourism and Citizen science. *Environ. Dev.*, 32, 100467. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2019.100467>
- Fertl, D. (1996). Reporte de ballenas asesinas (*Orcinus orca*) alimentándose de un tiburón de la familia carcharhinidae. *Mar. Mamm. Sci.*, 4, 606-611.
- Filatova, O. A., Shpak, O. V., Ivkovich, T. V., Volkova, E. V., Fedutin, I. D., Ovsyanikova, E. N., ... & Hoyt, E. (2019). Large-scale habitat segregation of fish-eating and mammal-eating killer whales (*Orcinus orca*) in the western North Pacific. *Polar Biol.*, 42(5), 931-941. <https://doi.org/10.1007/s00300-019-02484-6>
- Fourriére, M., Alvarado, J. J., Cortés, J., Taylor, M. H., Ayala-Bocos, A., Azofeifa-Solano, J. C., ... & Wolff, M. (2019). Energy flow structure and role of keystone groups in shallow water environments in Isla del Coco, Costa Rica, Eastern Tropical Pacific. *Ecol. Model.*, 396, 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.01.004>
- Franco, L. & Delgadillo, O. (2021). A new sighting of killer whale, *Orcinus orca*, in Caribbean inshore waters off Colombia. *Cienc. Mar.*, 47(1), 61-70. <https://doi.org/10.7773/cm.v47i1.3129>
- González-Fernández, A., Symonds, E. M., Gallard-Gongora, J. F., Mull, B., Lukasik, J. O., Navarro, P. R., ... & Harwood, V. J. (2021). Relationships among microbial indicators of fecal pollution, microbial source tracking markers, and pathogens in Costa Rican coastal waters. *Water Res.*, 188, 116507. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116507>
- Guerrero-Ruiz, M., García-Godos, I. & Urbán, J. (2005). Photographic match of a killer whale (*Orcinus orca*) between Peruvian and Mexican waters. *Aquat. Mamm.*, 31(4), 438-441. <https://doi.org/10.1578/AM.31.4.2005.438>
- Guerrero-Ruiz, M., Gendron, D. & Urbán, J. (1998). Distribution, movements, and communities of killer whales (*Orcinus orca*) in the Gulf of California, Mexico. *Rep. Int. Whal. Comm.*, 48, 537-543.
- Heimlich-Boran, J. R. (1988). Behavioral ecology of killer whales (*Orcinus orca*) in the Pacific Northwest. *Can. J. Zool.*, 66(3), 565-578.
- Herrera, M. (2014, setiembre, 11). Video muestra orcas cazando un tiburón tigre en la Isla del Coco. {Video} <https://www.nacion.com/ciencia/medio-ambiente/video-muestra-orcas-cazando-un-tiburon-tigre-en-la-isla-del-coco/ROZB-M7S6U5BI3OFXHHEB6FVRK4/story/>

- Hoyt, E. & Iñiguez, M. (2008). *The state of whale watching in Latin America*. EE. UU. The Whale and Dolphin Conservation Society.
- Hunt, C. A., Durham, W. H., Driscoll, L. & Honey, M. (2015). Can ecotourism deliver real economic, social, and environmental benefits? A study of the Osa Península, Costa Rica. *J. Sust. Tour.*, 23(3), 339-357. <https://doi.org/10.1080/09669582.2014.965176>
- Jerez, M. (2020, mayo, 2). ¿Efecto pandemia? Pescador se topa con hermosas ballenas orca en Nosara. {Video} <https://amprensa.com/2020/05/video-efecto-pandemia-pescador-se-topa-con-hermosas-ballenas-orca-en-nosara/>
- Martínez-Fernández, D., Montero-Cordero, A. & May-Collado, L. (2011). Cetáceos de las aguas costeras del Pacífico norte y sur de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 59(1), 283-290.
- Martínez-Fernández, D., Montero-Cordero, A., & Palacios-Alfaro, D. (2014). Áreas de congregación de cetáceos en el Pacífico norte de Costa Rica: recomendaciones para la gestión del recurso. *Rev. Biol. Trop.*, 62(4), 99-108.
- May-Collado, L. (2009). Marine mammals. In I. Wehrtmann & J. Cortés (Eds.), *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America* (pp. 479-495). Berlin: Springer.
- May-Collado, L., Amador-Caballero, M., Casas, J. J., Gamboa-Poveda, M. P., Garita-Alpízar, F., Gerrodette, T., ... & Pérez, B. (2018). In M. Rossi-Santos & C. Frinkl (Eds.), *Ecology and conservation of cetaceans in Costa Rica and Panama* (pp. 293-319). Germany: Springer.
- May-Collado, L., Gerrodette, T., Calambokidis, J., Rasmussen, K. & Sereg, I. (2005). Patrones de la distribución de avistamiento de cetáceos en la zona económica exclusiva del Pacífico de Costa Rica basados en datos colectados entre 1979 y 2001. *Rev. Biol. Trop.*, 53(1-2), 249-263.
- May-Collado, L. J. & Forcada, J. (2012). Small-scale estimation of relative abundance for the coastal spotted dolphins (*Stenella attenuata*) in Costa Rica: the effect of habitat and seasonality. *Rev. Biol. Trop.*, 60, 133-142.
- May-Collado, L., & Morales Ramírez, A. (2005). Presencia y patrones de comportamiento del delfín manchado costero, *Stenella attenuata* (Cetacea: Delphinidae) en el Golfo de Papagayo, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 53(1-2), 265-276.
- May-Collado, L. J. & Wartzok, D. (2008). A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation. *J. Mammal.*, 89(5), 1229-1240. <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-A-310.1>
- Mendez, M., Calvo-Valverde, L. A., Maathuis, B. & Alvarado-Gamboa, L. F. (2019). Generation of monthly precipitation climatologies for Costa Rica using irregular rain-gauge observational networks. *Water*, 11(1), 70. <https://doi.org/10.3390/w11010070>
- Montero-Cordero, A. & Lobo, J. (2010). Effect of tourist vessels on the behaviour of the pantropical spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in Drake Bay and Caño Island, Costa Rica. *J. Cet. R. Manag.*, 11(3), 285-291.
- Nalesso, E., Hearn, A., Sosa-Nishizaki, O., Steiner, T., Antoniou, A., Reid, A., ... & Arauz, R. (2019). Movements of scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) at Cocos Island, Costa Rica and between oceanic islands in the Eastern Tropical Pacific. *PLoS one*, 14(3), e0213741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213741>

- Nel-Lo Andreu, M. (2008). Organización y características del turismo rural comunitario en Costa Rica/Structure and characteristics of community-based rural tourism in Costa Rica. *An. Geog. Univ. Complutense*, 12(3), 787-696.
- Olson, P. A. & Gerrodette, T. (2008). *Killer whales of the Eastern Tropical Pacific: a catalog of photo-identified individuals*. EE. UU.: Departamento de Comercio.
- Pacheco, A. S., Castro, C., Carnero-Huaman, R., Villagra, D., Pinilla, S., Denking, J., ... & Urbán, J. (2019). Short Note Sightings of an Adult Male Killer Whale Match. *Aquat. Mamm.*, 45(3), 320-326.
- Palacios-Alfaro, J. D. (2009). First record of the dwarf sperm whale (*Kogia sima*) in Caribbean waters of Costa Rica. Primer registro del cachalote enano (*Kogia sima*) en aguas caribeñas de Costa Rica. *Lat. Am. J. Aquat. Mamm.*, 7(1/2), 103. <https://doi.org/10.5597/lajam00145>
- Parsons, E. C. M., Baulch, S., Bechshoft, T., Bellazzi, G., Bouchet, P., Cosentino, A. M., ... & Sutherland, W. J. (2015). Key research questions of global importance for cetacean conservation. *Endang. Species Res.*, 27(2), 113-118. <https://doi.org/10.3354/esr00655>
- Pitman, R. L., Fearnbach, H., Leduc, R., Gilpatrick Jr, J. W. & Ford, J. K. (2007). 151 Killer whales preying on a blue whale calf on the Costa Rica Dome: genetics, morphometrics, vocalizations and composition of the group. *J. Cetacean Res. Manage*, 9(2), 151-157.
- Power, C. (2014, November, 14). Killer Whales Hunting a Tiger Shark. {Video} https://www.youtube.com/watch?v=P-oO_JIZ8SU
- Rao, T. R. (2018). Trophic Cascades. *Res.*, 23(11), 1205-1213.
- Rasmussen, K., Calambokidis, J., & Steiger, G. H. (2012). Distribution and migratory destinations of humpback whales off the Pacific coast of Central America during the boreal winters of 1996–2003. *Mar. Mamm. Sci.*, 28(3), E267-E279. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2011.00529.x>
- Rasmussen, K., Palacios, D. M., Calambokidis, J., Saborío, M. T., Dalla Rosa, L., Secchi, E. R., ... & Stone, G. S. (2007). Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration. *Biol. Letters*, 3(3), 302-305. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0067>
- Rodríguez-Fonseca, J. (2001). Diversidad y distribución de los cetáceos de Costa Rica (Cetacea: Delphinidae, Physteriidae, Ziphiidae y Balaenopteridae). *Rev. Biol. Trop.* 49(2), 135-143.
- Rodríguez-Fonseca, J. & Fischel-Quirós. A. (2007). *Impacto socioeconómico del turismo de observación de Cetáceos en Costa Rica. Informe Técnico FP-04-07*. Costa Rica. PROMAR-WSPA. Fundación Promar.
- Rodríguez-Herrera, B., Ramírez-Fernández, J. D., Villalobos-Chaves, D., & Sánchez, R. (2014). Actualización de la lista de especies de mamíferos vivientes de Costa Rica. *Mast. Neotr.*, 21(2), 275-289.
- RStudio Team. (2020). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio, PBC, EE. UU. <http://www.rstudio.com/>
- Sáenz, J. C., Wong, G., Carrillo, E., Suárez, A., Zeledón, F., Collado, L. M. & Iñiguez, M. (2004). *Ballenas y delfines de América Central / Whales and Dolphins of Central America*. Costa Rica: Editorial INBio.

- Salinas, M. & Urbán, J. (2006). First mass stranding of killer whales (*Orcinus orca*) in the Gulf of California, Mexico. *Aquat. Mamm.*, 32(3), 265-272.
- Samarra, F. I., Bassoi, M., Béseau, J., Elíasdóttir, M. Ó., Gunnarsson, K., Mruszczok, M. T., ... & Víkingsson, G. A. (2018). Prey of killer whales (*Orcinus orca*) in Iceland. *PLoS one*, 13(12), e0207287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207287>
- Sánchez-Gutiérrez, R., Mena-Rivera, L., Sánchez-Murillo, R., Fonseca-Sánchez, A., & Madrigal-Solís, H. (2020). Hydro-geochemical baseline in a human-altered landscape of the central Pacific coast of Costa Rica. *Environ. Geochem. H.*, 42(9), 2685-2701. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00501-5>
- Secchi, E. & Vaske, T. (1998). Killer whale (*Orcinus orca*) sightings and depredation on tuna and swordfish longline catches in southern Brazil. *Aquat. Mamm.*, 24, 117-122.
- Steiger, G. H., Calambokidis, J., Sears, R., Balcomb, K. C. & Cubbage, J. C. (1991). Movement of humpback whales between California and Costa Rica. *Mar. Mammal Sci.*, 7(3), 306-310. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1991.tb00105.x>
- Steiger, G. H., Calambokidis, J., Straley, J. M., Herman, L. M., Cerchio, S., Salden, D. R., ... & Gabriele, C. M. (2008). Geographic variation in killer whale attacks on humpback whales in the North Pacific: implications for predation pressure. *End. Sp. Res.*, 4(3), 247-256. <https://doi.org/10.3354/esr00078>
- Tassi, F., Vaselli, O., Bini, G., Capecchiacci, F., De Moor, J. M., Pecoraino, G., & Venturi, S. (2018). The geothermal resource in the Guanacaste region (Costa Rica): new hints from the geochemistry of naturally discharging fluids. *Front. Earth Sci.*, 6, 69. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00069>
- Wade, P. R. & Gerrodette, T. (1993). Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. *Rep. Int. Whal.*, 43(477-493).
- Whitehead, H. & Glass, C. (1985). Orcas (killer whales) attack humpback whales. *J. Mamm.*, 66(1), 183-185. <https://doi.org/10.2307/1380982>
- Wilson, C. & Tisdell, C. (2003). Conservación y beneficios económicos en turismo basado en vida silvestre marina: tortugas y ballenas como casos de estudio. *Hum. Dimens. Wildl.*, 8(1), 49-58.
- Winnie Jr, J. & Creel, S. (2017). The many effects of carnivores on their prey and their implications for trophic cascades, and ecosystem structure and function. *Food Webs*, 12, 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2016.09.002>

Al ritmo de la marea: caracterización del paisaje acústico de la zona costera de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica

At the rhythm of the tide: acoustic landscape characterization of the coastal areas of Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica

Ian Portuguese-Brenes^{1,2}, Roberto Vargas-Masis^{3*}, Héctor Perdomo-Velázquez⁴ y Andrea García-Rojas²*

RESUMEN

En los ecosistemas costeros, las geofonías forman parte fundamental del entorno acústico y el impacto del oleaje sobre su geomorfología es un ejemplo de ello. Se colocó una grabadora Audiomoth en cuatro sitios de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica, del 22 de noviembre al 18 de diciembre, 2020. Se programaron para registrar 60 segundos cada 10 minutos durante 24 horas con el objetivo de caracterizar el paisaje acústico asociado al ciclo de mareas de la localidad. De las grabaciones obtenidas, se analizaron: el Índice de Diferencia Normalizada del Paisaje Sonoro (NDSI), las Tecnofonías, la Entropía Acústica (TE) y el Nivel de Presión Sonora (SPL). Estos valores se contrastaron entre sitios mediante un análisis de medias recortadas unidireccionales; se realizó una correlación entre el SPL y el nivel de marea en cada lugar y, por último, se compararon los valores en un mismo punto de muestreo entre pleamar y bajamar. Se encontraron diferencias en todas las comparaciones realizadas; además, en dos sitios se identificó una correlación positiva y se observaron diferencias de SPL entre pleamar y bajamar. El sustrato y la vegetación de cada lugar pudieron influir en estas diferencias. Asimismo, el oleaje modifica la dinámica acústica de algunos sectores significativamente, por lo que pudo haber afectado el paisaje sonoro de esta zona costera.

Palabras clave: mareas, ecosistemas costeros, ecoacústica, geofonías, índices acústicos

- 1 Programa de Manejo de Recursos Naturales, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Estatal a Distancia, Mercedes de Montes de Oca, San José, Heredia, Costa Rica; ian.portuguez@uned.cr*, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7395-7653>
- 2 Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica; ian.portuguez.brenes@est.una.ac.cr*, arturitoportuguez@gmail.com* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7395-7653>; andrea.garcia.rojas@una.cr ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3451-7094>
- 3 Laboratorio de Investigación e Innovación Tecnológica, Vicerrectoría de Investigación, Universidad Estatal a Distancia, Sabanilla, San José, Costa Rica; rovargas@uned.ac.cr ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1244-4381>
- 4 Centro de Estudios Mexicanos, Universidad Nacional Autónoma de México, México.; hperdomo@unam.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3621-3633>

ABSTRACT

In coastal ecosystems, geophonies are a fundamental part of the acoustic landscape, and the impact of waves on their geomorphology is an example of it. An Audiomoth recorder was placed in four coastal sites of Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica, from November 22 to December 18, 2020, and the devices were programmed to record 60 seconds every 10 minutes for 24 hours with the objective of characterizing the acoustic landscape associated to the tidal cycles of this locality. From the recordings, for the Normalized Difference Soundscape Index (NDSI), the Technophones, the Acoustic Entropy (TE), and the Sound Pressure Level (SPL) were analyzed. Comparisons of one-way trimmed means of all indices were made between the four study areas, and a correlation was made between the tide level and the SPL value at each sampling site; finally, these values were compared at high and low tide at each location. Differences were found for all indices between sites, a positive correlation was identified between the SPL of two of the study areas with the tide level, and differences in the SPL were observed between high tide and low tide. The substrate and vegetation of the surveyed region could have influenced these differences. In addition, waves significantly modify the acoustic dynamics of some places, so this factor could have affected the soundscape in this coastal zone.

Keywords: Tides, coastal ecosystems, ecoacoustics, geophonies, acoustic indices

INTRODUCCIÓN

El paisaje acústico está constituido por biofonías, geofonías y antropofonías, sonidos que se ven alterados según el entorno de propagación (Pijanowski *et al.* 2011a), en este, múltiples organismos desarrollan sus actividades de comunicación en función de la reproducción y alimentación (Bormpoudakis *et al.* 2013; Sueur *et al.* 2014).

Las biofonías son los sonidos de origen biológico, que incluyen vocalizaciones usadas para la comunicación en los animales. Las geofonías son aquellos sonidos producidos por el ambiente geofísico, como el sonido del viento, la lluvia o las olas del mar. Las antropofonías son los sonidos que provienen de objetos y actividades humanas, tales como el tránsito de

vehículos, máquinas o equipos de sonido (Pijanowski *et al.* 2011b).

En el nivel marino, se han observado diferencias en los paisajes acústicos de arrecifes en relación con la composición, a pesar de su cercanía (Radford *et al.* 2010). Sin embargo, a diferencia de estos ecosistemas, otros sitios como estuarios o manglares han sido poco estudiados en el nivel de paisaje sonoro, a pesar de considerarse ricos en el ámbito acústico (Monczak *et al.* 2019).

En manglares y estuarios, las geofonías como el viento, la lluvia y el oleaje, constituyen una fuente acústica con intensidades variables que dependen de las condiciones del cuerpo de agua (Wenz, 1962; Hildebrand, 2009). Asimismo, en estos ecosistemas las actividades industriales y las embarcaciones producen un incremento de

antropofonías (Hildebrand, 2009) que posiblemente enmascaran las biofonías, causando efectos negativos en la comunicación de los organismos (Parris & Schneider 2008; Barber *et al.* 2010; Farina, 2014).

El monitoreo acústico es una técnica no invasiva que posibilita evaluar la salud de los ecosistemas y la calidad del hábitat por medio del paisaje sonoro (Chesmore *et al.* 2008). Además, permite investigar sitios de difícil acceso (Blumstein *et al.* 2011) como los manglares y zonas aledañas.

Los manglares son conocidos como ecosistemas de carbono azul (CA), ya que proveen a la vida silvestre costera de hábitats, mejoran la calidad de agua de los acuíferos, mantienen la red trófica alimentaria saludable y evitan la erosión costera (Donato *et al.* 2011; Silveira & Hernández, 2017; Espinoza *et al.* 2019). No obstante, estos ecosistemas están desapareciendo a gran velocidad en el nivel mundial, con una pérdida anual del 1%-2% (Ramírez *et al.* 2018).

Dada la importancia de las áreas costeras y del ambiente acústico de los ecosistemas, el objetivo de esta investigación fue caracterizar el paisaje acústico del ecosistema costero asociado al ciclo de mareas de Punta Morales en Puntarenas de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El monitoreo se realizó en el manglar de Punta Morales, ubicado en el distrito de Chomes, Puntarenas, en el Golfo de Nicoya en Costa Rica (84° 58' 15" O y 10°3' 30" N). Dentro del manglar y alrededores se seleccionaron cuatro puntos de muestreo, dos al norte y dos al sur (Fig. 1). Cada sitio fue caracterizado de forma visual según cuatro factores: el sustrato, la posible interacción humana, la vegetación y la cobertura vegetal (Cuadro 1), así como por los sonidos más característicos de cada lugar (Cuadro 2). figura 2 se observan los picos elevados de frecuencia e intensidad del sonido durante la pleamar y bajamar, las cuales se repiten en ciclos aproximados de seis horas congruentes con los ciclos de mareas.

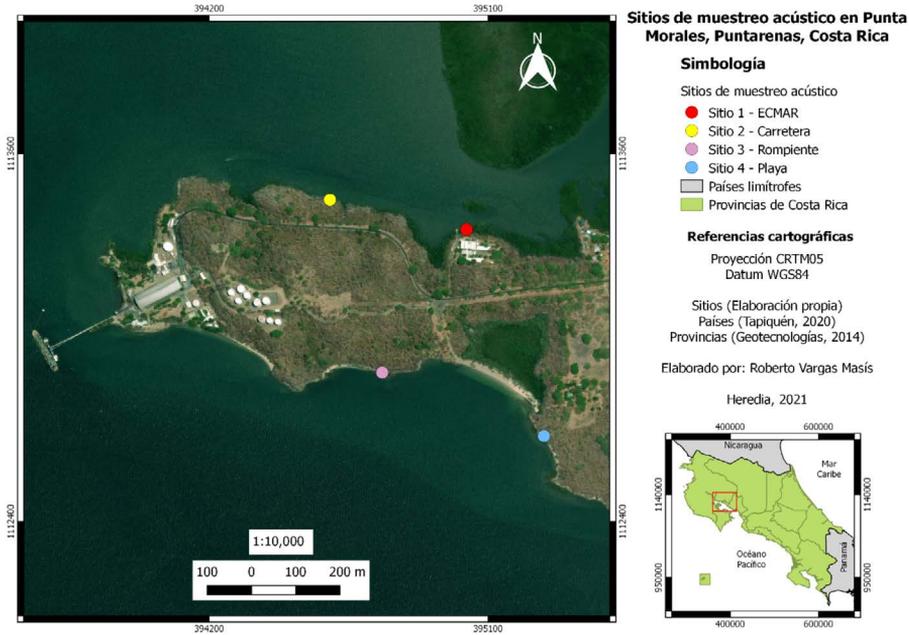


Fig. 1. Ubicación geográfica de los cuatro puntos de muestreo en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica

Fig. 1. Geographical location of the four sampling points in Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica

Cuadro 1. Principales características físicas de cada sitio

Table 1. Main physical characteristics of each site

Sitio	Ecosistema y sustrato	Posible interacción humana	Vegetación	Cobertura vegetal sobre la grabadora
Sitio 1 - ECMAR (Estación Nacional de Ciencias Marino-Costeras)	Manglar con sustrato fangoso.	Planta generadora de energía ubicada a 50 m de la grabadora.	Predomina el mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>) y el mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>).	91%
Sitio 2 - Carretera	Manglar con sustrato fangoso y rocoso, con abundantes desechos humanos.	Vehículos que transitan por la carretera a 90 m de la grabadora.	Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>) y el mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>) con especies comunes de bosque seco.	89%

Sitio	Ecosistema y sustrato	Posible interacción humana	Vegetación	Cobertura vegetal sobre la grabadora
Sitio 3 - Rompiente	Playa rocosa con sustrato rocoso.	Cercano a la playa visitadas y hay escasa circulación de botes.	Las plantas predominantes son los cactus, almendros de playa (<i>Terminalia catappa</i>), el pochote (<i>Bombacopsis quinata</i>) y el indio desnudo (<i>Bursera simaruba</i>).	59%
Sitio 4 - Playa	Combinación de manglar con playa rocosa, arenosa con combinación de sustrato rocoso, arenoso y empedrado.	Cercano a playas visitadas con alta interacción humana (música, vehículos, personas conversando), así como a circulación de botes.	Las plantas predominantes son los cactus, almendros de playa (<i>Terminalia catappa</i>), el pochote (<i>Bombacopsis quinata</i>) y el indio desnudo (<i>Bursera simaruba</i>) con algunos árboles de mangle.	88%

Recolección de datos

Se colocó una grabadora de monitoreo acústico pasivo Audiomoth por sitio, durante 28 días, entre el 22 de noviembre y el 18 de diciembre de 2020. estas fueron configuradas para grabar archivos en formato “wav”, con una frecuencia de muestreo de 48 kHz y 16 bits de resolución, durante un minuto cada 10 minutos por 24 horas y a lo largo del total de días de muestreo (Alfaro-Rojas *et al.* 2020).

Las grabadoras fueron protegidas con bolsas plásticas de cierre hermético para evitar la humedad, la afectación por animales y la salinidad

del ambiente. Se colocaron a alturas variables entre 2 y 3.30 m del suelo, a una distancia mínima de 200 m entre cada una y a distancias variables respecto al límite de marea en pleamar con variación de -5 a 5 metros dependiendo de las condiciones del sitio.

Análisis de datos

Se colectaron un total de 15 316 audios, 3827 del Sitio 1 - ECOMAR, 3 829 del Sitio 2 - Carretera, 3 832 del Sitio 3 - Rompiente y 3 828 del Sitio 4 - Playa.

Se utilizó el programa Raven Pro (© Cornel Lab of Ornithology, Ithaca, EE. UU.) (Yang, Center for

Conservation Bioacoustics, 2019) para visualizar y caracterizar los sonidos presentes en cada sitio de acuerdo con las fuentes de sonidos previamente identificados en el Cuadro 2. Además, los audios fueron procesados en el lenguaje de programación R versión 4.0.3 (R Core Team, 2020) utilizando el paquete Sinax (Ramírez-Alán, 2019), que compila códigos de los paquetes Seewave (Sueur *et al.* 2008a), Soundecology (Villanueva-Rivera & Pijanowski, 2018) y tuneR (Ligges *et al.* 2018).

Se utilizó la función `spl1()`, para obtener el ruido o nivel de presión acústica (SPL, por sus siglas en inglés) promedio de cada grabación, utilizando una calibración de la amplitud con un valor de 1.4 dB según la sugerencia de Alfaro-Rojas *et al.* (2020). Igualmente, utilizando el mismo paquete se ejecutó la función `soundindex1()`, para extraer los valores de otros índices acústicos.

Se utilizaron los índices que se enfocan en medir antropofonías y geofonías principalmente: índice de diferencia normalizada del paisaje

sonoro (NDSI), tecnofonías, entropía total (TE) y ruido (SPL) (Cuadro 3), los dos últimos creados por el autor del paquete Sinax, ajustando códigos de los paquetes recopilados, ver a Ramírez-Alán (2019).

Para evaluar el ruido y el valor promedio de los índices de cada sitio, se realizaron comparaciones entre los cuatro lugares de cada índice mediante una prueba robusta, la cual utiliza una media truncada (Mair & Wilcox, 2020; Ramalle-Gómara & De Llano, 2003) por medio del ajuste de Welch (Welch, 1951), así como una comparación a posteriori utilizando la función `lincon()` (Mair & Wilcox, 2020) con el método “hochberg” (Hochberg, 1988), para determinar si existían diferencias significativas.

Para describir el patrón acústico de las mareas, se realizó una correlación lineal aplicando el método de Sperman (Best & Roberts, 1975), correlacionando la variable de la altura de pleamar y bajamar con las de ruido promedio de cada sitio. Los datos de las mareas se obtuvieron de los de la

Cuadro 2. Principales grupos de fauna y fuentes de ruido de los sitios de estudio
 Table 2. Main groups of fauna and noise sources of the study sites

Sitio	Biofonías	Antropofonías	Geofonías
1-ECMAR	Aves – Piangua (<i>Anadara tuberculosa</i>)	Planta de energía	Oleaje
2-Carretera	Aves	Vehículos	Oleaje
3-Rompiente	Aves	Ninguno	Oleaje, Viento
4-Playa	Aves	Turistas	Oleaje, Viento

Cuadro 3. Caracterización de los índices acústicos evaluados
Table 3. Characterization of the acoustic indices evaluated

Índice	Descripción	Referencia	Factor acústico de importancia
Índice de Diferencia Normalizada del Paisaje Sonoro (NDSI)	Estima el nivel de ruido antropogénico sobre el paisaje sonoro	(Kasten <i>et al.</i> 2012)	Relación biofonías - antropofonías
Tecnofonías	Sonidos generados por el ser humano	(Mullet <i>et al.</i> 2016; Ramírez-Alán, 2019)	Antropofonías
Entropía Acústica o Entropía Total (TE)	Mide la entropía acústica, muestra una correlación entre el número de especies dentro de la comunidad acústica	(Sueur <i>et al.</i> 2008b)	Biofonías, Antropofonías y Geofonías
Ruido (SPL)	Evalúa el nivel promedio de presión sonora (SPL)	(Ramírez-Alán, 2019; Alfaro <i>et al.</i> 2020)	Antropofonías y Geofonías

plataforma Miocimar para Puntarenas (<http://www.miocimar.ucr.ac.cr/>).

A cada base de datos se le adjuntó el valor de SPL promedio más cercano a la hora exacta de pleamar y bajamar, consiguiendo un dato de SPL promedio de cada sitio para cada pleamar y bajamar. Se graficó el valor de SPL promedio de los cuatro sitios y como referencia se graficó el cambio de mareas, por motivos de mejor visualización para esto solamente se utilizaron los datos del 22 al 28 de noviembre del 2020.

Por último, se realizó una prueba de hipótesis para cada sitio, comparando el SPL promedio con los valores de marea alta con los valores de marea baja mediante una prueba t-student y Wilcoxon para datos que

presentaban normalidad y los que no presentaban normalidad, respectivamente. Tanto los análisis estadísticos como las gráficas se realizaron con el lenguaje de programación R versión 4.0.3 (Crawley, 2002; R Core Team, 2020), considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para las pruebas estadísticas.

RESULTADOS

Patrón acústico de las mareas

El patrón acústico de las mareas es fácilmente distinguible mediante la visualización con un espectrograma, en especial en sitios como 3-Rompiente, caracterizados por tener una formación rocosa y con poca obstrucción de vegetación en el área de la costa. En la

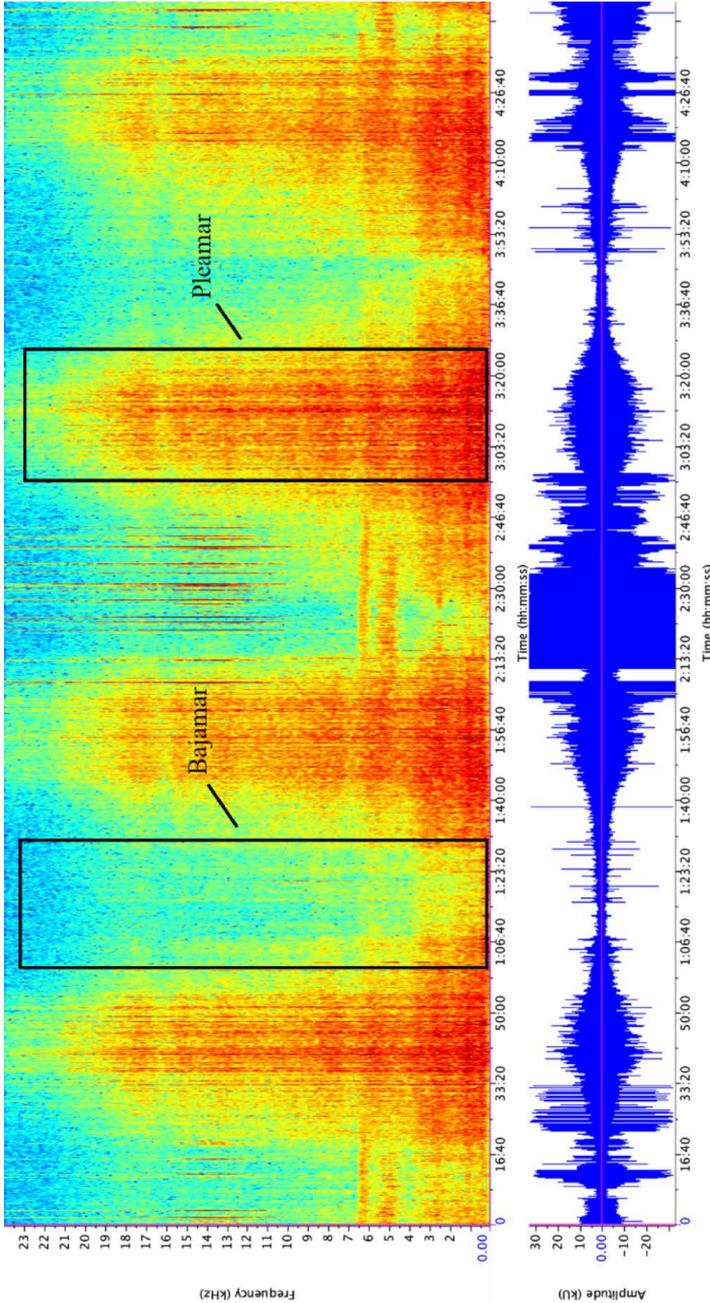


Fig. 2. Visualización de espectrograma y oscilograma correspondiente a dos días de grabaciones del sitio 3-Rompiente en Punta Morales. La escala de tiempo en la figura corresponde a la unión de audios de un minuto cada diez minutos durante aproximadamente 48 horas, por lo que no debe ser interpretada como una escala de tiempo continua

Fig. 2. Visualization of spectrograms and oscillograms corresponding to two days of recordings at Site 3-Rompiente in Punta Morales. The time scale in the figure corresponds to the joining of recordings of one minute each every ten minutes for approximately 48 hours; therefore, it should not be interpreted as a continuous time scale

Índices acústicos

Índice de Diferencia Normalizada del Paisaje Sonoro (NDSI)

El valor promedio del Índice de Diferencia Normalizada del Paisaje Sonoro fue más alto en el sitio 2-Carretera (0.83) respecto al resto, presentando en su mayoría sonidos de origen biofónico proveniente de aves. El valor más bajo se obtuvo en el sitio 3-Rompiente (-0.13) presentando una mayor cantidad de sonidos de origen antropogénicos comparado con los otros sitios (Fig. 3a). Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para los sitios ($F = 13055.33$, $gl = 4867.37$, $P < 0.05$), entre todas las comparaciones de los sitios (prueba Post-Hoc $P < 0.05$).

Tecnofonías

En el índice de Tecnofonías el valor promedio más alto se presentó en el sitio 3-Rompiente (0.87), indicando mayor sonido de fuentes antropogénicas, seguido de 1-ECMAR (0.67), 4-Playa (0.60) y 2-Carretera (0.17) con menor cantidad de sonidos de este tipo (Fig. 3b). Hubo diferencias estadísticamente significativas entre los lugares ($F = 8209.70$, $gl = 3991.3$, $P < 0.05$), entre todas las comparaciones de los sitios (prueba Post-Hoc $P < 0.05$).

Entropía Acústica o Entropía Total (TE)

El sitio 4-Playa presentó el índice de TE más alto (0.93) y el sitio 3-Rompiente el índice más bajo (0.88) (Fig. 3c). Siendo el sitio 4-Playa el que

presenta una mayor señal uniforme, ruidosa en todas las bandas de frecuencia. Hubo diferencias estadísticamente significativas entre sitios ($F = 2286.13$, $gl = 5060.43$, $P < 0.05$), entre todas las comparaciones de los sitios (prueba Post-Hoc $P < 0.05$).

Ruido promedio (SPL promedio)

Las medidas del SPL resultaron significativamente diferentes entre sitios ($F = 950.28$, $gl = 4857.3$, $P < 0.05$). La prueba post-hoc demostró que estas diferencias fueron entre todos los lugares ($P < 0.05$), excepto entre la comparación de 3-Rompiente y 4-Playa ($P > 0.05$). El promedio más bajo se obtuvo en 2-Carretera (61.53 dB) y el más alto en 4-Playa (64.64 dB), el cual se ubica más próximo a Playa Blanca y presenta un sustrato rocoso (Fig. 3d).

Ruido ambiental durante pleamar y bajamar

Del 22 al 28 de noviembre del 2020 hubo 13 eventos de pleamar y 14 bajamar. Al comparar los niveles de ruido promedio entre los cuatro sitios (Fig. 4), se puede observar que el sitio 2-Carretera tuvo los niveles menores (entre 59.85 dB y 63.79 dB) en casi toda pleamar y bajamar. El sitio 1-ECMAR se mantuvo muy constante (promedio de 64.16 dB) y tanto el sitio 3-Rompiente como 4-Playa mantuvieron los picos más altos (74.29 dB y 74.04 dB, según corresponde).

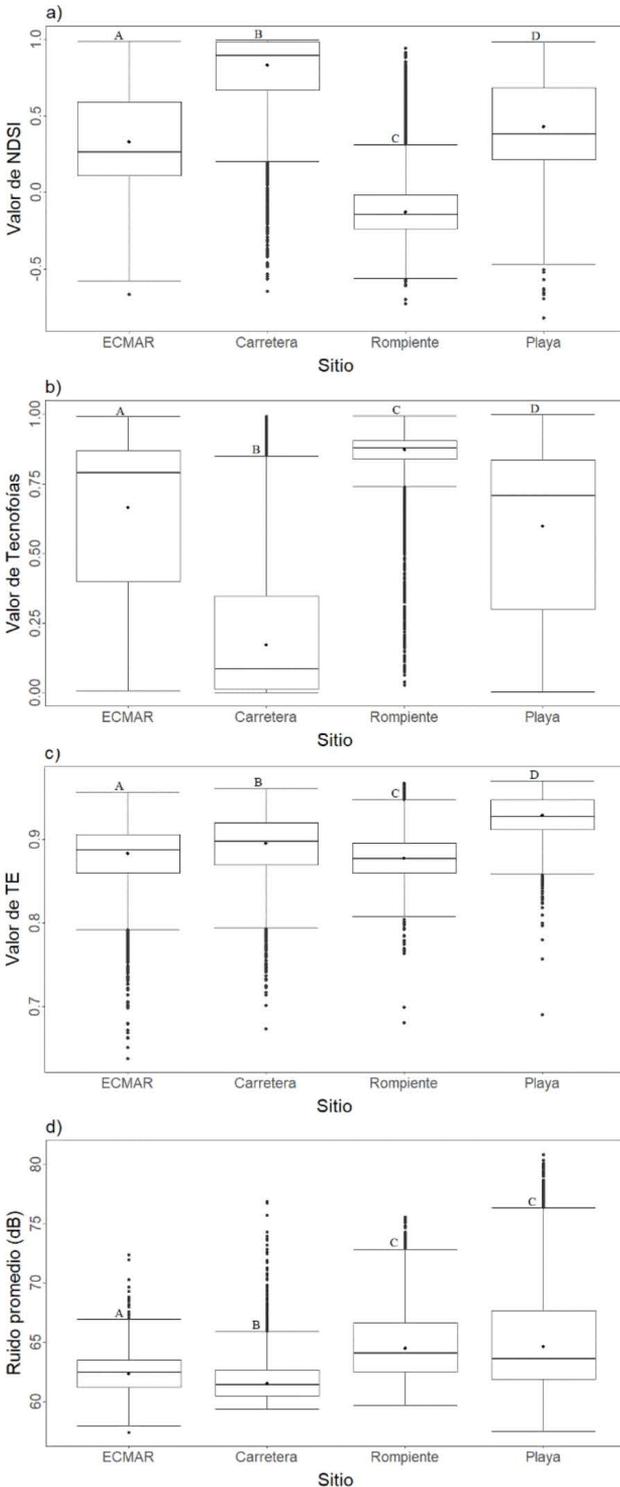


Fig. 3. Valores de índices acústicos por sitio de estudio. a) Índice de Diferencia Normalizada del Paisaje Sonoro. b) Tecnofonías. c) Entropía acústica o Entropía total. d) Ruido promedio; en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Los diagramas de caja representan medianas (línea negra), medias recortadas (punto dentro de la caja), los cuartiles 25 y 75 (cajas) y valores atípicos (puntos fuera de la caja). Letras mayúsculas iguales sobre las cajas indican que no existen diferencias significativas entre los sitios basados en la prueba Post-Hoc ($P > 0.05$)

Fig. 3. Values of acoustic indices by study site. a) Normalized Difference Sound Landscape Index. b) Technophonies. c) Acoustic Entropy or Total Entropy. d) Sound Pressure Level (SPL); in Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Boxplots represent medians (black line), trimmed mean value (point inside the box), 25th and 75th percentiles (boxes), and outliers (points outside the box). Equal capital letters above the boxes indicate that there are no significant differences between the sites based on the Post-Hoc test ($P > 0.05$)

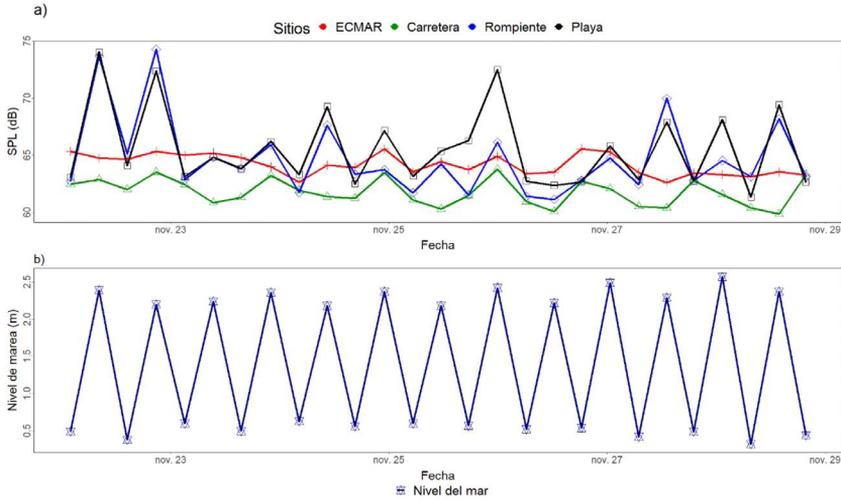


Fig. 4. a) Ruido promedio por sitio de muestreo y b) Nivel de marea en pleamar y bajamar del 22 de al 28 de noviembre del 2020 en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica

Fig. 4. a) Average environmental noise by sampling site and b) Tide level at high and low tide from November 22 to November 28, 2020, in Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica

Los picos bajos de ruido ambiental se encontraron muy cerca de los niveles de SPL promedio del sitio 1-ECMAR. En los cambios de pleamar a bajamar y viceversa se puede identificar un claro patrón en el sitio 3-Rompiente y 4-Playa, donde en cada marea alta hubo niveles altos de SPL promedio y en cada marea baja esos niveles bajaban de modo relevante. El sitio 1-ECMAR y 2-Carretera, a pesar de no tener un patrón tan definido, concuerdan en muchos puntos con el aumento de SPL promedio durante la pleamar y los puntos bajos de SPL promedio en el momento de la bajamar (Fig. 4).

Al analizar todo el periodo de muestreo, se calcularon diferencias (delta) de dB entre pleamar y bajamar, obteniendo valores de $\Delta = 7$, $\Delta = 9.27$, $\Delta = 14.26$, $\Delta = 22.08$, para sitio 1-ECMAR, 2-Carretera, 3-Rompiente y 4-Playa, respectivamente. Asimismo, en el sitio 3-Rompiente se encontró una correlación positiva media, estadísticamente significativa ($R = 0.516$, $P < 0.05$), y en 4-Playa se encontró una correlación positiva fuerte, estadísticamente significativa ($R = 0.739$, $P < 0.05$) con tamaño de efecto medio ($R^2 = 0.55$), indicando que el aumento del ruido se puede explicar en un 55% por el aumento de la marea.

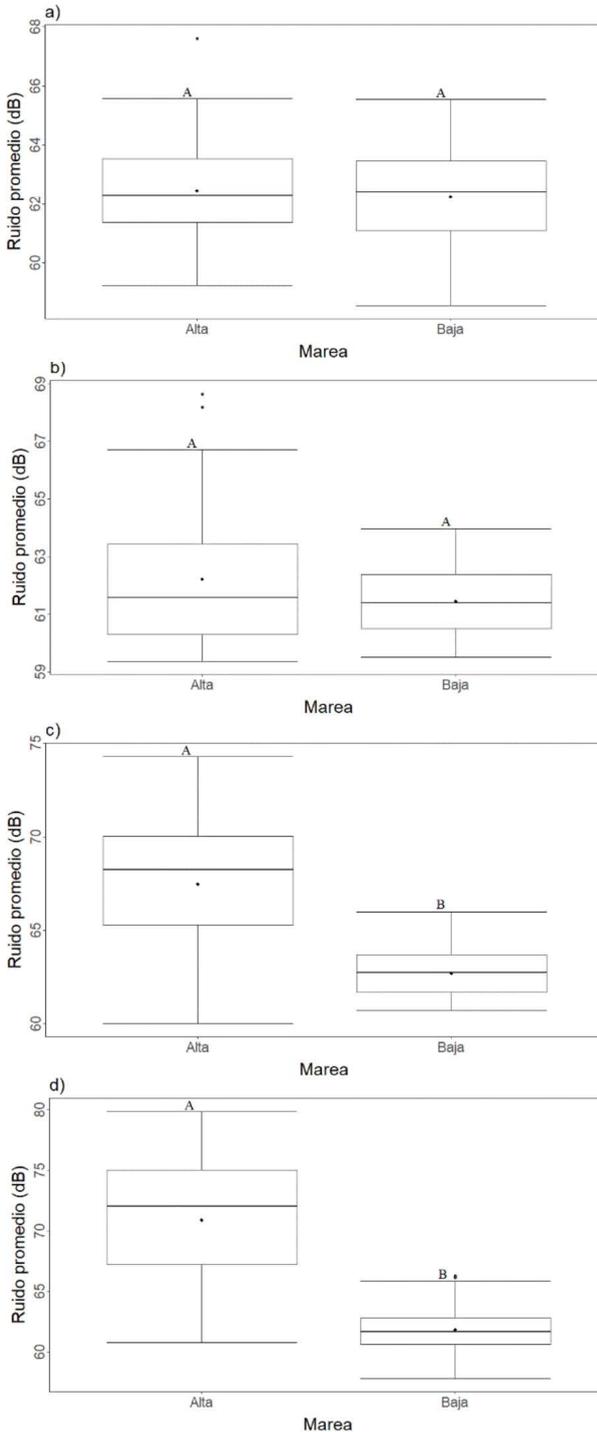


Fig. 5. Comparación de valores de pleamar y bajamar a) Sitio 1-ECMAR. b) Sitio 2-Carretera. c) Sitio 3-Rompiente. d) Sitio 4-Playa en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Los diagramas de caja representan medianas (línea negra), medias (punto dentro de la caja), los percentiles 25 a 75 (cajas) y valores atípicos (puntos fuera de las cajas). Letras mayúsculas iguales sobre las cajas indican que no existen diferencias significativas entre el ruido provocado por las mareas altas y bajas ($P > 0.05$)

Fig. 5. Comparison of high and low tide values a) Site 1-ECMAR. b) Site 2-Carretera. c) Site 3-Rompiente. d) Site 4-Playa in Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Boxplots represent medians (black line), means (point inside the box), 25th and 75th percentiles (boxes), and outliers (points outside the boxes). Equal capital letters on the boxes indicate that there are no significant differences between the noise caused by high and low tides ($P > 0.05$)

Los resultados de correlación entre el nivel de marea y el SPL promedio para los sitios 1-ECMAR ($R = -0.0069$, $P > 0.05$) y 2-Carretera ($R = 0.130$, $P > 0.05$), indican que, a pesar de que la marea sube no hay un aumento correspondiente de ruido en la misma dirección.

Comparación de ruido en marea alta y marea baja

Tanto la comparación de SPL promedio en pleamar y bajamar del sitio 3-Rompiente como del sitio 4-Playa, presentaron diferencias estadísticamente significativas ($t = 8.8122$, $gl = 62.828$, $P < 0.05$; $t = 11.735$, $gl = 61.861$, $P < 0.05$; respectivamente). Por su parte, tanto el sitio 1-ECMAR y 2-Carretera no presentaron diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de ruido producido durante pleamar y bajamar ($t = 0.581$, $gl = 102$, $P > 0.05$; $W = 1501$, $gl = 101$, $P > 0.05$; respectivamente) (Fig. 5).

DISCUSIÓN

De acuerdo con lo esperado, en el sitio 3-Rompiente predominan los sonidos de origen no biológico dado el choque de las olas contra las rocas. Contrario a lo anterior, el sitio 2-Carretera presentó una mayor cantidad de biofonías en relación con las antropofonías similar a lo obtenido por [Eldridge et al. \(2018\)](#). Es posible que el área de manglar y la vegetación adyacente

favorezcan la aparición de organismos que utilicen el sitio 2-Carretera como zona de alimentación o refugio ([Verdugo et al. 2007](#)) favoreciendo el aumento de las biofonías.

Los valores promedio de tecnofonías en el sitio 2-Carretera fueron los más bajos a pesar de que el tránsito vehicular es una de las mayores fuentes de sonido antropogénico ([Barber et al. 2010](#); [Doser et al. 2020](#)). En esta zona la vegetación circundante de mangle y de bosque seco pudo influir como una barrera de protección, tanto del ruido proveniente de la marea, así como del tránsito vehicular ([Ferrini et al. 2020](#)).

Por el contrario, el sitio 3-Rompiente presentó un alto grado de antropofonías, a pesar de que no se observó ninguna fuente cercana de actividad humana (Cuadro 2). Tomando en cuenta que este índice considera todos los sonidos por debajo de los 2 kHz como antropofonías ([Ramírez-Alán, 2019](#)), lo anterior sugiere que, si el sonido de las olas al romper en el sustrato se encuentra en una frecuencia igual o menor a 2 kHz, se clasifica como antropofonía aunque no lo sea.

La dinámica acústica del agua presenta un rango acústico muy amplio ([Karjadi et al. 2011](#)) y, como en este caso, está influenciada por el tipo de sustrato es posible que el índice de tecnofonías este siendo afectado. Además, los sitios difieren en su estructura geomorfológica, tal como se describió

anteriormente, por lo que es importante revisar los patrones acústicos visualmente, para entender esta dinámica (Fig. 2).

Los valores de Entropía Acústica (TE) obtenidos en los sitios fueron altos e indican que hubo una importante heterogeneidad acústica en las zonas estudiadas. [Sueur et al. \(2008b\)](#) y [Gómez et al. \(2018\)](#) indican que esta heterogeneidad puede estar relacionada a una mayor riqueza de biofonías, asumiendo que a mayor cantidad de especies de animales hay mayor cantidad de frecuencias y amplitudes ocupadas en un rango acústico.

En otros estudios realizados en ecosistemas de bosque tropical en Costa Rica, también se han encontrado altos niveles en el índice TE, relacionados con elevados niveles de otros índices acústicos que evalúan biofonías; como es el Índice de Diversidad Acústica (ADI), el Índice de Complejidad Acústica (ACI) y el Índice de Bioacústica (BIO) ([Retamosa-Izaguirre et al. 2018](#)). Respaldando la posibilidad de una gran diversidad de sonidos biológicos de los cuatro sitios de estudio de Punta Morales.

El área más urbanizada es el sitio 1-ECMAR, el cual presentó los valores menores de ruido. El sitio 2-Carretera presentó valores altos de ruido (mayores a 70 dB), sin embargo, estos no influyeron en el promedio de ruido de este (61.53 dB). Lo anterior puede deberse a que, a pesar de

ser considerado un sitio urbanizado se encuentra alejado de la carretera principal y es poco transitado por vehículos, además de contar con vegetación abundante como barrera natural a sus costados ([Han et al. 2018](#)).

Al comparar los resultados de las correlaciones de los cuatro sitios de estudio con sus valores promedio de ruido, se pueden visualizar valores altos en el sitio 3-Rompiente y el 4-Playa, los cuales están relacionados directamente con el efecto del oleaje. Los valores bajos del sitio 1-ECMAR y el 2-Carretera se relacionan con el escaso efecto del oleaje con el sustrato de la costa debido a su morfología, por lo que se dificulta diferenciar entre los períodos de bajamar o pleamar. Lo anterior es un claro ejemplo de cómo es que las características de la zona costera junto a los ciclos de marea y oleaje son determinantes en el paisaje sonoro de un hábitat ([Hildebrand, 2009](#)).

Se ha evidenciado que el ruido puede afectar la dinámica del paisaje a través del espacio y tiempo independientemente de su fuente, ya sea de geofonías o antropofonías ([Pijanowski et al. 2011a](#)). En ambientes marinos se ha demostrado que el sonido antropogénico, como el provocado por algunas embarcaciones, puede interferir en la dinámica de los ecosistemas ([McCormick et al. 2018](#); [Simpson et al. 2016](#)). Por ende, se puede esperar que las diferencias en los niveles de ruido generen cambios drásticos en el

comportamiento de las especies que habitan estos ecosistemas.

La correlación que existe de bajar y pleamar con los sitios 3-Rompiente y 4-Playa, resultan en un gran cambio acústico durante cada transición. El oleaje marino de estas zonas se puede considerar un evento ecoacústico, que puede tener efectos de largo plazo, tanto para las especies marinas como para la fauna terrestre (Farina *et al.* 2021).

Los resultados sugieren que el paisaje sonoro está relacionado con las geofonías particulares del sitio que a su vez están relacionadas con las diferencias geomorfológicas y las condiciones de oleaje. La interacción de estos factores afecta de manera muy particular al paisaje sonoro. Se puede esperar que la fauna asociada a estos sitios cuente con capacidades a largo plazo que les permita estar adaptadas a las geofonías generadas por el oleaje, para permitir su comunicación y supervivencia.

El estudio y el registro de sonidos de naturaleza en ecosistemas costeros toman particular importancia, ya que en estos sitios interactúan gran cantidad de especies, tanto de fauna terrestre como marina, y constituyen espacios con una gran fuente de información acústica, donde es posible generar estudios de ecología acústica de estos organismos (Kasten *et al.* 2012).

CONCLUSIONES

El estudio de zonas costeras desde un enfoque acústico ha sido poco investigado. Estos ambientes que incluyen ecosistemas como los manglares son un espacio idóneo para la investigación de patrones dentro del paisaje sonoro debido a su gran diversidad de geofonías y biofonías, formando un entorno complejo.

Para obtener una comparación real y directa de la interacción acústica de pleamar y bajar basados en índices acústicos en cada sitio, es recomendable considerar variables geológicas y biológicas como: la composición y la estructura del sustrato, la cobertura vegetal (horizontal y vertical), así como aspectos del estudio incluyendo la distancia del dispositivo de grabación al límite de la marea alta, la altura a la que se coloca la grabadora del suelo, las horas de pleamar y bajar, un muestreo más robusto del nivel del mar, la energía del oleaje, el viento, las fases lunares y la actividad humana, entre otras.

Es conocida la importancia del manglar por ser una red de alimentación y refugio para múltiples especies, así como una barrera efectiva contra fuertes vientos provenientes de tormentas y huracanes. Los índices acústicos estudiados muestran parte de este beneficio como barrera de protección, aspecto que fue evidenciado al caracterizar

en el nivel acústico de los sitios 1-ECMAR y 2-Carretera en los que estaban presentes especies de mangle y en donde los sonidos biológicos (biofonías) predominaron sobre los de geofonías.

El monitoreo de las mareas en el nivel acústico puede beneficiar la comprensión del comportamiento de comunicación de la fauna terrestre y aérea asociada a estos ecosistemas. Si bien es cierto, hoy se conocen los efectos que la marea tiene para la biología y la ecología de las especies marinas, es necesario generar mayor conocimiento para las especies terrestre/aéreas, por lo que el monitoreo acústico pasivo a distintas escalas de tiempo puede aportar información valiosa para cumplir con este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Investigación e Innovación Tecnológica (LIIT) de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), por brindarnos la oportunidad y las herramientas para cumplir con los objetivos de esta investigación. A la Estación Nacional de Ciencias Marino-Costeras (ECMAR) de la Universidad Nacional, que nos permitió el uso de las instalaciones cuando fue necesario. A Danny Alfaro, a Katia Alpizar por brindar su apoyo y conocimiento técnico en las giras de campo y a tres revisores anónimos que realizaron

aportes importantes que orientaron a la mejora del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Alfaro-Rojas, D., Portuguese-Brenes, I., Perdomo-Velázquez, H. & Vargas-Masis, R. (2020). Ruido ambiental en áreas verdes urbanas y periurbanas de una microcuenca en Heredia, Costa Rica. *UNED Res. J.*, 12(2), 28-46. <https://doi.org/10.22458/urj.v12i2.2846>
- Barber, J. R., Crooks, K. R. & Fristrup, K. M. (2010). The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends Ecol. & Evol.*, 25(3), 180-189. doi: <https://10.1016/j.tree.2009.08.002>
- Best, D. J. & Roberts, D. E. (1975). Algorithm AS 89: the upper tail probabilities of Spearman's rho. *J. R. Stat. Soc. Ser. C (Appl. Stat.)*, 24(3), 377-379. <https://doi.org/10.2307/2347111>
- Blumstein, D. T., Mennill, D. J., Clemins, P., Girod, L., Yao, K., Patricelli, G., ... & Kirschel, A. N. (2011). Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *J. Appl. Ecol.*, 48(3), 758-767. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01993.x>
- Borpoudakis, D., Sueur, J. & Pantis, J. D. (2013). Spatial heterogeneity of ambient sound at the habitat type level: ecological implications and applications. *Landsc. Ecol.*, 28(3), 495-506. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9849-1>
- Chesmore, D., Frommolt, K.-H., Wolff, D., Bardeli, R. & Huebner, S. (2008, May). *Computational bioacoustics: New tools for assessing biological diversity*. Paper presented in the Ninth meeting

- of the Conference of the Parties (COP 9), Germany.
- Crawley, M. (2002). *The R Book* (2nd ed.). U.K.: John Wiley & Sons Ltd.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kaninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nat. Geosci.*, 4(5), 293-297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- Doser, J. W., Hannam, K. M. & Finley, A. O. (2020). Characterizing functional relationships between anthropogenic and biological sounds: a western New York state soundscape case study. *Landsc. Ecol.*, 35(3), 689-707. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00973-2>
- Eldridge, A., Guyot, P., Moscoso, P., Johnston, A., Eyre-Walker, Y. & Peck, M. (2018). Sounding out ecoacoustic metrics: Avian species richness is predicted by acoustic indices in temperate but not tropical habitats. *Ecol. Indic.*, 95, 939-952. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.012>
- Espinoza, M. Á. L., Crespo, G. D. L. C. R., Junco, O. D. & Hernández, J. G. (2019). Los servicios ecosistémicos en manglares: beneficios a la resiliencia del ecosistema ante cambios climáticos, a la comunidad y su desarrollo local. *REMCA*, 2(2), 120-127.
- Farina, A. (2014). *Soundscape ecology: principles, patterns, methods and applications*. Springer Science & Business Media. EE. UU.: Springer.
- Farina, A., Eldridge, A. & Li, P. (2021). Ecoacoustics and Multispecies Semiosis: Naming, Semantics, Semiotic Characteristics, and Competencies. *Biosemiotics*, 14, 141-165. <https://doi.org/10.1007/s12304-021-09402-6>
- Ferrini, F., Fini, A., Mori, J. & Gori, A. (2020). Role of vegetation as a mitigating factor in the urban context. *Sustainability*, 12(10), 42-47. <https://doi.org/10.3390/su12104247>
- Gómez, W. E., Isaza, C. V. & Daza, J. M. (2018). Identifying disturbed habitats: A new method from acoustic indices. *Ecol. Inform.*, 45, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.03.001>
- Han, X., Huang, X., Liang, H., Ma, S. & Gong, J. (2018). Analysis of the relationships between environmental noise and urban morphology. *Environ. Pollut.*, 233, 755-763. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.126>
- Hildebrand, J. A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 395, 5-20. <https://doi.org/10.3354/meps08353>
- Hochberg, Y. (1988). A sharper Bonferroni procedure for multiple tests of significance. *Biometrika*, 75(4), 800-802. <https://doi.org/10.1093/biomet/75.4.800>
- Karjadi, E. A., Badiey, M., Kirby, J. T. & Bayindir, C. (2011). The effects of surface gravity waves on high-frequency acoustic propagation in shallow water. *IEEE J. Ocean. Eng.*, 37(1), 112-121. <https://doi.org/10.1109/JOE.2011.2168670>
- Kasten, E. P., Gage, S. H., Fox, J. & Joo, W. (2012). The remote environmental assessment laboratory's acoustic library: An archive for studying soundscape ecology. *Ecol. Inform.*, 12, 50-67. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2012.08.001>
- Ligges, U., Krey, S., Mersmann, O. & Schnackenberg, S. (2018). tuneR: analysis of music and speech. See <https://CRAN.R-project.org/package=tuner>.
- Mair, P. & Wilcox, R. (2020). Robust statistical methods in R using the WRS2 package. *Behav. Res. Methods.*, 52(2), 464-488. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01246-w>

- McCormick, M. I., Allan, B. J., Harding, H. & Simpson, S. D. (2018). Boat noise impacts risk assessment in a coral reef fish but effects depend on engine type. *Sci. Rep.*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22104-3>
- Monczak, A., Mueller, C., Miller, M. E., Ji, Y., Borganini, S. A. & Montie, E. W. (2019). Sound patterns of snapping shrimp, fish, and dolphins in an estuarine soundscape of the southeastern USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 609, 49-68. <https://doi.org/10.3354/meps12813>
- Mullet, T. C., Gage, S. H., Morton, J. M. & Huettmann, F. (2016). Temporal and spatial variation of a winter soundscape in south-central Alaska. *Landscape Ecol.*, 31(5), 1117-1137. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0323-0>
- Parris, K. M. & Schneider, A. (2008). Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecol. Soc.* 14(1), 29. <https://doi.org/10.5751/es-02761-140129>
- Pijanowski, B. C., Farina, A., Gage, S. H., Dumyahn, S. L. & Krause, B. L. (2011a). What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. *Landsc. Ecol.*, 26(9), 1213-1232. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9600-8>
- Pijanowski, B. C., Villanueva-Rivera, L. J., Dumyahn, S. L., Farina, A., Krause, B. L., Napoletano, B. M., ... & Pieretti, N. (2011b). Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience*, 61(3), 203-216. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.6>
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Radford, C. A., Stanley, J. A., Tindle, C. T., Montgomery, J. C. & Jeffs, A. G. (2010). Localized coastal habitats have distinct underwater sound signatures. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 401, 21-29. <https://doi.org/10.3354/meps08451>
- Ramalle-Gómara, E. & De Llano, J. A. (2003). Utilización de métodos robustos en la estadística inferencial. *Aten. Primaria*, 32(3), 177-182. [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)79241-5](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)79241-5)
- Ramírez-Alán, O. (2019). Sinax: Sound Index Analysis for Ecologist. R package. Versión 1.3. Disponible en: <https://github.com/osoramirez/Sinax2>
- Ramírez, J. D. R., Montejo, G. D. L. & Guillermo, R. J. C. (2018). Manglares, desarrollo turístico y cambio climático en Playa del Carmen, corazón del caribe mexicano. *Cuad. biodivers.*, (55), 28-40. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2018.55.03>
- Retamosa-Izaguirre M. I., Ramírez-Alán O. & De la O-Castro J. (2018). Acoustic indices applied to biodiversity monitoring in a Costa Rica dry tropical forest. *JEA.*, 2(1), 1-1. <https://doi.org/10.22261/JEA.TNW2NP>
- Silveira, J. A. H. & Hernández, C. T. (2017). Carbono azul, manglares y políticas públicas. *Elementos para Pol. Públic.* 1(1), 43-52.
- Simpson, S. D., Radford, A. N., Holles, S., Ferri, M. C., Chivers, D. P., McCormick, M. I. & Meekan, M. G. (2016). Small-Boat Noise Impacts Natural Settlement Behavior of Coral Reef Fish Larvae. In A. Popper & A. Hawkins (Eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II. Advances in Experimental Medicine and Biology* (pp. 1041-1048). EE. UU.: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2981-8_129

- Sueur, J., Aubin, T. & Simonis, C. (2008a). Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*, 18(2), 213-226. <https://doi.org/10.1080/09524622.2008.9753600>
- Sueur, J., Pavoine, S., Hamerlynck, O. & Duvail, S. (2008b). Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal. *PLoS one.*, 3(12), e4065. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004065>
- Sueur, J., Farina, A., Gasc, A., Pieretti, N. & Pavoine, S. (2014). Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation. *Acta. Acust. United Acust.*, 100(4), 772-781. <https://doi.org/10.3813/AAA.918757>
- Verdugo, F. J. F., Hernández, C. A. & Pardo, D. B. (2007). Ecosistemas Acuáticos costeros: Importancia, retos y prioridades para su conservación. En O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez & L. Zambrano (Eds.), *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (pp. 147-166). México: Everest Mexicana.
- Welch, B. L. (1951). On the comparison of several mean values: an alternative approach. *Biometrika*, 38(3/4), 330-336. <https://doi.org/10.2307/2332579>
- Wenz, G. M. (1962). Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, 34(12), 1936-1956. <https://doi.org/10.1121/1.1909155>
- Villanueva-Rivera, L. J. & Pijanowski, B. C. (2018). Package 'soundecology'. *R package version*, 1(3), 3. <https://CRAN.R-project.org/package=soundecology>
- Yang, K. L. Center for Conservation Bioacoustics. (2019). Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.6.1) [Computer software]. EE: UU.: The Cornell Lab of Ornithology. <http://ravensoundsoftware.com/>

Composición de los desembarques de la pesca artesanal en los puertos de Boca Parita y El Agallito, Pacífico panameño

Composition of artisanal fishing landings in the ports of Boca Parita and Agallito, Panamanian Pacific

Yarkelia Aneth Vergara-Frías¹, Yolani Aibeth Robles-Pineda^{2*} y Ángel Javier Vega^{2,3}

RESUMEN

Para los puertos de Boca de Parita y El Agallito, en el Pacífico panameño, se contabilizó la biomasa desembarcada entre el 2011 y 2015, adicionalmente, se desarrollaron muestreos de desembarque para identificar, medir y pesar las especies y cuantificar su aporte en número y peso, además de registrar los precios pagados al pescador. Los resultados indican que entre ambos puertos se comercializaron 2 760 toneladas de productos pesqueros, donde el 74.5% correspondió a Boca de Parita y el 25.5% a El Agallito. En los desembarques se identificaron 38 especies, donde las más abundantes: *Cynoscion phoxocephalus* (Sciaenidae), *Scomberomorus sierra* (Scombridae) y *Lutjanus guttatus* (Lujanidae). Más de 90% del producto analizado fue de primera y segunda calidad, según precio de comercialización. La distribución de tallas, en las especies con un tamaño de muestra superior a 100 individuos, y para las cuales se encontró información sobre la media reproductiva (L_{50}), refleja que solo en *Caranx vinctus* y *Centropomus medius*, más del 80% de los desembarques estuvo compuesto por ejemplares maduros, en *Lutjanus guttatus* y *Scomberomorus sierra* el 49% y 53%, y en *Cynoscion phoxocephalus*, *Caranx caballus*, y *Cynoscion albus*, el porcentaje fue de 19, 5% y 0%, respectivamente. Esto indica que es necesario establecer políticas de manejo, donde se instauren regulaciones de tallas de captura y zonas de pesca que garanticen que la actividad esté dirigida a la captura de individuos que se hayan reproducido, como primer paso para garantizar la sostenibilidad de la pesca artesanal en el golfo de Parita.

Palabras claves: pesca artesanal, pesca comercial, biomasa desembarcada, Bahía de Parita, talla de captura

- 1 Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá, ciudad de Panamá, Panamá. yvergara52@hotmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2818-6743>
- 2 Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en el Parque Nacional Coiba, Universidad de Panamá (CCIMBIO-CRUV-UP), Calle 10, Santiago de Veraguas, Panamá. angel.vega@up.ac.pa ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9535-3348>, yolani.robles@up.ac.pa* ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4140-9235>
- 3 Estación Científica Coiba AIP. Parque Nacional Coiba.

ABSTRACT

For the ports of Boca de Parita and El Agallito, in the Panamanian Pacific, biomass landed was counted for the period between 2011 and 2015. The individuals in these landings were also identified, measured and weighed, and the prices paid by intermediaries to fishermen were recorded. The results of these efforts indicate that a total of 2 760 tons of fishery products from both ports were marketed, with 74.5% of the total landed at Boca Parita and the remainder at El Agallito. In the landings, 38 species were identified, of which the most abundant: *Cynoscion phoxocephalus* (Scianidae), *Scomberomorus sierra* (Scombridae) and *Lutjanus guttatus* (Lutjanidae). For both ports, over 90% of landings consisted of first and second quality products in terms of market price. Size distributions for species with a sample size of more than 100 individuals for which data on mean reproductive size (L50) was also available indicate that in the cases of *Caranx vinctus* and *Centropomus medius*, over 80% of landings consisted of mature individuals, while for *Lutjanus guttatus* and *Scomberomorus sierra* 49% and 53%, respectively, of individuals were mature. The percentages of mature individuals of *Cynoscion phoxocephalus*, *Caranx caballus* and *Cynoscion albus* were 19, 5 and 0%, respectively. This indicates a need to establish management policies which regulate catch size and/or establish no-take zones that guarantee the capture of individuals that have already reproduced, as a first step in ensuring the sustainability of artisanal fishery in the Parita Gulf.

Keywords: Artisanal fishery, commercial fishery, landed biomass, Parita Bay, catch size

INTRODUCCIÓN

El manejo de la pesca artesanal en el Pacífico panameño presenta una serie de inconvenientes, tales como: bases de datos deficientes, estrategias pesqueras carentes de validez científica, conflictos en el uso de los recursos y su ineficiente (Maté, 2005). Parte de esta problemática se ha tratado de resolver a través del desarrollo de planes de manejo en áreas protegidas, en los cuales se incluyen planes de aprovechamiento pesqueros sostenibles (Autoridad Nacional del Ambiente, 2009).

De manera general, para el manejo pesquero, este tipo de debilidades crean incertidumbre sobre el estado

de los recursos (Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón, 2011), e inciden sobre una gestión exitosa de la actividad, la cual depende del cumplimiento de múltiples objetivos, enmarcados en aspectos biológicos, ecológicos y socioeconómicos (Liu *et al.* 2016).

Es así como, estudios sobre pesquerías buscan llenar vacíos de información sobre los sistemas de pesca, que han llevado al desarrollo de investigaciones que aporten datos sobre las especies objetivo, los ecosistemas y las operaciones de las flotas (González-Becerril *et al.* 2000; Guzmán-Mora & Molina-Ureña, 2008; Vázquez-Hurtado *et al.* 2010; Gutiérrez-Zavala & Cabrera-Mancilla, 2012; Harper *et al.* 2014).

Por otro lado, con la revisión de datos históricos de pesca, se ha logrado, en algunos casos, reconstruir el comportamiento de las capturas, todo esto con el propósito de mejorar la calidad de la información que pueda utilizar el administrador pesquero (Valverde, 2013; Harper *et al.* 2014).

En Panamá, se le ha prestado mayor atención a la pesca industrial, con relación a la artesanal, lo que ha llevado a tener mejores datos de esta actividad, con información recopilada desde los años 1950, ya que esta se desembarca en un número limitado de puertos, sobre todo en Vacamonte (Valverde, 2013; Harper *et al.* 2014; Castrellón & Bucarán, 2020).

Por su parte la pesca artesanal, que descarga sus productos en unos 240 sitios, entre puertos y desembarcaderos (ARAP, 2017), se ha convertido en un problema para recopilación de datos, sobre todo por las debilidades institucionales de falta de recurso y personal capacitado (Castrellón & Bucarán, 2020).

Probablemente, la mayor cantidad de información biológica y de pesca artesanal de escama está circunscrita a áreas protegidas, como el golfo de Montijo y el Parque Nacional Coiba. Es así como se cuenta con información sobre esciéndidos, lutjánidos y escómbridos (Vega *et al.* 2008; Bonilla-Gómez *et al.* 2013; Vega *et al.* 2013), pargo, cherna y dorado (Guzmán *et al.* 2015; Vega *et al.* 2016) y tiburón

(Robles *et al.* 2015; Guzmán *et al.* 2020).

Esta información, más allá de su incorporación para el desarrollo de planes de manejo de áreas protegidas, no ha incidido en la toma de decisiones sobre la gestión pesquera en el país. Por ejemplo, se carece de legislaciones sobre tallas mínima de captura en peces, cuotas y protección de áreas de crianza.

El golfo de Parita, a pesar de que cuenta con áreas importantes de pesca, carece de información que apoye a los tomadores de decisiones para crear políticas de manejo para mejorar la administración pesquera en la zona. En este sentido, se analiza la composición de los desembarques de la actividad artesanal y la relación entre la estructura de tallas y la longitud media reproductiva de las especies más abundantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en los puertos de Boca de Parita (8°01' 06.13" N y 80° 27' 15.38" W) y El Agallito (7° 59' 27.63" N y 80° 24' 01.04" W), donde se desembarcan capturas procedentes de al menos 30 puntos de pesca donde tienen actividad las embarcaciones artesanales (Fig. 1).

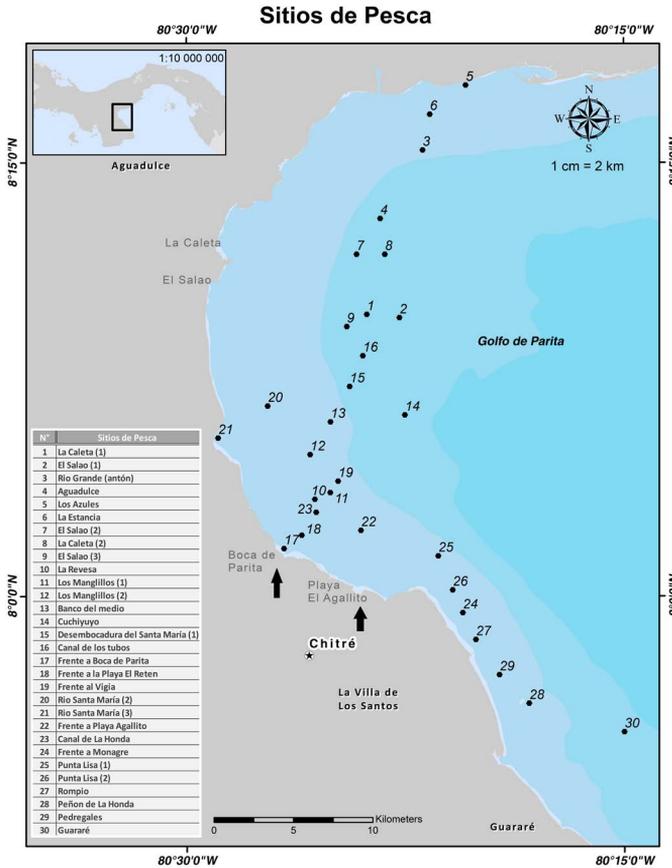


Fig. 1. Sitios de pesca artesanal en la Bahía de Parita. Las flechas indican los puntos de desembarque: Boca de Parita y el Agallito

Fig. 1. Artisanal fishing sites in Parita Bay. Arrows indicate landing points: Boca de Parita and Agallito

Muestréos: los datos de desembarque 2011-2015 fueron proporcionados por la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP), sede de Herrera, los cuales incluían descargues (kg), especies, artes, fechas y sitios de pesca. Para tallas y pesos se realizaron muestréos entre junio y diciembre de 2015, con visitas diarias a cada puerto

durante tres días a la semana, cada semana.

En cada visita se tomaron muestrás de las canastas. Cuando había pocos especímenes se registraron todos y cuando el desembarque incluía muchos individuos de algunos grupos se tomaban ejemplares al azar de diferentes cestas. Cada ejemplar fue identificado utilizando literatura especializada (Bussing & López, 1993; Fischer *et al.* 1995; Robertson & Allen, 2015) y se le registró el largo total con un ictiómetro (cm) y peso total con una balanza digital (0.1 g).

Las empresas comercializadoras, en ambos puertos, suministraron el precio de pago al pescador de los productos pesqueros, lo que permitió identificar las especies que pertenecer a primera, segunda y tercera categoría. Para comparar biomasa desembarcada por año, en ambos puertos, se aplicó la prueba Kruskal Wallis para un $\alpha=0.05$ (Zar, 2009).

RESULTADOS

Entre 2011 y 2015 se desembarcaron en los puertos de Boca de Parita y El Agallito 2 760 toneladas en pesca de escama. Del total, 2 060 (74.5%) correspondió al primer puerto y 700 (25.5%) al segundo. Por año de desembarque se aprecia un ligero aumento en el 2013, comparado con los restantes años en ambos puertos, aunque sin diferencias significativas ($P > 0.05$) (Fig. 2).

Composición de los desembarques: en total se analizaron 5 342 ejemplares incluidos en 38 especies (fig. 3, cuadro 1). Con base en esa cantidad, los mayores aportes lo hicieron las familias Sciaenidae, Lutjanidae, Scombridae y Carangidae y por especies, las que presentaron mayor cantidad de individuos fueron *Cynoscion phoxocephalus* (Sciaenidae), *Scomberomorus sierra* (Scombridae) y *Lutjanus guttatus* (Lutjanidae) (Fig. 3).

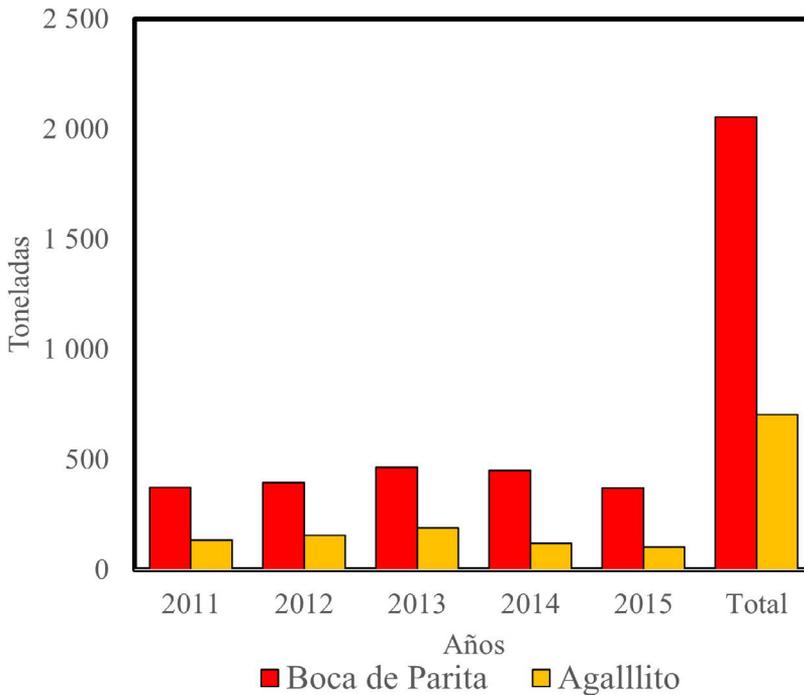


Fig. 2. Biomasa en toneladas registrada por puerto de desembarque. Capturas procedentes del golfo de Parita, Pacífico de Panamá. Fuente: empresas comercializadoras

Fig. 2. Biomass recorded by landing port: Catches from Parita Gulf in the Panamanian Pacific. Source: trading companies

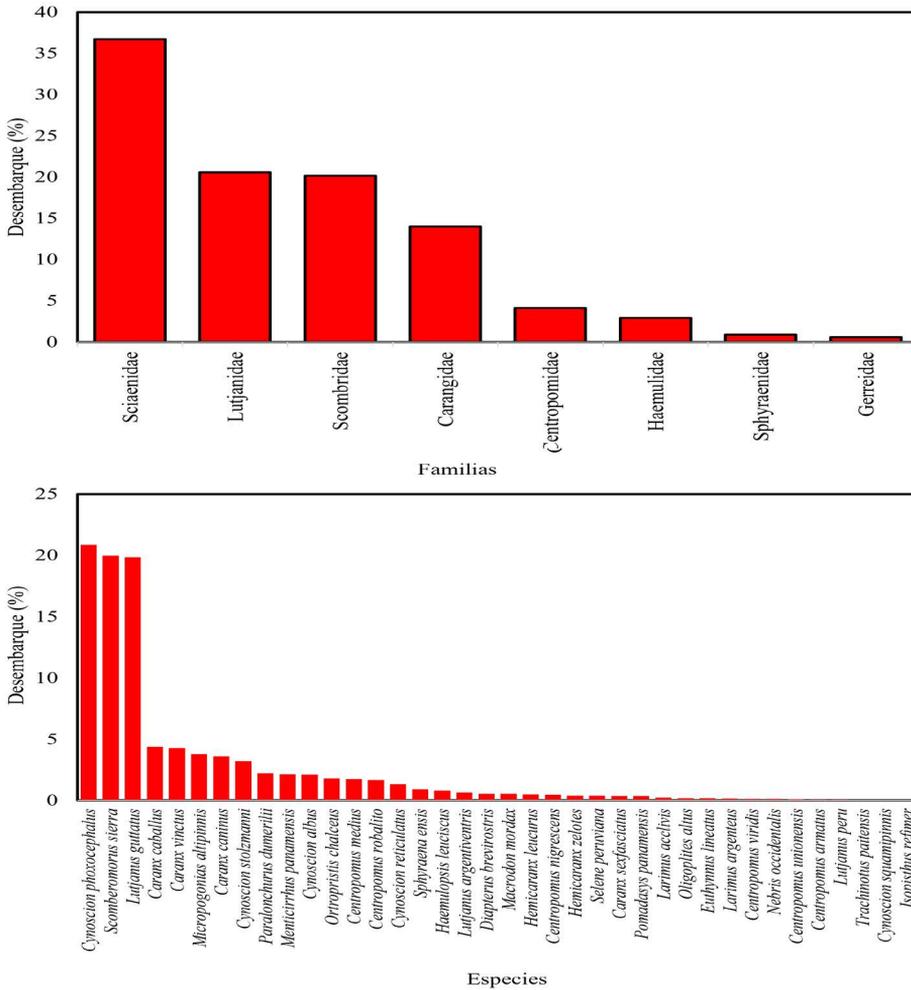


Fig. 3. Composición de los desembarques por familia y especies. Muestras realizadas en empresas comercializadoras de Boca de Parita y El Agallito, Pacífico de Panamá
 Fig. 3. Catch composition by family and species. Sampling was carried out at trading companies from the ports of Boca de Parita and Agallito, in the Panamanian Pacific

Tallas y pesos: el 78% de las especies desembarcadas se incluyen en las familias Sciaenidae (13), Carangidae (9) y Centropomidae (6). El 74% se ubicó en longitudes y pesos inferiores a los 40 cm y 500 g, excepto aquellas que alcanzan tamaños relativamente

grandes, que sobrepasan los 90 cm de longitud total, como algunas corvinas (*Cynoscion albus*), róbalo (*Centropomus nigrescens* y *C. viridis*), pargo (*Lutjanus peru*) y organismos pelágicos como *Scomberomorus sierra* y *Euthynnus lineatus* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tallas y pesos de las principales especies desembarcadas en los puertos de Boca de Parita y El Agallito, Pacífico de Panamá

Table 1. Size and weight of the main species landed in the ports of Boca de Parita and El Agallito, in the Panamanian Pacific

Familia	+Especie	LT (cm)		PT (g)		N
		Media	DE	Media	DE	
Carangidae	<i>Caranx caballus</i>	29.79	4.41	328.65	195.01	234
	<i>Caranx caninus</i>	26.38	3.99	262.06	129.51	192
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	27.53	7.85	334.63	491.66	19
	<i>Caranx vinctus</i>	31.37	8.68	333.47	171.30	227
	<i>Hemicaranx leucurus</i>	28.31	5.31	254.65	147.53	26
	<i>Hemicaranx zelotes</i>	32.74	1.04	372.00	29.89	20
	<i>Oligoplites altus</i>	45.40	2.63	849.50	124.43	10
	<i>Selene peruviana</i>	31.10	2.93	318.50	76.16	20
	<i>Trachinotus paitensis</i>	20.60		114.00		1
Centropomidae	<i>Centropomus armatus</i>	34.88	2.46	368.54	56.70	4
	<i>Centropomus medius</i>	46.10	7.75	825.51	420.68	104
	<i>Centropomus nigrescens</i>	40.05	5.93	671.37	267.02	24
	<i>Centropomus robalito</i>	30.26	3.30	351.57	168.00	89
	<i>Centropomus unionensis</i>	32.30	3.40	476.27	147.85	5
	<i>Centropomus viridis</i>	63.50	10.45	1 731.15	594.41	6
Gerreidae	<i>Diapterus brevirostris</i>	25.03	1.74	309.95	66.14	30
Haemulidae	<i>Haemulopsis leuciscus</i>	24.07	3.77	242.99	157.55	42
	<i>Orthopristis chalceus</i>	22.63	1.36	197.45	45.95	96
	<i>Pomadasys panamensis</i>	22.21	3.33	668.45	192.35	19
Lutjanidae	<i>Lutjanus argentiventris</i>	28.04	3.42	372.38	149.87	35
	<i>Lutjanus guttatus</i>	29.86	4.80	366.39	180.67	1 060
	<i>Lutjanus peru</i>	43.67	2.36	1 200.06	256.11	3
Sciaenidae	<i>Cynoscion albus</i>	42.45	19.04	1 284.05	2 631.15	113
	<i>Cynoscion phoxocephalus</i>	34.08	3.92	486.51	154.01	1 114
	<i>Cynoscion reticulatus</i>	33.51	3.89	408.41	155.95	71
	<i>Cynoscion squamipinnis</i>	42.00		453.59		1
	<i>Cynoscion stolzmanni</i>	37.74	4.46	510.87	183.80	171
	<i>Isopisthus remifer</i>	29.00		215.00		1
	<i>Larimus acclivis</i>	24.67	1.97	263.86	102.46	13
	<i>Larimus argenteus</i>	28.21	1.87	307.79	107.86	7
	<i>Macrodon mordax</i>	33.19	5.24	345.53	182.27	30
	<i>Menticirrhus panamensis</i>	32.69	4.01	480.99	204.98	114
	<i>Micropogonias altipinnis</i>	30.56	3.51	346.54	152.61	202
	<i>Nebris occidentalis</i>	29.70	2.87	277.03	81.57	6
	<i>Paralanchurus dumerilii</i>	27.51	2.88	256.55	205.24	118
Scombridae	<i>Euthynnus lineatus</i>	53.70	2.06	1 944.80	336.50	10
	<i>Scomberomorus sierra</i>	48.51	6.90	596.98	298.16	1 068
Sphyraenidae	<i>Sphyraena ensis</i>	57.11	7.20	797.96	210.32	48

La distribución de tallas, en las especies con un tamaño de muestra superior a 100 ejemplares y para las cuales se encontró información sobre la longitud media reproductiva (L_{50}), refleja que solo en *Caranx vinctus* y *Centropomus medius*, más del 80% de

los desembarques estuvo compuesto por individuos maduros, en *Lutjanus guttatus* y *Scomberomorus sierra* el 49% y 53%, y en *Cynoscion phoxocephalus*, *Caranx caballus*, y *Cynoscion albus*, el porcentaje fue de 19, 5 y 0, respectivamente (Fig. 4).

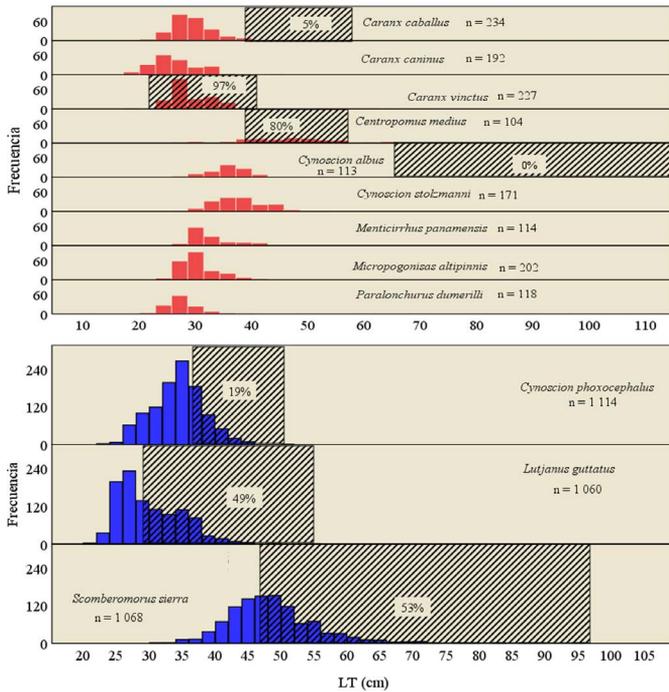


Fig. 4. Estructura de tallas de las especies con más de 100 individuos en los muestreos de desembarque. Muestreos realizados en los puertos de Boca de Parita y El Agallito, Pacífico de Panamá, entre junio y diciembre de 2015. El sombreado representa el porcentaje de individuos ubicados por encima de la talla media reproductiva (L_{50}). La L_{50} para algunas especies, se obtuvo de Aguirre-Villaseñor *et al.* 2006, Vega *et al.* 2011, Robles & Montes, 2011, Espino-Barr *et al.* 2012, Mair *et al.* 2012. Fig. 4. Size structure of species with landing site samples of over 100 individuals. Sampling conducted at the ports of Boca de Parita and Agallito, in the Panamanian Pacific, between June and December of 2015. Shading represents the percentage individuals over mean reproductive size (L_{50}). The (L_{50}) parameter was obtained from Aguirre-Villaseñor *et al.* 2006, Vega *et al.* 2011, Robles & Montes, 2011, Espino-Barr *et al.* 2012, Mair *et al.* 2012

Comercialización: la venta de los productos pesqueros se realiza según categorías, donde el pescado de primera incluye a los pargos del género *Lutjanus* (Lutjanidae), corvinas del grupo *Cynoscion* (Sciaenidae) y róbalos (Centropomidae); el de segunda incluye a *Scomberomorus sierra*, la cojinúa (*Caranx caballus*), el jurel (*Caranx caninus*) y algunos esciénidos (*Menticirrhus panamensis* y *Micropogonia altipinnis*).

El resto de los desembarques analizados se agrupan como producto de tercera clase o revoltura. Los pagos a pescadores, en dólares estadounidenses, según grupo de comercialización estuvo entre 1.50 y 1.25, para pescado de primera, el de segunda entre 0.80 y 0.60 y el de tercera de 0.15 y 0.60, según época del año, donde los mejores precios se obtienen hacia las festividades de Semana Santa.

Según estas categorías, al analizar la contribución en peso de los desembarques el 54% correspondió a producto de primera clase, el 41% a segunda y el restante 5% a tercera o revoltura. En número de individuos la contribución por grupo de comercialización fue de 52%, 40% y 8%, respectivamente (Fig. 5).

DISCUSIÓN

Para el golfo de Montijo, registros oficiales (2008-2014), indican que los mayores desembarques de productos pesqueros, aunque en menor magnitud,

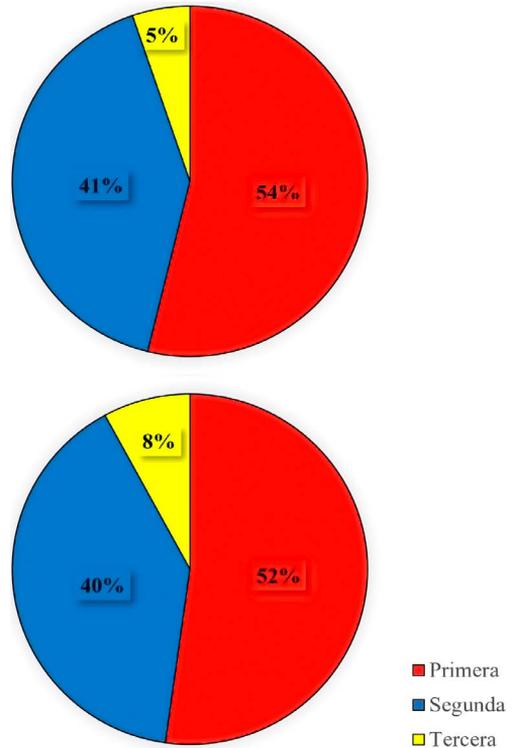


Fig. 5. Aporte porcentual de las especies, según categoría de comercialización. A: distribución según peso de los individuos, B: distribución según cantidad de individuos. Muestreos realizados en empresas comercializadoras de Boca de Parita y El Agallito, Pacífico de Panamá

Fig. 5. Species percentage contribution according to marketing category. A: weight distribution of individuals, B: landed amount distribution. Sampling was carried out at marketing companies from the ports of Boca de Parita and Agallito, in the Panamanian Pacific

se presentaron en el año 2013, con 392 toneladas (Virola, 2014), lo cual coincide con la tendencia observada en Boca de Parita y el Agallito.

Es importante resaltar que la información del golfo de Montijo es oficial, por lo que pueden tener un sesgo asociado a los subregistros por la poca sistematicidad en la captura de la información, a diferencia de los datos obtenidos de las empresas en Boca de Parita y el Agallito, donde el reporte es más confiable, ya que capturan toda la información de desembarque, debido a que están vinculados a procesos contables de compra y venta.

El total de especies registradas es bajo con relación a otros estudios desarrollados en ambientes similares; para el área costera entre San Lorenzo y Pixvae, en el golfo de Chiriquí, se comunicaron 111 especies asociadas a la pesca Ribereña (Vega *et al.* 2011), para Manglares de David 142 (Robles & Montes 2011) y para el golfo de Montijo 188 (Vega, 2014).

Lo anterior se explica en función del mayor esfuerzo de muestreo realizado en estos sistemas, en comparación con el presente trabajo, sobre todo porque no se completó un ciclo anual, lo que puede incidir en la ausencia de especies que se incorporan a la pesca en la temporada seca (enero a abril), y el inicio de las lluvias (abril a junio).

Tanto para Boca de Parita como para el Agallito, las familias con mayor representatividad numérica en

los desembarques fueron Sciaenidae, Scombridae y Lutjanidae, en las cuales algunas de sus especies se capturan en áreas cercanas a la costa y a las zonas estuarinas.

Es así como, las especies con mayor cantidad de individuos en las capturas fueron *Cynoscion phoxocephalus*, *Scomberomorus sierra* y *Lutjanus guttatus*, las cuales son típicas de la pesca que ocurren en la parte externa de los estuarios (Vega *et al.* 2008; Robles & Montes, 2011; Vega *et al.* 2013; 2014) o a lo largo de frentes de playas entre San Lorenzo y Pixvae, en el golfo de Chiriquí (Vega *et al.* 2011), excepto *Lutjanus guttatus* que se pesca desde áreas estuarinas hasta montículos submarinos, islas e islotes en la plataforma continental (Robles & Montes 2011; Vega *et al.* 2016).

La longitud de captura está directamente relacionada a la que alcanza el pez, la zona y profundidad de la pesca y el arte utilizado, que define una selectividad (Christiansen *et al.* 2020). De las 13 especies a las cuales se le analizó la estructura de tallas, solo para siete se encontró información publicada sobre media reproductiva (L_{50}).

El análisis de las tallas de captura en función de la L_{50} refleja que solo en tres de las 13 especies analizadas, más del 50% de los individuos superaron la media reproductiva, en las restantes nueve, el porcentaje fue inferior a 50%, donde *Cynoscion albus* y *Caranx caballus* presentaron en más del 95% de los

ejemplares desembarcados longitudes por debajo de la L_{50} .

En el caso de *C. caballus*, existe reporte para isla de las Perlas, golfo de Panamá, donde se cataloga a esta especie como sobreexplotada y se recomienda elevar la talla mínima de captura a valores que aumenten el potencial reproductivo de la población, para garantizar la sostenibilidad del recurso (Mair *et al.* 2012).

La pesquería que se desarrolla en el golfo de Parita es multiespecífica, donde la clasificación por categorías de comercialización refleja que más del 50% de los desembarques, en cantidad de individuos y en peso, estuvo conformado por especies de primera (pargos, corvinas y robalos) y casi 40% de segunda, principalmente *Scomberomorus sierra*.

Esto crea la necesidad de establecer una gestión pesquera que incorpore, no solo regulaciones sobre tallas de captura, sino la protección de sitios para especies que presentan distribución diferencial de longitudes y edades, con migraciones ontogénicas o de desove, como es el caso de los pargos (Grüss *et al.* 2019; Roos *et al.* 2020).

Según Froese (2004), tres indicadores sencillos para contrarrestar la sobre pesca implica tener como objetivo: el 100% con talla óptima de captura y de peces maduros y 0% de megareproductores, aunque sin normativa sobre talla máxima, es razonable la captura de un 30% a 40% de estos.

Sin duda es poca la información para analizar el cumplimiento de estos indicadores, ya que no existe en Panamá, programas de monitoreos, ni de ordenamiento pesquero integrales, que permita lograr un manejo de la pesca artesanal. Aun así, la información generada en este estudio permite, por lo menos en algunas especies de interés pesquero en el golfo de Parita, dar luces sobre el comportamiento de las capturas.

Esto nos lleva a concluir que sin duda es necesario buscar alternativas para mejorar el comportamiento de las capturas, a través de normativas que apunten a evitar la sobrepesca y sobreexplotación de los recursos pesqueros, como pueden ser regulaciones sobre tallas mínimas y máximas, sobre zonas y artes de pesca permitidos.

Es importante resaltar la necesidad de ampliar el muestreo a los meses no incluidos en este estudio y desarrollar campañas a bordo de embarcaciones con el objetivo de contrastar las capturas versus los desembarques, además de establecer la talla mínima reproductiva en las especies para las cuales no se conoce este parámetro.

CONCLUSIONES

Los desembarques de la pesca artesanal proveniente del golfo de Parita son multiespecíficos, donde, por lo menos en la segunda mitad del año, dominaron en las capturas las especies

Cynoscion phoxocephalus (Sciaenidae), *Scomberomorus sierra* (Scombridae) y *Lutjanus guttatus* (Lutjanidae), catalogadas como de primera y segunda categoría, según el precio de venta.

Similar a lo que ocurre en otras localidades del Pacífico panameño, un porcentaje importante de las capturas estuvo representadas por individuos que no se han reproducido, lo que puede llevar a la pesquería a una sobre-explotación, por lo que es necesario establecer medidas de manejo que garanticen la sostenibilidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los pescadores y a las empresas comercializadoras de productos pesqueros que operan desde los puertos de Boca de Parita y El Agallito, por permitir el manejo de sus capturas y por facilitar los datos de desembarque, y a los revisores anónimos que contribuyeron a mejorar el presente artículo.

REFERENCIAS

- Aguirre-Villaseñor, H., Morales-Bojórquez, E., Morán-Angulo, R. E., Madrid-Vera, J. & Valdez-Pineda, M. C. (2006). Biological indicators for the Pacific sierra (*Scomberomorus sierra*) Fishery in the southern Gulf of California, México. *Ciencias Marinas*, 32(3), 471-484. <https://doi.org/10.7773/cm.v32i3.1130>
- Autoridad Nacional del Ambiente (2009). Plan de manejo del Parque Nacional Coiba. Panamá, Smithsonian Tropical Research Institute.
- ARAP. Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (2017). Plan nacional de acción para la pesca sostenible en Panamá. Panamá. Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá.
- Arreguín-Sánchez, F. & Arcos-Huitrón, E. (2011). La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21(3), 431-462.
- Bonilla-Gómez, J. L., Robles, Y. A. & Vega, A. J. (2013). Length-weight relationship and biological information of the yellow snapper *Lutjanus argentiventris* from a tropical estuary: Río Caté, Gulf of Montijo, Panama. *J. Appl. Ichthyol.*, 34, 227-229. <https://doi.org/10.1111/jai.12258>
- Bussing, W. A. & López, M. I. (1993). Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centroamérica meridional. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Castrellón, M. & Bucarán, S. J. (2020). Diagnóstico integral del sector pesca y acuicultura de la República de Panamá. Panamá. BID, Nota Técnica No IDB-TN- 02011.
- Christiansen, H. M., Switzer, T. S., Keenan, S. F., Tyler-Jedlund, A. J. & Winner, B. L. (2020). Assessing the Relative Selectivity of Multiple Sampling Gears for Managed Reef Fishes in the Eastern Gulf of Mexico. *Mar. Coastal Fish.: Dynamics, Manage., Ecosyst. Sci.*, 12, 322-338. <https://doi.org/10.1002/mcf2.10129>
- Espino-Barr, E., Nava-Ortega, R. A., Gallardo-Cabello, M., Cabral-Solís, E. G., Puente-Gómez, M. & García-Boa, A. (2012). Aspects of *Scomberomorus sierra* fishery from the Coast of Colima, México. *Ciencia Pesquera*, 20(1), 77-88.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. & Niem, V. H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la

- pesca. Pacífico centro-oriental, Vol. II y III. Italia: FAO.
- Froese, R. (2004). Keep it simple: Three indicators to deal with overfishing. *Fish. Fish.*, 5, 86-91. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2004.00144.x>
- González-Becerril, A., Espino-Barr, E., Cruz-Romero, M. & Ruíz-Luna, A. (2000). Determinación de la unidad de esfuerzo de pesca en una pesquería artesanal ribereña en Manzanillo, Colima, México. *Ciencias Marinas*, 26(1), 113-124. <https://doi.org/10.7773/cm.v26i1.568>
- Grüss, A., Biggs, C. R., Heyman, W. D. & Erisman, B. (2019). Protecting juveniles, spawners or both: a practical statistical modelling approach for the design of marine protected areas. *J. Appl. Ecol.*, 56, 2328-2339. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13468>
- Gutiérrez-Zavala, R. M. & Cabrera-Mancilla, E. (2012). La pesca ribereña de Guerrero. México. Instituto Nacional de Pesca.
- Guzmán, H. M., Cipriani, R., Vega, A. J. & Morales-Saldaña, J. M. (2020). Fisheries and conservation assessment of sharks in Pacific Panama. *Aqua. Cons. Mar. Fresh. Ecos.*, 30(2), 315-330. <https://doi.org/10.1002/aqc.3245>
- Guzmán, H. M., Diaz-Ferguson, E., Vega, A. J. & Robles, Y. A. (2015). Assessment of the dolphinfish *Coryphaena hippurus* (Perciformes: Coryphaenidae) fishery in Pacific Panama. *Rev. Biol. Trop.*, 63(3), 705-716. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i3.15487>
- Guzmán-Mora, A. G. & Molina-Ureña, H. (2008). La pesquería artesanal de peces en golfo Dulce, Costa Rica. *Proc. 60th Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 137-142.
- Harper, S., Guzmán, H. M., Zyllich, K. & Zeller, D. (2014). Reconstructing Panama's Total Fisheries Catches from 1950 to 2010: Highlighting Data Deficiencies and Management Needs. *Mar. Fish. Rev.*, 72(1-2), 51-65. https://doi.org/10.7755/MFR.76.1_2.3
- Liu, O. R., Thomas, L. R., Clemence, M., Fujita, R., Kritzer, J. P., McDonald, G. & Szuwalski, C. (2016). An evaluation of harvest control methods for fishery management. *Rev. Fish. Sci. Aquacult.*, 24(3), 244-263. <https://doi.org/10.1080/23308249.2016.1161002>
- Mair, J. M., Cipriani, R., Guzman, H. M. & Usan, D. (2012). Fishery of the Green Jack *Caranx caballus* (Osteichytes: Carangidae) in Las Perlas Archipelago, Pacific Panama. *Rev. Biol. Trop.*, 60(3), 1271-1288. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i3.1806>
- Maté, J. (2005). Análisis de la situación de la pesca en los golfos de Chiriquí y de Montijo. Panamá. The Nature Conservancy.
- Robertson, D. R. & Allen, G. R. (2015). Peces costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de información en línea. Versión 2.0. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Panamá. <http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/>
- Robles, Y. A., Montes, L. A. & Vega, A. J. (2015). Caracterización de la captura de tiburones por la pesca artesanal en los manglares de David, golfo de Chiriquí, Pacífico de Panamá. *Tecnociencia*, 17(1), 11-30.
- Robles, Y. A. & Montes, L. (2011). Caracterización biológica de la pesquería artesanal que se desarrolla en el golfo de Chiriquí. Panamá, Universidad de Panamá.
- Roos, N. C., Taylor, B. M., Carvalho, A. R. & Longo, G. O. (2020). Demography of the largest and most endangered Brazilian parrotfish, *Scarus trispinosus*, reveals overfishing. *End. Sp. Res.*, 41, 319-327. <https://doi.org/10.3354/esr01024>
- Valverde, A. (2013). Producción y comercialización de la pesca artesanal o de pequeña escala en Panamá desde 1995 al 2008. *Centros*, 2(1), 115-131.

- Vázquez-Hurtado, M., Maldonado-García, M., Lechuga-Devéze, C. H., Acosta-Salmón, H. & Ortega-Rubio, A. (2010). La pesquería artesanal en la Bahía de La Paz y su área oceánica adyacente (golfo de California, México). *Ciencias Marinas*, 36(4), 433-444.
- Vega, A. J. (2014). Plan de aprovechamiento pesquero sostenible del área de recursos manejados humedal golfo de Montijo (ARMHGM). Panamá. ANAM-CI-MARVIVA-NATURA.
- Vega, A. J., Robles, Y. A. & Maté, J. L. (2016). La pesca artesanal en el Parque Nacional Coiba y Zonas de influencia. Panamá, SENACYT, Fundación MARVIVA.
- Vega, A. J., Quezada, F. & Robles, Y. (2013). Aspectos biológicos y pesqueros de *Scomberomorus sierra* (Perciformes: Scombridae) en el golfo de Montijo, Pacífico de Panamá, *Tecnociencia*, 15(2), 53-70.
- Vega, A. J., Robles, Y. A. & Cipriani, R. (2011). Estudios biológicos-pesqueros en el golfo de Chiriquí; Pacífico de Panamá. Panamá. SENACYT, Fundación MARVIVA, Conservación Internacional.
- Vega, A. J., Robles, Y. A., Boniche, S. & Rodríguez, M. (2008). Aspectos biológico-pesqueros del género *Cynoscion* (Pisces: Sciaenidae) en el golfo de Montijo, Pacífico Panameño. *Tecnociencia*, 10(2), 9-26.
- Virola, B. (2014). Análisis histórico de los desembarques pesqueros en el golfo de Montijo, Pacífico panameño: Periodo 2008-2013. (Tesis de licenciatura no publicada), Universidad de Panamá, Panamá.
- Zar, J. H. (2009). *Biostatistical Analysis*. EE. UU.: Prentice Hall.

Variación temporal de especies de corales pétreos dominantes en arrecifes del Parque Nacional Jardines de la Reina, Cuba

Temporal variation of dominant stony coral species in reefs of the Jardines de la Reina National Park, Cuba

Leslie Hernández Fernández¹

RESUMEN

En el Caribe, los arrecifes coralinos han estado en constante cambio, como consecuencia de los impactos locales y globales. Se espera que tales modificaciones también ocurran en el Parque Nacional Jardines de la Reina. Por ello, este trabajo se propuso analizar la variación temporal de las poblaciones de *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides*, como grupo dominante, entre el 2001, 2012 y 2017. Estas especies han mostrado cambios en otros arrecifes de Cuba y del Caribe. En el 2001 y 2012, se estudiaron 14 sitios, con 88 transectos cada año y en el 2017, 24 sitios y 240 transectos. En el 2001, se utilizó metodología AGRRA; en el 2012 y 2017 fue empleada una versión de esta. Se contaron 6 501 colonias y se identificaron 35 especies. *S. siderea* tuvo una abundancia ($P = 0.6861$) y densidad ($P = 0.0712$) sin diferencias significativas. *Orbicella* spp. disminuyó en abundancia y densidad entre 2001 (24% - 3.2 colonias 10 m^{-1}), 2012 (14% - 1.4 colonias 10 m^{-1}) y 2017 (13% - 1.9 colonias 10 m^{-1}). *A. agaricites* mantuvo su abundancia sin diferencias significativas ($P = 0.2202$) y aumentó su densidad (2001-2012: 1.4 colonias 10 m^{-1} , 2017: 2 colonias 10 m^{-1}). *P. astreoides* incrementó su abundancia (2001: 8%, 2012: 10%, 2017: 12%) y densidad (2001 y 2012: 1 colonia 10 m^{-1} , 2017: 1.7 colonias 10 m^{-1}). *S. siderea* dominó en los arrecifes y *Orbicella* spp. tuvo una disminución que generó variación temporal con desplazamiento hacia *A. agaricites* y *P. astreoides*.

Palabras clave: arrecifes, *Siderastrea*, *Orbicella*, *Agaricia*, *Porites*.

ABSTRACT

In the Caribbean, coral reefs have been changing constantly as a result of local and global impacts. These changes are also expected to occur in the Jardines de la Reina National Park. The work described here has been carried out to analyze the temporal variation of populations of the dominant groups *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites* and *P. astreoides* during 2001, 2012 and 2017, which have been found to have changed in other reefs of Cuba and the Caribbean. During 2001 and 2012 14 sites were surveyed in 88 transects every year, and during 2017 at 24 sites in

¹ Centro de Bioplantas. Universidad "Máximo Gómez Báez" de Ciego de Ávila. Carretera a Morón, km 9. Ciego de Ávila. Cuba. CP: 65100. leslie@bioplantas.cu, coraleslhf@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1939-9790>

240 transects. In 2001, the AGRRA methodology was used; in 2012 and 2017, a new version of this methodology was applied. Six thousand five hundred and one (6,501) colonies were counted and 35 species were identified. *S. siderea* had an abundance ($P = 0.6861$) and density ($P = 0.0712$) which did not vary significantly between the different surveys. The abundance and density of *Orbicella* spp. decreased between 2001 (24% - 3.2 colonies 10 m^{-1}), 2012 (14% - 1.4 colonies 10 m^{-1}), and 2017 (13% - 1.9 colonies 10 m^{-1}). The abundance of *A. agaricites* also did not vary significantly between the different surveys ($P = 0.2202$), while its density increased (2001-2012: 1.4 colonies 10 m^{-1} , 2017: 2 colonies 10 m^{-1}). The abundance of *P. astreoides* increased (2001: 8%, 2012: 10%, 2017: 12%) as did its density (2001- 2012: 1 colony 10 m^{-1} , 2017: 1.7 colonies 10 m^{-1}). The coral *S. siderea* prevailed in the reefs, and *Orbicella* spp. underwent a reduction that caused temporal variation with a displacement toward *A. agaricites* and *P. astreoides*.

Keywords: reefs, *Siderastrea*, *Orbicella*, *Agaricia*, *Porites*.

INTRODUCCIÓN

Entre los ecosistemas marinos, es conocida la importancia de los arrecifes coralinos (Gil-Agudelo *et al.* 2020), los cuales son altamente productivos y biodiversos, pero están amenazados por el estrés local y global (Hoegh-Guldberg *et al.* 2019). Las causas del estrés local contemplan variedad de actividades humanas, como las pesquerías y el desarrollo costero. En cuanto al estrés global, una de las mayores amenazas para la salud de los arrecifes coralinos es el cambio climático, que ocasiona el blanqueamiento asociado a las inusuales altas temperaturas de la superficie del mar (Obura & Grimsdith, 2009), así como la acidificación de los océanos (Hoegh-Guldberg *et al.* 2017).

Los impactos locales y globales se toman como las razones de cambio de fase de un grupo de especies hacia otros, lo que resulta cada vez más común sobre los arrecifes coralinos

y, escalonadamente, en muchos otros ecosistemas (Hughes *et al.* 2010). Tal vez la modificación más conocida es el reemplazo de corales por algas, pero ocurren otras cuando el sistema experimenta una fuerte bioerosión (Mumby & Steneck, 2011). Por ejemplo, el género *Orbicella*, considerado el más importante de los corales constructores de arrecifes en el Caribe, ha sufrido un drástico declive asociado a los efectos negativos de las actividades humanas, episodios de enfermedades y eventos de blanqueamiento (Hayes, 2019; Toth *et al.* 2019; Yranzo, 2020).

Específicamente, en el sur del Caribe, *Orbicella* spp. se ha visto en mayor riesgo por la enfermedad de la banda amarilla, lo que se asocia a las altas temperaturas de la superficie del mar (van Woesik & Randall, 2017). En las Islas Vírgenes (EE. UU.), la especie *Orbicella annularis* (Ellis & Solander, 1786) ha sido afectada por huracanes y el blanqueamiento, sin

embargo, muestra algunos signos de recuperación (Edmunds, 2015).

Porites astreoides Lamarck, 1816, a pesar de todas las consecuencias que ha traído el estrés local y global para la comunidad coralina, se ha mantenido como una especie de éxito para el Caribe (Eagleson et al. 2021). En ello puede estar influyendo su estrategia de reproducción (Goodbody-Gringley & Putron, 2016) y su tolerancia tanto a un intervalo amplio de temperatura como a las condiciones físicas y de calidad de las aguas (Baumann et al. 2016), por lo que es de gran plasticidad y oportunista (Jackson et al. 2014; De Bakker et al. 2016).

Según Green et al. (2008), en el Caribe, la estructura de la comunidad de los arrecifes coralinos está cambiando, sobre una escala de tiempo de diez años, pasando a ser dominada por corales “weedy” de crecimiento rápido, de pequeño tamaño, ciclo de vida corto y rápido reemplazo. Específicamente, *Orbicella* spp. está siendo sustituida por otras especies como *P. astreoides* y *Agaricia* spp. (Jackson et al. 2014; De Bakker et al. 2016), como reflejo de la respuesta de los arrecifes coralinos ante el estrés global (Bruno et al. 2019).

En Cuba, Alcolado et al. (2009), en un estudio realizado en el golfo de Batabanó, observaron que el predominio de *O. annularis* (como complejo de especies) -para este entonces se incluía

a *Montastraea cavernosa* (Linnaeus, 1767)- estaba siendo desplazado por el aumento de *P. astreoides* y *Siderastrea siderea* (Ellis & Solander, 1786) –en distintas combinaciones–. González-Díaz et al. (2018), en su investigación sobre el estado de los arrecifes coralinos en Cuba, reportaron entre las especies más abundantes a *P. astreoides* y a *S. siderea*, y con una baja abundancia a *Orbicella* spp., lo que evidenció una degradación ecológica similar a la del Caribe. Comparados con los años 80, según Caballero et al. (2019), los arrecifes cubanos mantienen la misma riqueza de especies, pero la dominancia ha cambiado de especies como *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) y *O. annularis* hacia otras oportunistas como *S. siderea* y *Agaricia agaricites* (Linnaeus, 1758).

En el Parque Nacional Jardines de la Reina (PNJR) se han registrado como especies dominantes, para los escarpes pocos profundos, *S. siderea*, *A. agaricites* y *P. astreoides* (Hernández-Fernández et al. 2011; Ferrer-Rodríguez et al. 2016; Hernández-Fernández et al. 2019a; Hernández-Fernández et al. 2019b) y, como moderadamente común, *Orbicella* spp. (González-Díaz et al. 2018; Hernández-Fernández et al. 2019b), hábitat que se caracteriza por presentar una estructura en la comunidad coralina, con alta variabilidad a pequeña escala- 10¹ m- (Hernández-Fernández et al. 2019b). Todos estos estudios han tenido un enfoque general en la comunidad coralina, sin

analizar directamente los indicadores ecológicos por especies. Cabría preguntarse si en una de las áreas marinas protegidas (AMP) más importantes de Cuba (Perera-Valderrama *et al.* 2018) también existe una variación espacial de especies dominantes.

Las transformaciones que han ocurrido en las poblaciones de *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides*, en otros arrecifes de Cuba (Alcolado *et al.* 2009) y en el Caribe (Jackson *et al.* 2014; De Bakker *et al.* 2016), igualmente se espera que sucedan en el Parque Nacional Jardines de la Reina (PNJR), donde ello no se ha constatado con anterioridad, así que este trabajo se propuso analizar la variación temporal de ese grupo de especies dominantes, desde el 2001 hasta el 2017. Esta información sería de gran utilidad para los tomadores de decisiones del parque, pues les permitiría tomar las medidas pertinentes ante un posible deterioro del arrecife.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Parque Nacional Jardines de la Reina (PNJR) se encuentra en la República de Cuba, específicamente, en el archipiélago de los Jardines de la Reina, al sur de las provincias centrales de Sancti Spíritus, Ciego de Ávila y Camagüey. Lo conforman alrededor de 661 cayos y abarca un total de 217

ha, aproximadamente, de las cuales 200 ha son marinas (Perera-Valderrama *et al.* 2018). Precisamente por sus valores ecológicos y de conservación, a toda la región del archipiélago le fue otorgada la categoría de parque nacional, dado el acuerdo 6803/2010 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros de Cuba.

Los arrecifes estudiados se ubican al sur de los cayos y corresponden con el hábitat de escarpes poco profundos (8-15 m de profundidad) (Fig. 1), donde los fondos son irregulares, duros, arenosos y cuyos hábitats son considerados homogéneos (Pina-Amargós *et al.* 2008). Estos arrecifes se caracterizan por presentar crestas someras con predominio de *Millepora complanata* (Lamarck, 1816), *A. palmata* y *P. astreoides*, así como escarpes poco profundos donde predominan las especies de corales *S. siderea*, *A. agaricites* y los octocorales *Pseudopterogorgia americana* Gmelin 1791 y *Eunicea flexuosa* Lamouroux 1821; aquí se desarrolla buceo recreativo (Hernández-Fernández *et al.* 2016). Muy diferentes resultan los fondos del norte de los cayos, caracterizados por ser predominantemente fan-gosos, con cabezos de corales y crestas aisladas, donde en gran parte del año prevalecen sedimentos suspendidos y poca visibilidad; *P. astreoides* y *Porites furcata* Lamarck, 1816 son las especies preponderantes (Ferrer-Rodríguez *et al.* 2016).

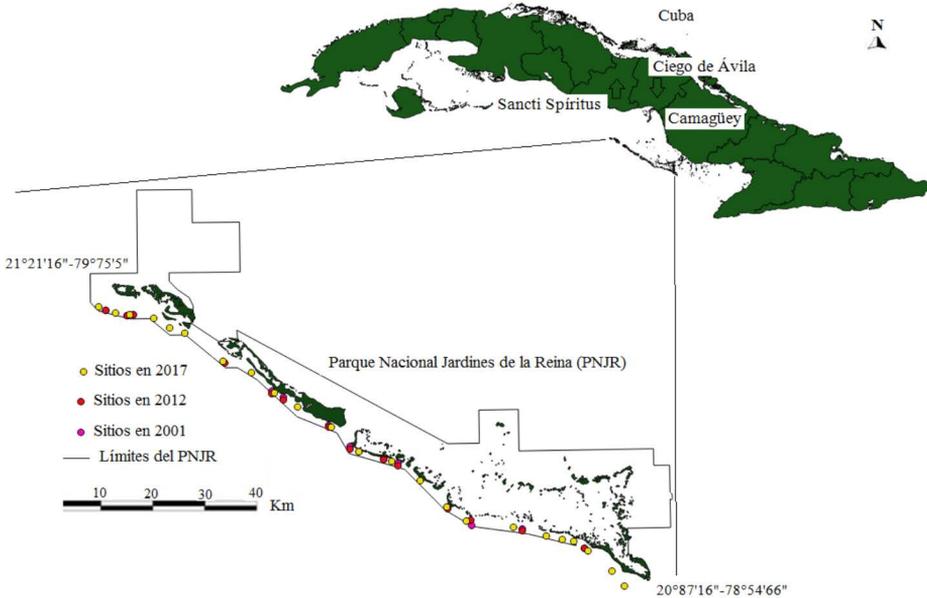


Fig. 1. Sitios de muestreo, estudiados en el 2001, 2012 y 2017, en el hábitat de escarpes poco profundos del Parque Nacional Jardines de la Reina
Fig. 1. Sampling sites studied in 2001, 2012 and 2017 in the reef slope habitat of the Jardines de la Reina National Park

Para examinar la variación temporal de las poblaciones del grupo de especies dominantes *S. siderea*, *Orbicella* ssp. *A. agaricites* y *P. astreoides* en el PNJR, se realizó un análisis, fundamentalmente, de los indicadores ecológicos de abundancia relativa (%) y densidad lineal promedio de colonias (colonias 10 m⁻¹) de estas especies, en los años 2001, 2012 y 2017. Con tal fin, se usó parte de los datos obtenidos en la expedición conjunta CUBAGRRA II, realizada en agosto de 2001, en la cual se aplicó la metodología AGRRA (2000). También se empleó parte de la información obtenida en expediciones realizadas en

abril de 2012 y septiembre-octubre de 2017, en las que se puso en práctica la metodología propuesta por Caballero *et al.* (2013). Ambas metodologías emplean el método del transecto lineal de 10 m como unidad de muestreo, distribuido al azar, de forma paralela a la costa. Entre las expediciones de trabajo llevadas a cabo en el PNJR, en décadas pasadas, se escogieron los datos correspondientes a 2001, 2012 y 2017, por ser similares en cuanto a metodologías aplicadas. Además, dichas expediciones resultaron las de mayores números de sitios estudiados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Años, números de sitios y de transectos estudiados, número total de colonias y de colonias de *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides* analizadas por años en los escarpes poco profundos del Parque Nacional Jardines de la Reina (PNJR)

Table 1. Years, number of sites and transects studied, total number of colonies and colonies of *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites* and *P. astreoides* analyzed by year in reef slopes of the Jardines de la Reina National Park (JRNP)

Años	Sitios	# de transectos	# Total de colonias	# Colonias <i>S. siderea</i>	# Colonias <i>Orbicella</i> spp.	# Colonias <i>A. agaricites</i>	# Colonias <i>P. astreoides</i>
2001	14	88	1 127	326	287	128	86
2012	14	185	1 883	588	271	262	213
2017	24	240	3 491	1 032	466	498	381
Total	52	513	6 501	1 946	1 024	888	680

Para conocer si *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides* han experimentado variación temporal que pudiera interpretarse como un desplazamiento de grupos de especies dominantes en el PNJR, entre el 2001 y 2017, se estudiaron, estadísticamente, los indicadores ecológicos de abundancia relativa de colonias (%) y densidad lineal promedio de colonias (colonias 10 m⁻¹) (variables dependientes) para estas especies, en el 2001, 2012 y 2017 (variable independiente). Asimismo, se estudiaron los indicadores ecológicos de cobertura de coral vivo (%) y el diámetro máximo promedio (cm) (variables dependientes) de *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides*, en el 2017, pues en los años anteriores estos valores se obtuvieron de forma general, sin ser especificados por especies. Para ello, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, ya que los datos no cumplieron las premisas de normalidad

y homogeneidad de varianza. En los análisis entre años y especies, en los cuales hubo diferencias significativas, se aplicó la prueba de Wilcoxon (nivel de significación de 0.05) para conocer entre qué años y especies existían aquellas. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistic 6.0 (StatSoft, Inc. 2004).

En este estudio, se consideró *Orbicella* spp. como el complejo que incluye a las especies *O. annularis*, *Orbicella faveolata* (Ellis & Solander, 1786) y *Orbicella franksi* (Gregory, 1895). En el análisis integral, en el vocablo “corales”, se incluyeron especies del género *Millepora*, orden Capitata, y del orden Scleractinia. Para la identificación de las especies, se tuvo presente lo expuesto por Zlatarski & Martínez-Estalella (1980) y González-Ferrer (2004).

RESULTADOS

En el PNJR, se contó un total de 6 501 colonias de corales, durante los muestreos realizados en los años 2001, 2012 y 2017. Se identificó un total de 35 especies entre todos los corales: 16 en el 2001, 30 en el 2012 y 29 en el 2017. Por años, la abundancia relativa (%) presentó variaciones entre las distintas especies identificadas (Cuadro 2). Específicamente, *S. siderea* no tuvo diferencias significativas entre el 2001, 2012 y 2017 (29%, 32% y 29%,

respectivamente), con una abundancia general, entre los tres años, del 30% (Fig. 2A). *Orbicella* spp. mostró una disminución desde el 2001 al 2012 y 2017 (24%, 14% y 13%, respectivamente), con diferencias significativas entre estos años (Fig. 2B) y una abundancia general del 16%. A pesar que *S. siderea* indicó una abundancia mayor que *Orbicella* spp., en el 2001, esta diferencia no fue significativa (Kruskal-Wallis test: $H(1, N = 27) = 2.120604$ $P = 0.1453$).

Cuadro 2. Abundancia (%) de las especies identificadas en los escarpes poco profundos del Parque Nacional Jardines de la Reina (PNJR), en el 2001, 2012 y 2017

Table 2. Abundance (%) of the species identified in reef slopes of the Jardines de la Reina National Park (JRNP) in 2001, 2012 and 2017

Especies de corales	Abundancia (%)		
	2001	2012	2017
Phylum Cnidaria			
Clase Anthozoa			
Subclase Hexacorallia			
Orden Scleractinea			
Familia Acroporidae			
<i>Acropora cervicornis</i> (Lamarck, 1816)	0.44	0.10	0.37
<i>Acropora palmata</i> (Lamarck, 1816)	0.17		
Familia Agariciidae			
<i>Agaricia</i> spp.	0.17		
<i>Agaricia agaricites</i> (Linnaeus, 1758)	11.7	14.6	14.3
<i>Agaricia humilis</i> Verrill, 1902		0.74	2.01
<i>Agaricia lamarcki</i> M. Edwards & Haime, 1851		0.32	0.86
<i>Agaricia tenuifolia</i> Dana, 1846		0.05	
<i>Agaricia fragilis</i> Dana, 1848		0.11	0.14
<i>Leptoseris cucullata</i> (Ellis & Solander, 1786)		0.11	0.37
Familia Astrocoeniidae			
<i>Stephanocoenia intersepta</i> (Lamarck, 1836)	2.83	3.88	6.5
Familia Caryophylliidae			
<i>Eusmilia fastigiata</i> (Pallas, 1766)		0.69	0.4

Especies de corales	Abundancia (%)		
	2001	2012	2017
Familia Faviidae			
<i>Colpophyllia natans</i> (Houttuyn, 1772)	0.88	0.64	0.80
<i>Diploria labyrinthiformis</i> (Linnaeus, 1758)	3.54	1.81	1.46
<i>Favia fragum</i> (Esper, 1795)			0.06
<i>Pseudodiploria clivosa</i> (Ellis & Solander, 1786)	0.08		0.29
<i>Pseudodiploria strigosa</i> (Dana, 1846)	4.78	4.04	1.2
<i>Montastraea cavernosa</i> (Linnaeus, 1767)	4.87	4.09	1.98
<i>Orbicella</i> spp. (complejo de especies) (Dana, 1846)	24.4	14.1	13
Familia Meandrinidae			
<i>Dendrogyra cylindrus</i> Ehrenberg, 1834		0.05	
<i>Dichocoenia stokesi</i> M. Edwards & Haime, 1848		0.32	0.54
<i>Meandrina meandrites</i> (Linnaeus, 1758)		0.96	0.89
Familia Mussidae			
<i>Isophyllia rigida</i> (Dana, 1846)		0.11	0.03
<i>Mycetophyllia aliciae</i> Wells, 1973		0.05	
<i>Mycetophyllia danaana</i> M. Edwards & Haime, 1849		0.10	0.11
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i> M. Edwards & Haime, 1848		0.26	0.29
<i>Mussa angulosa</i> (Pallas, 1766)		0.21	
Familia Pocilloporidae			
<i>Madracis decactis</i> (Lyman, 1859)		0.26	0.27
<i>Madracis auretenra</i> Locke, Weil & Coates, 2007		0.31	0.14
Familia Poritidae			
<i>Porites astreoides</i> Lamarck, 1816	7.8	10.3	12
<i>Porites divaricata</i> Lesueur, 1821		0.95	0.52
<i>Porites furcata</i> Lamarck, 1816	1.51	0.26	0.40
<i>Porites porites</i> (Pallas, 1766)	7.17	6.74	7.48
Familia Siderastreidae			
<i>Siderastrea siderea</i> (Ellis & Solander, 1786)	29	32	29
<i>Siderastrea radians</i> (Pallas, 1766)			1.23
Orden Capitata			
Familia Milleporidae			
<i>Millepora alcicornis</i> Linnaeus, 1758	0.62	1.96	2.84
Total de especies	16	30	29
Especies más abundantes			
	<i>S. siderea</i>	<i>S. siderea</i>	<i>S. siderea</i>
	<i>Orbicella</i> spp.	<i>A. agaricites</i>	<i>A. agaricites</i>
	<i>A. agaricites</i>	<i>Orbicella</i> spp.	<i>Orbicella</i> spp.
	<i>P. astreoides</i>	<i>P. astreoides</i>	<i>P. astreoides</i>

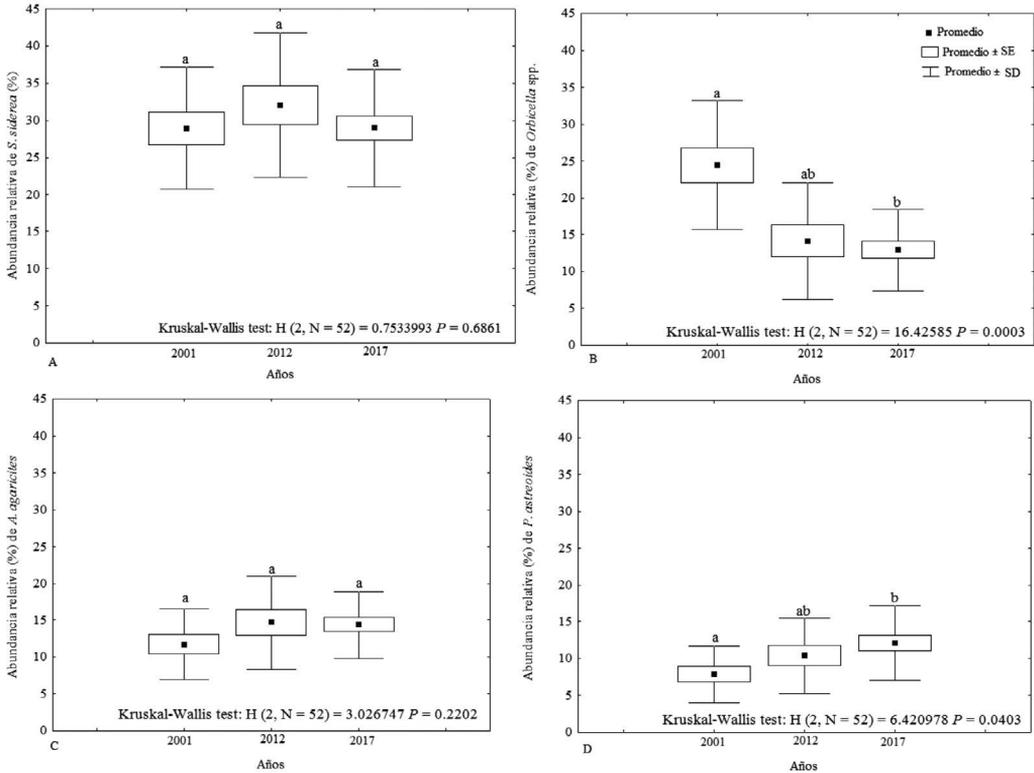


Fig. 2. Abundancia relativa (%) de las especies *S. siderea* (A), *Orbicella* spp. (B), *A. agaricites* (C) y *P. astreoides* (D), en el 2001, 2012 y 2017, en el Parque Nacional Jardines de la Reina. Las letras, encima de las barras, significan los resultados de la prueba de Wilcoxon

Fig. 2. Relative abundance of the species *S. siderea*(A), *Orbicella* spp. (B), *A. agaricites* (C) and *P. astreoides* (D) in 2001, 2012 and 2017 in the Jardines de la Reina National Park. The letters above the bars indicate Wilcoxon test results

A. agaricites no tuvo diferencias significativas entre el 2001, 2012 y 2017 (12%, 14.6% y 14%, respectivamente), con una abundancia general de 14%. *P. astreoides* evidenció un aumento de su abundancia entre el 2001, 2012 y 2017 (8%, 10% y 12%, respectivamente) (Fig. 2 C y D), con una abundancia general, entre los tres

años, del 10%. *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides* no mostraron diferencias significativas, entre ellas, para la abundancia relativa en el 2012 (Kruskal-Wallis test: $H(2, N = 42) = 3.322925 P = 0.1899$), ni en el 2017 (Kruskal-Wallis test: $H(2, N = 72) = 2.487650 P = 0.2883$).

S. siderea mantuvo una densidad lineal promedio sin diferencias significativas entre el 2001 (3.7 colonias 10 m^{-1}), 2012 (3.2 colonias 10 m^{-1}) y 2017 (4.3 colonias 10 m^{-1}) (Fig. 3 A), con un valor total, entre los tres años, de 3.8 colonias 10 m^{-1} . La densidad de *Orbicella* spp. fue menor en el 2012 (1.4 colonias 10 m^{-1}) y 2017 (1.9

colonias 10 m^{-1}), en comparación con el 2001 (3.2 colonias 10 m^{-1}) (Fig. 3 B), con un valor total de 2.2 colonias 10 m^{-1} . A pesar de que *S. siderea* dejó ver una densidad mayor que *Orbicella* spp., en el 2001, esta diferencia no fue significativa (Kruskal-Wallis test: $H(1, N = 28) = 1.978554 P = 0.1595$).

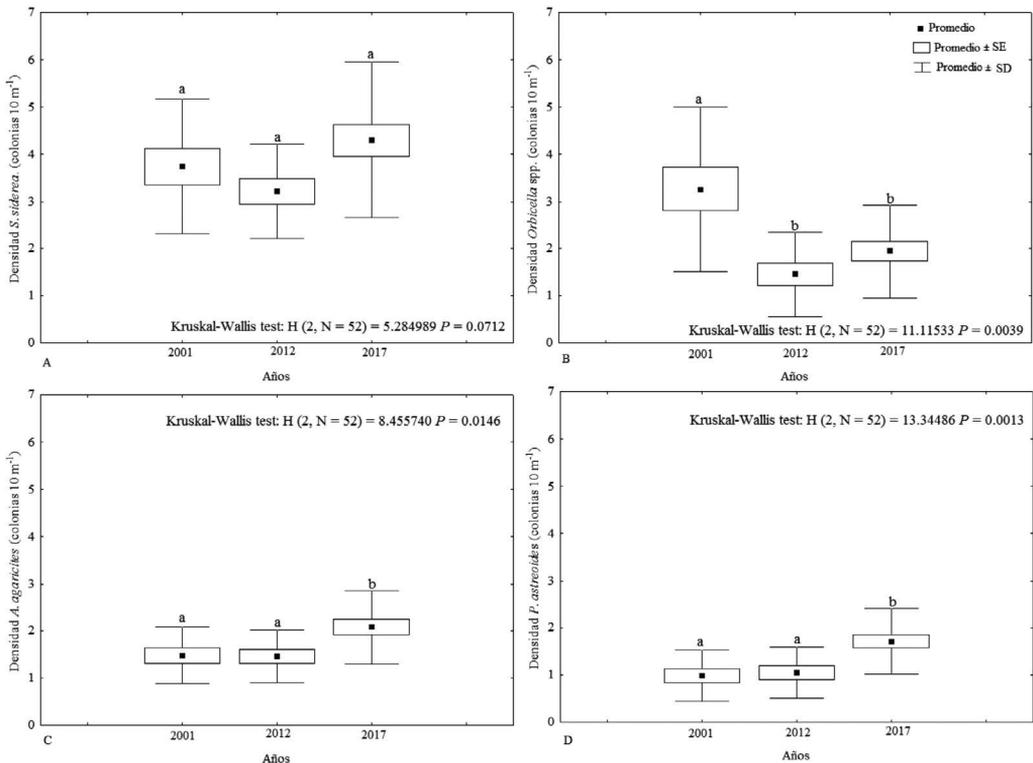


Fig. 3. Densidad (colonias 10 m^{-1}) de las especies *S. siderea* (A), *Orbicella* spp. (B), *A. agaricites* (C) y *P. astreoides* (D), en el 2001, 2012 y 2017, en el Parque Nacional Jardines de la Reina. Las letras, encima de las barras, significan los resultados de la prueba de Wilcoxon

Fig. 3. Density (colonies 10 m^{-1}) of the species *S. siderea* (A), *Orbicella* spp. (B), *A. agaricites* (C), and *P. astreoides* (D) in 2001, 2012 and 2017 in the Jardines de la Reina National Park. The letters above the bars indicate Wilcoxon test results

A. agaricites conservó igual densidad entre el 2001 y 2012 (1.4 colonias 10 m⁻¹) y la aumentó en el 2017 (2 colonias 10 m⁻¹), con diferencias significativas respecto a los años anteriores, con una densidad general de 1.7 colonias 10 m⁻¹. *P. astreoides* manifestó una densidad de 1 colonia 10 m⁻¹, en el 2001 y 2012, mientras que en el 2017 incrementó a 1.7 colonias 10 m⁻¹ y su densidad general fue de 1.3 colonias 10 m⁻¹, entre los tres años (Fig. 3 C y D). *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides* no expresaron diferencias significativas, entre ellas, para la densidad lineal promedio en el 2012 (Kruskal-Wallis test: H (2, N = 42) = 3.267151 P = 0.1952) ni en el 2017

(Kruskal-Wallis test: H (2, N = 72) = 1.952243 P = 0.3768).

En el 2017, *Orbicella* spp. tuvo una cobertura, significativamente, mayor (19%) al resto de las especies, seguida de *S. siderea* (16%). *A. agaricites* (12%) y *P. astreoides* (11%) no dataron diferencias significativas entre ellas para este indicador ecológico (Fig. 4A). El diámetro máximo promedio de las colonias fue, significativamente, mayor en *Orbicella* spp. (30 cm), respecto al resto de las especies: *S. siderea* 16 cm, *A. agaricites* 14 cm y *P. astreoides* 18 cm —no expusieron diferencias significativas entre sí (Fig. 4B)—.

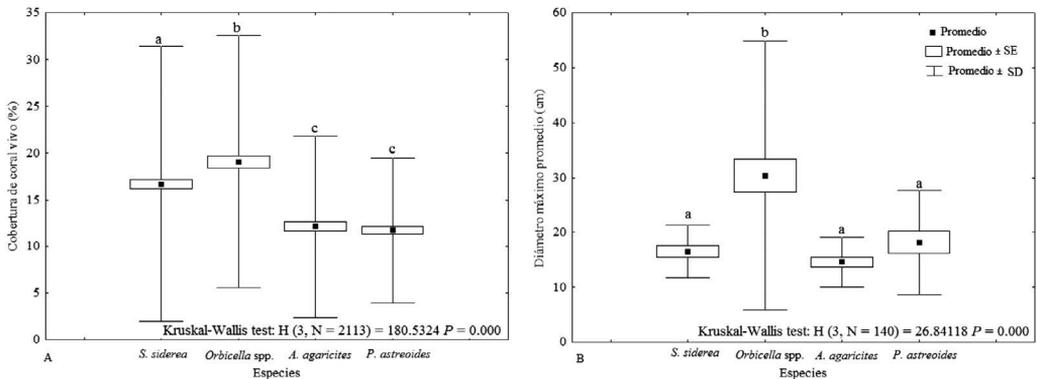


Fig. 4. Cobertura (%) (A) y diámetro máximo promedio (cm) (B) de las especies *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides*, en el Parque Nacional Jardines de la Reina, en el 2017. Las letras, encima de las barras, significan los resultados de la prueba de Wilcoxon

Fig. 4. Cover (%) (A) and maximum average diameter (cm) (B) of the species *S. siderea*, *Orbicella* spp., *A. agaricites*, and *P. astreoides* in Jardines de la Reina National Park in 2017. The letters above the bars indicate Wilcoxon test results

DISCUSIÓN

El número de especies identificadas en este estudio estuvo por debajo del reportado por [González-Díaz et al. \(2018\)](#) —37 especies— y [Hernández-Fernández et al. \(2019a\)](#) —40 especies— para el PNJR.

La composición de las especies dominantes de corales pétreos, en los escarpes poco profundos, coincide, en parte, con la de los arrecifes del Parque Nacional Guanahacabibes, donde predominan *S. siderea*, *A. agaricites* y *P. astreoides*, además de la especie *O. faveolata* ([Perera-Valderrama et al. 2013; 2017](#)). Para otros arrecifes de Cuba, según [González-Díaz et al. \(2018\)](#), también imperan *S. siderea*, *A. agaricites* y *P. astreoides*, así como *Stephanocoenia intersepta* (Lamarck, 1816). Estos autores consideraron que *Orbicella* spp., junto con *Acropora cervicornis* (Lamarck, 1816), son especies poco común en los arrecifes cubanos. Específicamente, en este estudio, *A. cervicornis* mostró valores bajos de abundancia, acentuados en el 2012, aunque hubo especies que tuvieron una abundancia menor, como *Pseudodiploria clivosa* (Ellis & Solander, 1786), *Isophyllia rigida* (Dana, 1846) y *Dendrogyra cylindrus* Ehrenberg, 1834, entre otras; esta última especie es la de menor abundancia en el PNJR. Asimismo, [Caballero et al. \(2019\)](#), en un trabajo sobre las

condiciones ecológicas de los arrecifes coralinos en el archipiélago cubano, identificaron a *S. siderea*, *A. agaricites*, *Orbicella* spp. y *P. astreoides*, en este orden, como las especies más abundantes para los hábitats de escarpes poco profundos, lo que coincide con los resultados obtenidos en esta investigación.

Según [Rey-Villiers et al. \(2016\)](#), en el PNJR, el patrón del predominio de las especies, en los escarpes poco profundos, estaba cambiando desde las típicas formadoras de arrecifes, como *O. annularis* hacia especies oportunistas como *S. siderea*, *P. astreoides* y *A. agaricites*. Sin embargo, la abundancia y la densidad de *S. siderea* no mostraron diferencias significativas con la de *Orbicella* spp. en el 2001, por lo que *S. siderea* ha mantenido la dominancia en estos arrecifes, sin que por ello haya desplazado a *Orbicella* spp. Lo anterior no coincide con lo planteado por [Alcolado et al. \(2009\)](#), para el golfo de Batabanó, y [Caballero et al. \(2019\)](#), para arrecifes cubanos; ellos consideraron que *S. siderea* ha desplazado a *Orbicella* spp. En el PNJR no ha aumentado la abundancia y densidad de *S. siderea*, han disminuido estos indicadores ecológicos en *Orbicella* spp. No obstante, en tiempos pasados (antes de 2001), puede ser que dominara *Orbicella* spp. por encima de *S. siderea*, pero esto, por ahora, no ha sido demostrado. Tal hipótesis está soportada por lo que exponen [Toth et al.](#)

(2019), quienes, en un estudio realizado en la Florida, llegaron a la conclusión de que hace miles de años (en el Holoceno), *Orbicella* spp. y otros corales masivos representaban casi el 90% de los arrecifes, mientras que *S. siderea* y *P. astreoides* eran especies raras, por lo que sugieren que las modificaciones recientes, en conjuntos de especies, no tienen precedentes en escalas de tiempo milenarias.

S. siderea es un coral masivo, constructor de arrecifes, tiene larga vida, es tolerante a los cambios térmicos y también común en el Caribe (De Bakker *et al.* 2016; Benson *et al.* 2018). Resiste a los cambios de salinidad (Muthiga & Szmant, 1987) y de temperatura, lo que permite que generalmente sobreviva a los eventos de blanqueamiento (Banks & Foster, 2017). Todas estas características pueden ser las razones por las cuales ha mantenido su dominancia en el PNJR. La abundancia de *S. siderea* en el PNJR fue similar a la determinada en Puerto Morelos, en el norte del Caribe Mexicano, (35.5%) en julio de 2018, aunque esta declinó a 14.9%, en solo ocho meses, ante la presencia de la enfermedad de pérdida del tejido del coral duro (SCTLD) (por sus siglas en inglés) (Estrada-Saldívar *et al.* 2020).

Los cambios en la abundancia de los corales involucran a especies que han sufrido enfermedades, hecho que altera su representación regional (Darling *et al.* 2012). En el PNJR, no hay

evidencias de afectaciones por SCTLD u otras enfermedades, sobre la comunidad de corales pétreos, que pudieran justificar la disminución de la abundancia relativa y la densidad lineal de *Orbicella* spp. desde el 2001 hasta el 2012. Por ejemplo, uno de los mayores eventos de blanqueamiento ocurridos en el Caribe fue el del 2005 (Steiner & Kerr, 2008), que tuvo una incidencia pobre en la comunidad de corales pétreos del parque y con el cual hubo especies que demostraron evidentes signos de recuperación, como *Orbicella* spp. (en aquel momento nombrado el género *Montastraea*) cuyas colonias, en cuatro meses, manifestaron una recuperación total (Hernández-Fernández *et al.* 2011). Precisamente, las afectaciones por blanqueamiento son una de las razones por las que las poblaciones de *Orbicella* spp. están declinando en el Caribe (Hayes, 2019; Toth *et al.* 2019; Yranzo, 2020), pues sus colonias no muestran la misma capacidad de respuesta, en todas las regiones (Kennedy *et al.* 2019). Sin embargo, *A. agaricites* mostró una recuperación parcial al blanqueamiento en el PNJR, comprobando ser una de las especies más sensibles a este (Hernández-Fernández *et al.* 2011). *A. agaricites*, al igual que *S. siderea*, no tuvo diferencias significativas, entre el 2001, 2012 y 2017, en cuanto a la abundancia relativa, no así para la densidad, la cual aumentó en el 2017, en comparación con el 2001 y 2012.

Más recientemente, en una investigación realizada en el PNJR sobre la variabilidad a pequeña escala de la cobertura y diversidad de las especies bentónicas dominantes (Hernández-Fernández *et al.* 2019b), no se observó la presencia de enfermedades. Las variaciones en los arrecifes, cuando no pueden ser explicadas por variables ambientales, tal vez tengan respuestas en disturbios antrópicos que inciden a nivel local (Ferrigno *et al.* 2016). Pero los arrecifes del PNJR no están afectados por agentes estresantes (González-Díaz *et al.* 2018), a pesar de que en ellos se desarrolla el buceo recreativo (Hernández-Fernández *et al.* 2016). Por ello, es necesaria la realización de un estudio integral, en el cual se analice la incidencia de los estresores globales, fundamentalmente, de los huracanes y del incremento de temperatura de la superficie del mar, sobre los arrecifes coralinos del PNJR, y la posible resiliencia ante estos, más aún si estos resultados persisten en el tiempo. El declive de *Orbicella* spp. también puede estar asociado a episodios de enfermedades (Hayes, 2019; Toth *et al.* 2019; Yranzo, 2020), causadas por estresores globales, estudio que por el momento no se ha realizado en el PNJR. Precisamente, Hernández-Fernández *et al.* (2019b) consideraron que la condición actual de los arrecifes del PNJR (tanto dominancia de algas como baja cobertura y diversidad de corales) hace pensar en un cambio de

fase continuado, que se vincula, primordialmente, a los efectos del estrés global sobre el arrecife.

El aumento de la abundancia relativa de *P. astreoides* corresponde con los resultados obtenidos en otras islas del Caribe, los que han evidenciado un aumento relativo en la abundancia de esta especie, en zonas menos profundas del arrecife (Green *et al.* 2008). En un trabajo realizado por Edmunds (2010), en arrecifes de esta región, se pudo constatar que la población de *P. astreoides* se acrecentó gradualmente entre 1999 y el 2007, e incluso pronosticó que en los próximos 100 años su población aumentará en abundancia. También, específicamente, en los arrecifes de las islas de Curacao y Bonaire hubo un incremento en las poblaciones de *P. astreoides* y otras especies oportunistas, desde 1973 hasta el 2014, lo que ha ocasionado la declinación en estos arrecifes (De Bakker *et al.* 2016). Sin embargo, otros estudios como los realizados en Granada mostraron un decrecimiento de la densidad media de colonias de esta especie, entre el 2014 y 2017 (Eagleson *et al.* 2021). Justamente, *P. astreoides* es una de las especies consideradas como “weedy”, lo que contribuye al aumento de su abundancia (Holstein *et al.* 2016) y ha sido uno de los componentes típicos de los arrecifes coralinos del Caribe durante milenios (Pandolfi & Jackson 2006).

A pesar de la degradación de *Orbicella* spp., ante los indicadores

ecológicos de abundancia y densidad, en el 2017, esta especie reveló mayor porcentaje de cobertura que las restantes especies analizadas, lo que está en correspondencia con el diámetro máximo promedio imperante en ella. En una investigación elaborada en Punta Maroma, península de Yucatán, [Medina-Valmaseda et al. \(2020\)](#) determinaron un porcentaje de cobertura para *Orbicella* spp. (12.6%), menor al obtenido para el PNJR en el 2017. Estos autores detectaron una disminución en el diámetro máximo promedio de las colonias de *Orbicella* spp. entre 1985 y 2019; obtuvieron un valor, en este último año, de aproximadamente 18.6 cm, por debajo del alcanzado en el PNJR, en el 2017. Por su parte, el diámetro promedio de *A. agaricites*, obtenido en el PNJR, se puede considerar pequeño, teniendo en cuenta que las colonias adultas podrían alcanzar hasta 60 cm ([Helmuth & Sebens, 1993](#)). Esta especie es considerada también como “weedy” y ha disminuido su cobertura en el Caribe, desde 1973 hasta el 2014, de un 9.9% a 5.2% ([De Bakker et al. 2016](#)), valores que se encuentran por debajo del obtenido para el PNJR en el 2017. Precisamente, los cambios en las poblaciones de corales es posible que se caractericen por una transición a especies “weedy” ([Darling et al. 2012](#)) o estar asociados al incremento de las tallas de las colonias ([Hughes & Jackson, 1985](#)). Igualmente, pueden estar asociados a

la disminución de las tallas de las colonias, lo cual estaría en dependencia de los impactos antrópicos o naturales imperantes y de las condiciones ambientales prevalecientes en cada arrecife. En el PNJR, no hay estudios que demuestren que hayan existido modificaciones en la población de corales, relacionadas a las tallas de los corales.

En el PNJR, específicamente, en el hábitat de los escarpes poco profundos, persiste la dominancia de *S. siderea* en el tiempo (2001-2017), por lo que no se debe decir que esta especie ha sustituido a *Orbicella* spp. Más que un incremento de especies “weedy”, donde no se incluye a *S. siderea* y sí a *A. agaricites* y *P. astreoides* ([De Bakker et al. 2016](#)), lo que ha ocurrido, particularmente, desde el 2001 hasta el 2012, ha sido un decrecimiento en la abundancia y densidad de *Orbicella* spp., sin causas aún precisadas, período que coincide con el expuesto por [Green et al. \(2008\)](#), quienes plantean que la estructura de la comunidad de los arrecifes coralinos, en el Caribe, se está transformando sobre una escala de diez años. Esta mengua de *Orbicella* spp. no continuó hasta el 2017, pero se requeriría cinco años más, a partir de 2017, para evaluar nuevamente estos indicadores ecológicos y conocer si sus resultados persisten o no en el tiempo. Ello, junto con el aumento significativo de la densidad de *A. agaricites* y el incremento significativo tanto de la

abundancia como de la densidad de *P. astreoides*, desde el 2012 al 2017 (con valores, en el 2017, que no se diferencian, significativamente, con los obtenidos para *Orbicella* spp.), es una evidencia de una variación temporal en la comunidad de corales pétreos en el PNJR. Dicha modificación puede interpretarse como un desplazamiento, en el grupo de especies dominantes, de *Orbicella* spp. hacia *A. agaricites* y *P. astreoides*, lo cual coincide con lo que está ocurriendo en otros arrecifes del Caribe (Jackson *et al.* 2014; De Bakker *et al.* 2016).

Aunque los cambios en el ecosistema no son fáciles de predecir (porque pueden suceder en poco tiempo) y la disminución de las poblaciones de corales podría tener dificultad para revertirse (Mumby & Steneck, 2011), los resultados de este trabajo constituyen una alerta para los tomadores de decisiones del área protegida, a los cuales se les sugiere continuar los estudios sobre las poblaciones de *Orbicella* spp., *A. agaricites* y *P. astreoides*, y así prever una degradación del arrecife, en caso que los resultados mostrados aquí, persistan.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todos aquellos que participaron en la expedición CUBAGRRA II, efectuada en agosto del 2001. También, a los que formaron parte de las expediciones realizadas en

abril del 2012 y septiembre-octubre del 2017, pertenecientes al Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (CIEC), al Centro de Investigaciones Marinas (CIM) y al Instituto de Oceanología de Cuba. Igualmente, gracias a todo el personal de la Sucursal Marlin Jardines de la Reina y, en específico, al de la embarcación “*Oceans For Youth*”. Un agradecimiento especial a Roberto González-De Zayas, Fabián Pina Amargós, Claudia Bustamante López, Roy Phillips Pérez, Evelio A. Alemán Martín, Noel López y Eduardo del Sol Cruz. Asimismo, se agradece a la ONG Idea Wild, por facilitar medios para la realización del trabajo, y a los revisores anónimos, por sus atinadas e importantes sugerencias.

REFERENCIAS

- AGRRA. (2000). *The AGRRA Rapid Reef Assessment Protocol*. Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment Methodology. <https://www.agrra.org/>
- Alcolado, P. M., Hernández-Muñoz, D., Caballero, H., Busutil, L., Perera, S. & Hidalgo, G. (2009). Efectos de un inusual período de alta frecuencia de huracanes sobre el bentos de arrecifes coralinos. *Rev. Mar. Cost.*, 1, 73-93. <https://doi.org/10.15359/revmar.1.4>
- Banks, S. & Foster, K. (2017). Baseline Levels of *Siderastrea siderea* Bleaching under Normal Environmental Conditions in Little Cayman. *Open J. Mar. Sci.*, 7, 142-154. <http://dx.doi.org/10.4236/ojms.2017.71011>
- Baumann, J. H., Townsend, J. E., Courtney, T. A., Aichelman, H. E., Davies, S. W.,

- Lima, F. P. & Castillo, K. D. (2016). Temperature Regimes Impact Coral Assemblages along Environmental Gradients on Lagoonal Reefs in Belize. *PLoS ONE*, *11*, 9, e0162098. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162098>
- Benson, E. B., Rippe, P. J., Bove, B. C. & Castillo, D. K. (2018). Apparent timing of density banding in the Caribbean coral *Siderastrea siderea* suggests complex role of key physiological variables. *Coral Reefs*, *38*, 165-176. <https://doi.org/10.1007/s00338-018-01753-w>
- Bruno, J. F., Côté, I. M. & Toth, L. T. (2019). Climate change, coral loss, and the curious case of the parrotfish paradigm: why don't marine protected areas improve reef resilience? *Annu. Rev. Mar. Sci.*, *11*, 307-334. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010318-095300>
- Caballero, H., Armenteros, M., Perera Valde-rrama, S., Rey Villiers, N., Cobián Rojas, D., Campos Verdecia, K. & Alcolado Menéndez, P. M. (2019). Ecological condition of coral reef assemblages in the Cuban Archipelago. *Mar. Biol. Res.*, *15*(1), 61-73. <https://doi.org/10.1080/17451000.2019.1577557>
- Caballero, H., Alcolado, P. M., González, P., Perera, S. & Hernández-Fernández, L. (2013). *Protocolo para el monitoreo de bentos en arrecifes coralinos. Versión ajustada a partir del método de campo AGRRA 2000*. Cuba: Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Darling, E. S., Álvarez-Filip, L., Oliver, T. A., McClanahan, T. R. & Côté, I. M. (2012). Evaluating life-history strategies of reef corals from species traits. *Ecol. Lett.*, *15*(12), 1378-1386. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01861.x>
- De Bakker, D. M., Meesters, E. H., Bak, R. P. M., Nieuwland, G. & Van Duyl, F. C. (2016). Corrigendum: Long term shift in coral communities on shallow to deep reef slopes of Curacao and Bonaire: are there any winners? *Front. Mar. Sci.*, *3*, 247. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00171>
- Eagleson, R. G., Lumsden, J. S., Álvarez-Filip, L., Herbinger, C. M. & Horricks, R. A. (2021). Coverage Increases of *Porites astreoides* in Grenada Determined by Shifts in Size-Frequency Distribution. *Diversity*, *13*(288), 1-15. <https://doi.org/10.3390/d13070288>
- Edmunds, P. J. (2015). A quarter-century demographic analysis of the Caribbean coral, *Orbicella annularis*, and projections of population size over the next century. *Limnol. Oceanogr.*, *60*(3), 840-855. <https://doi.org/10.1002/lno.10075>
- Edmunds, P. J. (2010). Population biology of *Porites astreoides* and *Diploria strigosa* on a shallow Caribbean reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, *418*, 87-104. <https://doi.org/10.3354/meps08823>
- Estrada-Saldívar, E., Molina-Hernández, A., Pérez-Cervantes, E., Medellín-Maldonado, F., González-Barrios, J. F. & Álvarez-Filip, L. (2020). Reef-scale impacts of the stony coral tissue loss disease outbreak. *Coral Reefs*, *39*, 861-866. <https://doi.org/10.1007/s00338-020-01949-z>
- Ferrer-Rodríguez, V. M., González-Díaz, P., Hernández-Fernández, L., Siciliano, D., Bretos, F., April, A., ... & Santoro, A. (2016). Salud de las comunidades de corales en arrecifes de Jardines de la Reina - Golfo de Ana María, región surcentral de Cuba. *Rev. Inv. Mar.*, *36*(1), 34-56.
- Ferrigno, F., Bianchi, C. N., Lasagna, R., Morri, C., Russo, G. F. & Sandulli, R. (2016). Corals in high diversity reefs resist human impact. *Ecol. Indic.*, *70*, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.050>

- Gil-Agudelo, D. L., Cintra-Buenrostro, C. E., Brenner, J., González-Díaz, P., Kiene, W., Lusic, C. & Pérez-España, H. (2020). Coral Reefs in the Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Conservation Status, Challenges, and Opportunities. *Front. Mar. Sci.*, 6(807), 1-20. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00807>
- González-Díaz, P., González-Sansón, G., Aguilar-Betancourt, C., Álvarez-Fernández, S., Perera-Pérez, O., Hernández-Fernández, L., & ... de la Guardia-Llanso, E. (2018). Status of Cuban coral reefs. *Bull. Mar. Sci.*, 94, 229-247. <https://doi.org/10.5343/bms.2017.1035>
- González-Ferrer, S. (2004). Catálogo de los corales hermatípicos de aguas cubanas. En S. González-Ferrer (Ed.), *Corales pétreos. Jardines sumergidos de Cuba* (pp. 79-189). España: Editorial Academia.
- Goodbody-Gringley, G. & de Putron, S. J. (2016). Brooding Corals: Planulation Patterns, Larval Behavior, and Recruitment Dynamics in the Face of Environmental Change. In S. Goffredo & Z. Dubinsky (Eds.), *The Cnidaria, Past, Present and Future* (pp. 279-289). Switzerland: Springer.
- Green, H. D., Edmunds, J. P. & Carpenter, C. R. (2008). Increasing relative abundance of *Porites astreoides* on Caribbean reefs mediated by an overall decline in coral cover. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 359, 1-10. <https://doi.org/10.3354/meps07454>
- Hayes, N. K. (2019). *A characterization of a Southeast Florida stony coral assemblage after a disease event*. (Unpublished master's thesis). Nova Southeastern University.
- Helmuth, B. & Sebens, K. (1993). The influence of colony morphology and orientation to flow on particle capture by the scleractinian coral *Agaricia agaricites* (Linnaeus). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 165(2), 251-278. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(93\)90109-2](https://doi.org/10.1016/0022-0981(93)90109-2)
- Hernández-Fernández, L., Bustamante López, C., Dulce Sotolongo, L. B., Pina Amar-gós, F. & Figueredo, T. (2019a). Influencia del gradiente de protección sobre el estado de las comunidades de corales y algas coralinas costrosas en el Parque Nacional Jardines de la Reina, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 38(1), 83-99.
- Hernández-Fernández, L., González de Zayas, R., Weber, L., Apprill, A. & Armenteros, M. (2019b). Small-Scale Variability Dominates Benthic Coverage and Diversity Across the Jardines de La Reina, Cuba Coral Reef System. *Front. Mar. Sci.*, 6, 747, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00747>
- Hernández-Fernández, L., Olivera, Y. M., Figueredo-Martín, T., Gómez Fernández, R., Brizuela-Pardo, L. & Pina-Amar-gós, F. (2016). Incidencia del buceo autónomo y capacidad de carga en sitios de buceo del Parque Nacional Jardines de la Reina, Cuba. *Rev. Mar. Cost.*, 8(2), 9-27. <https://doi.org/10.15359/revmar.8-2.1>
- Hernández-Fernández, L., Guimaraes Bermejo, M., Arias Barreto, R. & Clero Alonso, L. (2011). Composición de las comunidades de octocorales y corales pétreos y la incidencia del blanqueamiento del 2005 en Jardines de la Reina, Cuba. *Rev. Mar. Cost.*, 3, 77-90. <https://doi.org/10.15359/revmar.3.6>
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., ... & Hatziolos, E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318(5857), 1737-1742. <https://doi.org/10.1126/science.1152509>
- Hoegh-Guldberg, O., Pendleton, L. & Kaup, A. (2019). People and the changing nature of coral reefs. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 30, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100699>

- Holstein, D. M., Smith, T. B. & Paris, C. B. (2016). Depth-independent reproduction in the reef coral *Porites astreoides* from shallow to mesophotic zones. *PLoS One*, 11, e0146068. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146068>
- Hughes, T. P. & Jackson, B. C. J. (1985). Population dynamics and life histories of foliaceous corals. *Ecol. Monogr.*, 55(2), 141-166. <https://doi.org/10.2307/1942555>
- Hughes, T. P., Graham, A. J. N., Jackson, B. C. J., Mumby, J. P. & Steneck, S. R. (2010). Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. *Trends Ecol. Evo.*, 25(11), 633-642. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.07.011>
- Jackson, J., Donovan, M., Cramer, K. & Lam, V. (2014). *Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012*. Switzerland: Global Coral Reef Monitoring Network.
- Kennedy, V. E., Tonk, L., Foster, L. N., Mumby, J. P. & Stevens, R. J. (2019). Temporal stability of *Orbicella annularis* symbioses: a case study in The Bahamas. *Bull. Mar. Sci.*, 95(2), 289-304. <https://doi.org/10.5343/bms.2018.0064>
- Medina-Valmaseda, A. E., Rodríguez-Martínez, R. E., Álvarez-Filip, L., Jordan-Dahlgren, E. & Blanchon, P. (2020). The role of geomorphic zonation in long-term changes in coral-community structure on a Caribbean fringing reef. *PeerJ*, 8, e10103. <https://doi.org/10.7717/peerj.10103>
- Mumby, J. P. & Steneck, S. R. (2011). The Resilience of Coral Reefs and Its Implications for Reef Management. In Z. Dubinsky & N. Stambler (Eds.), *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition* (pp. 509-519). EE. UU: Springer.
- Muthiga, N. A. & Szmant, A. M. (1987). The effects of salinity stress on the rates of aerobic respiration and photosynthesis in the hermatypic coral *Siderastrea sidera*. *Biol. Bull.*, 173(3), 539-551. <https://doi.org/10.2307/1541699>
- Obura, D. O. & Grimsdith, G. (2009). *Resilience Assessment of coral reefs-Assessment protocol for coral reefs, focusing on coral bleaching and thermal stress*. Switzerland: IUCN working group on Climate Change and Coral Reefs.
- Pandolfi, J. M. & Jackson, J. B. C. (2006). Ecological persistence interrupted in Caribbean coral reefs. *Ecol. Lett.*, 9(7), 818-826. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00933.x>
- Perera Valderrama, S., Alcolado, P. M., Caballero-Aragón, H., de la Guardia Llansó, E. & Cobián-Rojas, D. (2013). Condición de los arrecifes coralinos del Parque Nacional Guanahacabibes, Cuba. *Rev. Mar. Cost.*, 5, 69-86. <https://doi.org/10.15359/revmar.5.5>
- Perera Valderrama, S., Hernández-Arana, H., Ruiz-Zárate, M. A., Alcolado, P. M., Caballero-Aragón, H., González-Cano, J., ... & de la Guardia Llansó, E. (2017). Temporal dynamic of reef benthic communities in two marine protected areas in the Caribbean. *J. Sea Res.*, 128, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.07.007>
- Perera-Valderrama, S., Ávila, A. H., Méndez, J. G., Martínez, O. M., Rojas, D. C., Ferro Azcona, H. & Rodríguez Farrat, L. F. (2018). Marine protected areas in Cuba. *Bull. Mar. Sci.*, 94(2), 423-442. <https://doi.org/10.5343/bms.2016.1129>
- Pina-Amargós, F., Hernández-Fernández, L., Clero, L. & González-Sansón, G. (2008). Características de los hábitats coralinos en Jardines de la Reina, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 29, 225-237.
- Rey-Villiers, N., Alcolado-Prieta, P., Busutil, L., Caballero, H., Perera-Pérez, O., Hernández-Fernández, L., ... & Alcolado, M. P. (2016). Condición de los

- arrecifes coralinos del golfo de Cazones y el archipiélago Jardines de la Reina, Cuba: 2001-2012. En N. Rey-Villiers (Ed.), *Línea base ambiental para el estudio del cambio climático en el golfo de Cazones y el archipiélago Jardines de la Reina, Cuba* (pp. 93-146). Cuba: Instituto de Oceanología, CITMA.
- StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA for Windows [Computer program manual]. EE.UU.: StatSoft, Inc.
- Steiner, S. C. C. & Kerr, J. M. (2008). Stony corals in Dominica during the 2005 bleaching episode and one year later. *Rev. Biol. Trop.*, 56 (Supple. 1), 139-148. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i0.5583>
- Toth, T. L., Stathakopoulos, A., Kuffner B. I., Ruzicka, R. R., Colella, A. M. & Shinn, A. E. (2019). The unprecedented loss of Florida's reef-building corals and the emergence of a novel coral-reef assemblage. *Ecol.*, 100(9), e02781. <https://doi.org/10.1002/ecy.2781>
- van Woesik, R. & Randall, C. J. (2017). Coral disease hotspots in the Caribbean. *Ecosphere.*, 8(5), <https://doi.org/10.1002/ecs2.1814>
- Yranzo, A. (2020). *Coral pilar estrella y coral estrella montañoso Orbicella annularis y Orbicella faveolata, Venezuela*. Venezuela: Instituto de Zoología y Ecología Tropical.
- Zlatarski, V. N. & Martínez-Estalella, N. (1980). *Escleractíneos de Cuba con datos sobre los organismos asociados* (en ruso). Bulgaria: Editorial Academia de Bulgaria.

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” 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 organism 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.

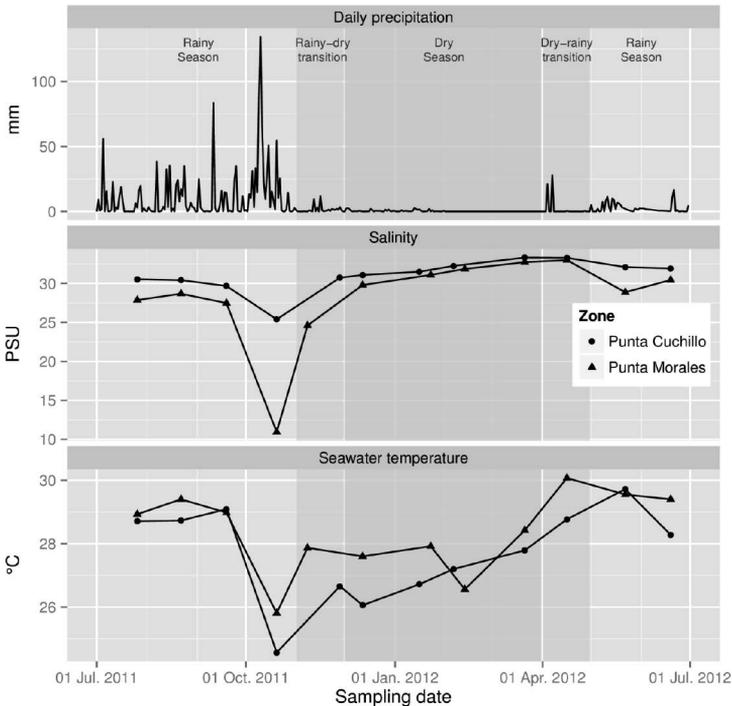


Fig. 3. Precipitación diaria (mm) y salinidad (UPS) y temperatura (°C) mensual registradas de julio de 2011 a junio de 2012 en las zonas de cultivo de *Crassostrea gigas* de Punta Cuchillo y de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Se representan la estación seca, la estación lluviosa y los meses 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 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.

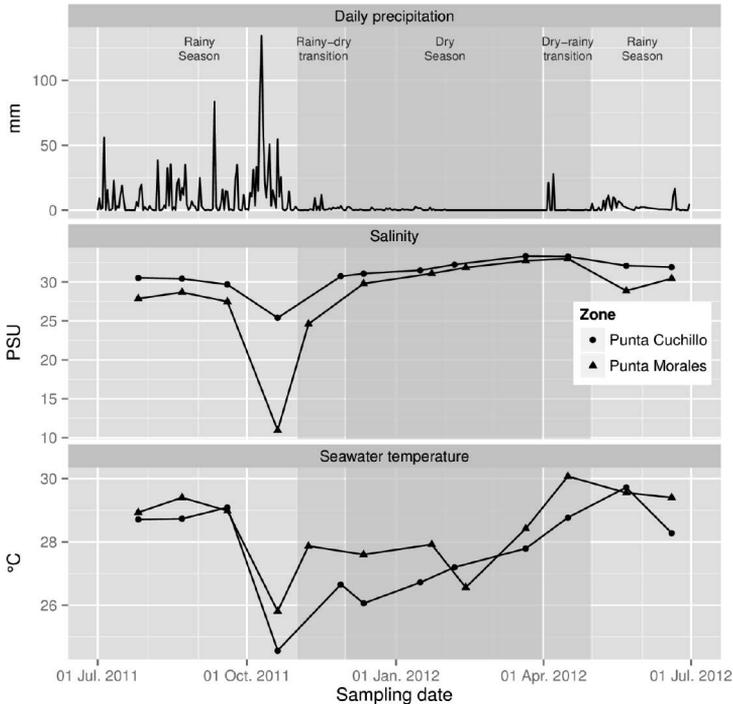


Fig. 3. Precipitación diaria (mm) y salinidad (UPS) y temperatura (°C) mensual registradas de julio de 2011 a junio de 2012 en las zonas de cultivo de *Crassostrea gigas* de Punta Cuchillo y de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Se representan la estación seca, la estación lluviosa y los meses 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.

