

Maestría en Ciencias Marinas y Costeras
Universidad Nacional

 **REVMAR**
REVISTA CIENCIAS
MARINAS Y COSTERAS

ESJI Eurasian
Scientific
Journal
Index
www.ESJIndex.org



PROC MAR
Programa de Maestría
en Ciencias Marinas y Costeras



Rector: Alberto Salom Echeverría**Comité Editorial Revista Ciencias Marinas y Costeras****Director**

Luis A. Villalobos Chacón Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Costa Rica.

Editora

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

Miembros Nacionales

Ricardo Jiménez Montealegre 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

M.Sc. Marybel Soto Ramírez Presidenta, Consejo Editorial
M.I. Erick Álvarez Ramírez Director Programa de Publicaciones e Impresiones
Dra. Shirley Benavides Vindas Miembro académica
Dr. Daniel Rueda Araya Vicerrector de Investigación
M.L. Gabriel Baltodano Roman Miembro académico

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, 2009.
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.crrevciemarycos@gmail.com

CONTENIDO

Estructura del fitoplancton en las épocas seca y lluviosa en el golfo de Papagayo, Costa Rica Phytoplankton structure in dry and rainy seasons in the gulf of Papagayo, Costa Rica <i>Sandra Loza Álvarez, Rosario Benavides-Morera, Carlos Luis Brenes-Rodríguez y Daniel Ballesteró Saxon</i>	9
Estudio de factibilidad del aprovechamiento económico de una especie invasora <i>Hypostomus plecostomus</i> en el humedal de Caño Negro, Costa Rica Feasibility study of the economic exploitation of the invasive species <i>Hypostomus plecostomus</i> in the Caño Negro Wetlands, Costa Rica <i>Raúl Fonseca-Hernández y Paulina Vargas-Alpizar</i>	31
Ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarones (<i>Litopenaeus vannamei</i> y <i>L. stylirostris</i>) en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec, México Fish discard in artisanal fishery of shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i> and <i>L. stylirostris</i>) in the Mar Muerto coastal lagoon, Gulf of Tehuantepec, Mexico <i>Jonny A. Hernández-Roque, Emilio I. Romero-Berny y Jesús M. López-Vila</i>	51
Incidencia del tipo de alimento sobre la sobrevivencia y ecdisis en <i>Callinectes bocourti</i> en cultivo para la obtención de jaiba blanda en el caribe colombiano Incidence of type of food on survival and ecdysis in cultured <i>Callinectes bocourti</i> to obtain soft crab in the Colombian Caribbean <i>Germán Lozano-Beltrán, Erick Orozco-Acosta, Karen Muñoz-Salas y Klaus Rodríguez-Díaz</i>	77
Confirmación de la presencia del tiburón cadena, <i>Scyliorhinus retifer</i> (Garman, 1881), en el suroeste del Golfo de México Confirmation of the presence of <i>Scyliorhinus retifer</i> (Garman, 1881) in the southwestern Gulf of Mexico <i>Luis Fernando Del Moral-Flores y Sheila Paleo-Delgado</i>	95
Instrucciones a los autores	105

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.

Estructura del fitoplancton en las épocas seca y lluviosa en el golfo de Papagayo, Costa Rica

Phytoplankton structure in dry and rainy seasons in the gulf of Papagayo, Costa Rica

Sandra Loza Álvarez¹, Rosario Benavides-Moreira², Carlos Luis Brenes-Rodríguez^{2*} y Daniel Ballesteró Saxon²

RESUMEN

Con el propósito de estudiar la estructura de la comunidad fitoplanctónica en el golfo de Papagayo, se realizaron 2 muestreos en febrero y junio del 2017, y se analizó adicionalmente información hidrográfica. Su composición estuvo dominada, en ambas épocas, por diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias y flagelados. La fracción de diatomeas aportó mayoritariamente a la estructura del fitoplancton con 41 taxa, luego los dinoflagelados con 20. En las diatomeas, los géneros más abundantes y con mayor frecuencia de aparición fueron *Rhizosolenia* sp., *Guinardia* sp. y *Thalassiosira* sp. En los dinoflagelados, *Tripos furca* predominó en la estación 20 en Bahía Culebra y resultó frecuente *Gyrodinium spirale*, así como los géneros *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium* sp. y *Amphidinium* sp. Las cianobacterias estuvieron representadas, principalmente, por formas chroocoides de los géneros *Anacystis* sp. y *Chroococcus* sp., al igual que las haptofíceas y los flagelados, por los coccolitoforidos y el género *Chrysocromulina* sp., respectivamente. En febrero, la concentración fitoplanctónica varió entre 326 y 1063 cél mL⁻¹, y en junio entre 653 y 1041 cél mL⁻¹, con características mesotróficas en ambas épocas. La hidrografía estuvo regulada por el ciclo anual de precipitaciones y el afloramiento estacional costero de Papagayo. En febrero, respecto a octubre, la temperatura superficial descendió 3°C, la salinidad ascendió 2 y la concentración de clorofila-*a* aumentó en 0.5 mg · m⁻³. Aguas más cálidas, menos salinas y con menores concentraciones de clorofila-*a* en octubre (T > 29°C, S < 32.2, Chl-*a* < 0.5 mg m⁻³) contrastan con lo observado en febrero.

Palabras claves: Zona costera, diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias, hidrografía.

ABSTRACT

In order to study the phytoplankton structure in the gulf of Papagayo, 2 sampling cruises were conducted in February and June of 2017, and hydrographic information was additionally analyzed. The phytoplankton composition was dominated in both months by diatoms, dinoflagellates, cyanobacteria and flagellates. The fraction of diatoms contributed mainly to the phytoplankton structure

¹ Instituto de Ciencias del Mar de Cuba.

² Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, Apdo. 86-3000. sloza@ceniai.inf.cu, rosario.benavides.moreira@una.ac.cr, carlos.brenes.rodriguez@una.ac.cr*, dab2@una.ac.cr

Recibido: 28 febrero 2018

Corregido: 29 agosto 2018

Aceptado: 4 setiembre 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.10-2.1>

Rev. Mar. Cost. ESSN 1659-407X. Vol. 10 (2): 9-30, julio-diciembre 2018.



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

with 41 taxa, followed by dinoflagellates with 20 taxa. In diatoms, the genera with the greatest contribution to diversity and frequency were *Rhizosolenia* sp., *Guinardia* sp., and *Thalassiosira* sp. In the case of dinoflagellates, *Tripos furca* predominated in station 20 located in Culebra Bay, while *Gyrodinium spirale* was frequent, as well as genera *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium* sp., and *Amphidinium* sp. Cyanobacteria were mainly composed by genera *Analysis* sp. and *Chroococcus* sp. and haptophyceas and flagellates, by the Coccolitoforids and the genus *Chrysocromulina* sp., respectively. In February the phytoplankton concentration varied between 326 and 1063 cells mL⁻¹, and in June between 653 and 1041 cells mL⁻¹, with mesotrophic characteristics in both seasons. The gulf's hydrography is regulated by the annual rainfall cycle and the seasonal coastal upwelling of Papagayo. In February, as opposed to October, surface temperature decreased by 3°C, salinity increased by 2 and chlorophyll-*a* concentration increased by 0.5 mg .m⁻³. Warmer waters, with lower saline and chlorophyll-*a* concentrations in October (T > 29°, S < 32.2, Chl-*a* < 0.5 mg m⁻³) are opposed to February results.

Keywords: Coastal zone, diatoms, dinoflagellates, cyanobacteria, hydrography.

INTRODUCCIÓN

Con una extensión de 180 km², el golfo de Papagayo (GP), localizado en el Pacífico Norte de Costa Rica, se ubica desde Punta Gorda hasta la península de Santa Elena. Una importante extensión de este se integra al Sistema de Parques Nacionales. Su profundidad varía hasta los 100 m y su climatología muestra una estacionalidad bien definida entre las épocas seca (diciembre-marzo) y lluviosa (mayo-noviembre) (IMN, 2008).

Al norte del GP, la periodicidad de las surgencias costeras, causadas por el forzamiento de los vientos predominantes del noroeste en la superficie del mar, influyen de manera estacional sobre su hidrografía (Ballesterero *et al.* 2012) y, probablemente, sobre las concentraciones de fitoplancton en dicho golfo, con la consecuente transmisión de energía en niveles tróficos superiores.

El GP comprende varios ecosistemas costeros muy interesantes y, al mismo tiempo, poco estudiados. Solo existe un trabajo que hace énfasis en la comunidad fitoplanctónica (Morales *et al.* 2001), a través del abordaje de un evento de marea roja en Bahía Culebra y Playa Panamá, ambos dentro del GP. En los últimos años, los usos de la zona costera del GP se han diversificado e intensificado, convirtiéndolo en una de las áreas más prósperas de la costa noroccidental del país, cuya mayor potencialidad se expresa en el turismo y la pesca. Adicional al trabajo antes citado, en el área solo existen estudios ambientales (May-Collado & Morales, 2005; Salas, 2010; Vargas, 2013) y se adolece de una caracterización integral de sus aguas desde el punto de vista oceanográfico-biológico, que permita, entre otras cosas y mediante un enfoque ecológico, realizar en un futuro cercano la evaluación de la calidad de sus aguas.

En este sentido, la comunidad fitoplanctónica es utilizada para evaluar la salud de los ecosistemas (De la Lanza *et al.* 2000; Loza *et al.* 2007; Jozwiak *et al.* 2008; Simon *et al.* 2009). El fitoplancton se ha destacado como un indicador de la calidad del agua cuando es analizado en el nivel de población y comunidad. Ha resultado útil en la identificación de especies clave para la comunidad y regiones de importancia biológica, proveyendo, de esta manera, un fundamento para el monitoreo de los posibles cambios de un determinado ecosistema, asociados al régimen climático e hidrológico, a diferentes escalas temporales y espaciales (Herrera-Silveira *et al.* 1999).

De este modo, el presente trabajo tiene como objetivo, en primera instancia, la caracterización de la comunidad fitoplanctónica en el golfo de Papagayo, en los períodos seco y lluvioso, y su relación con la hidrografía de la zona. Se busca, adicionalmente, contribuir con el inicio de una línea base de conocimiento, que a futuro permita monitorear y evaluar los cambios que eventualmente sucedan en este ecosistema marino, producto de la actividad humana o por fenómenos asociados a la variabilidad climática.

METODOLOGÍA

Los muestreos en el golfo de Papagayo se llevaron a cabo en octubre del año 2016 y tanto febrero como

junio del año 2017, meses representativos de las épocas seca y lluviosa, y en las cuales existen marcadas diferencias en la dinámica y la climatología de la zona. Los levantamientos hidrográficos se realizaron con un perfilador de temperatura, salinidad y densidad (CTD) modelo SB-19 plus, el que, adicionalmente, tenía sensores para la determinación de clorofila y oxígeno disuelto. Se muestreó en 24 estaciones, de las cuales se seleccionaron 8 para el estudio del fitoplancton, procurando, en este último caso, abarcar 3 zonas bien diferenciadas: la región con influencia más oceánica (2, 9 y 18), la más costera (5, 13 y 14) y la posible área con mayor impacto antropogénico como lo es Bahía Culebra (20 y 24) (Fig. 1).

Los datos de precipitación entre enero del 2016 y mayo del 2017 provienen de un pluviómetro electrónico Campbell, cuyas lecturas son horarias y pertenecen a la estación localizada en Nacascolo, en el centro-sur del golfo de Papagayo, en las coordenadas 10° 38' N, 85° 39' W, a una elevación de 1 msnm.

Las muestras de agua para los análisis de fitoplancton se colectaron a 25 m de profundidad en el máximo de clorofila-*a*, excepto en las estaciones 5 y 20, donde la profundidad local era inferior a 30 m.

Para determinar la composición de la comunidad fitoplanctónica, las muestras fueron colectadas en botellas Niskin de 1 litro, utilizando lugol ácido

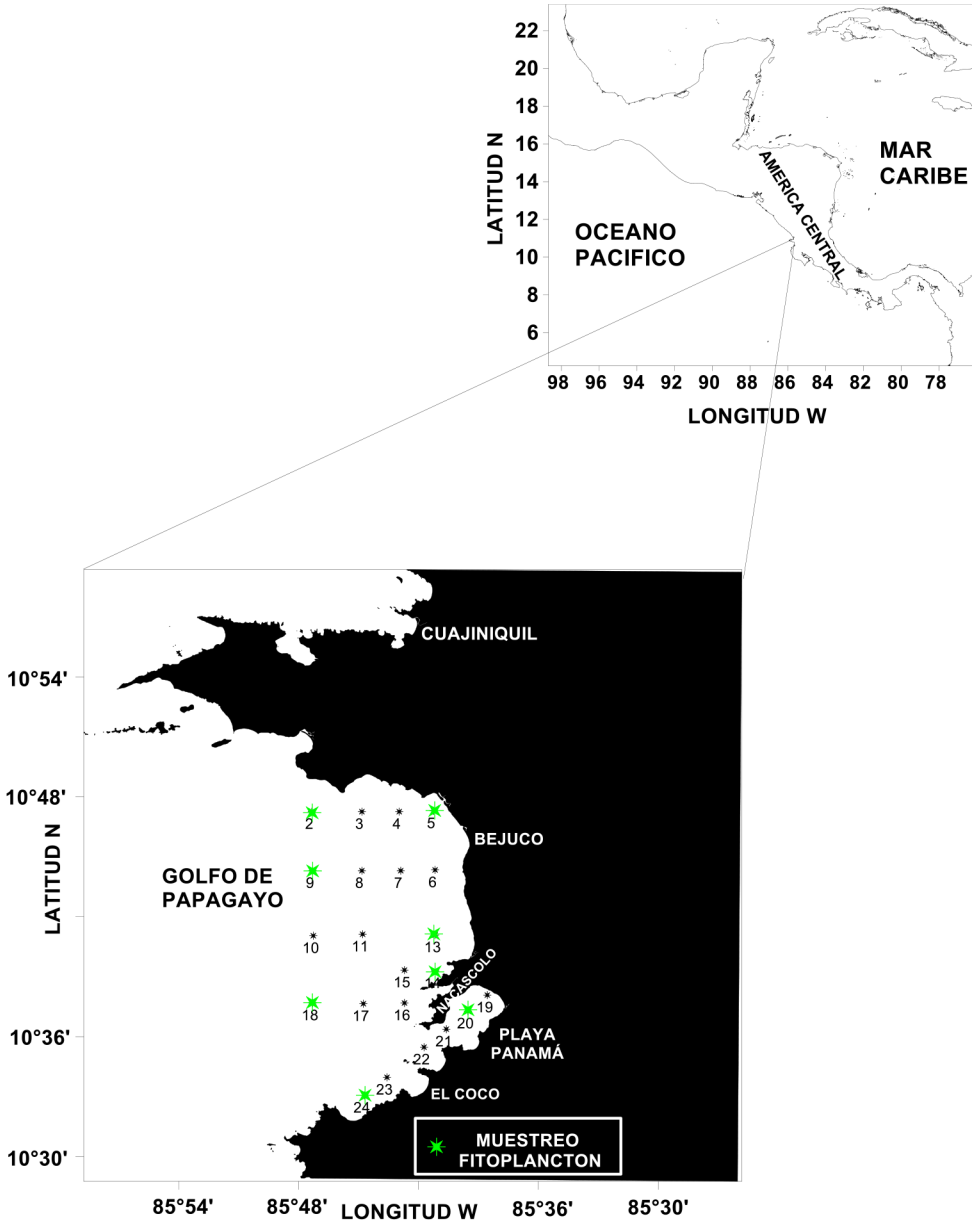


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo hidrográfico y de fitoplancton
Fig. 1 Location of hydrographic and phytoplankton sampling station

como fijador. En el laboratorio fueron procesadas según la metodología propuesta por Miravet *et al.* (2009). El análisis al microscopio se realizó a partir de una submuestra de 0.02 mL, con ayuda de un microscopio Olympus y un aumento de 400 x. Para el inventario de los organismos, se observó todo el volumen de la submuestra y, para su cuantificación, se escogieron líneas al azar en una cámara Sedgwick-Rafter.

Con el propósito de establecer las diferentes categorías taxonómicas, se adoptó el sistema de clasificación según el sitio *algaebase.org* (Guiry & Guiry, 2017). La identificación de los taxones se realizó de acuerdo con Licea-Durán *et al.* (1995), Moreno-Ruíz *et al.* (1996), Tomas (1997), Sant'Anna *et al.* (2005) y Gómez (2013).

Se utilizó la concentración de fitoplancton para definir las características tróficas de las aguas, utilizando la escala de Kloblents-Mishke & Vedernikov (1979).

Para determinar las diferencias entre estaciones y épocas de acuerdo con la concentración fitoplanctónica, se empleó la escala propuesta por Frontier (1981), la cual se basa en el análisis estadístico de las denominadas clases de abundancia establecidas sobre una progresión geométrica de razón 4.3. Las distribuciones espaciales y los perfiles verticales de las variables fi-

sicas fueron realizados utilizando SURFER 14 (2017) y GRAPHER 8 (2009).

RESULTADOS

La Figura 2 muestra los valores mensuales de precipitación en la estación de Nacascolo. En junio y octubre ocurren los 2 máximos anuales de lluvia en esta región (275 y 240 mm, respectivamente), así como, entre enero-abril, el período más seco, con un promedio mensual del orden de los 12 mm.

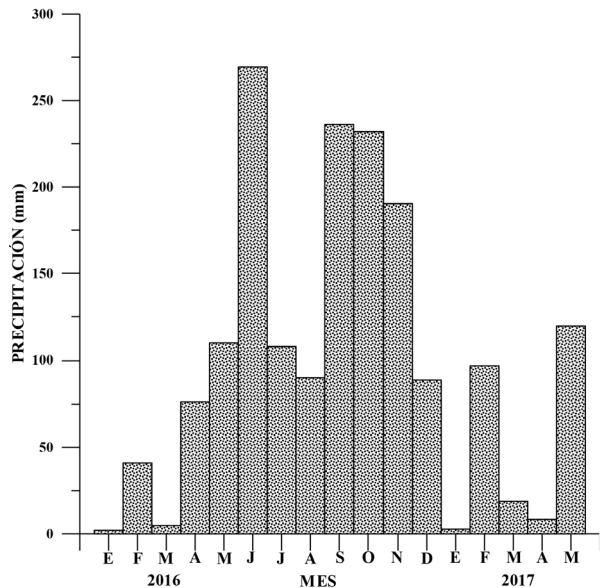


Fig. 2. Precipitación mensual (mm) en la estación de Nacascolo entre enero del 2016 y mayo del 2017

Fig. 2. Monthly precipitation (mm) at the Nacascolo Station between January 2016 and May 2017

La Figura 3 presenta las distribuciones superficiales de temperatura, salinidad y clorofila-*a* para octubre del 2016 y febrero del 2017. En época seca (febrero), las 3 variables muestran valores superficiales diferentes a los obtenidos en época lluviosa (octubre). En febrero, la temperatura (Fig. 3B) varió desde un mínimo de 25.3°C hasta un valor máximo de 27.5°C, de modo que el campo térmico en este estrato estuvo hasta 3°C por debajo de lo observado en octubre (Fig. 3A). En el caso de la salinidad, esta variable mostró su máximo valor en febrero (33.9) (Fig. 3D), con valores por encima de lo observado en octubre (Fig. 3C), al igual que la concentración de clorofila-*a* con 0.5 mg .m⁻³ (Fig. 3F) más que en octubre (Fig. 3E). Aguas más cálidas, menos salinas y con menores concentraciones de clorofila-*a* en octubre ($T > 29^{\circ}\text{C}$, $S < 32.2$, $\text{Chl-}a < 0.5 \text{ mg m}^{-3}$) contrastan con lo observado en febrero.

En época lluviosa, la zona central y más externa del golfo muestra temperaturas inferiores a 29.1°C (Fig. 3A) y salinidades menores a 31.5 (Fig. 3C). En esta misma zona, se observa un máximo de clorofila-*a* cercano a 1 mg m⁻³, al igual que en Bahía Culebra (Fig. 3F). En febrero, las temperaturas superficiales son menores en los extremos norte y sur del golfo (Fig. 3B) ($T < 27^{\circ}\text{C}$). Nuevamente, la parte central presenta las temperaturas más elevadas. En el caso particular de la salinidad, las aguas frías de la región

norte están asociadas a salinidades altas ($S > 33.5$), y en Bahía Culebra se tienen los valores más bajos ($S < 32$) (Fig. 3D). El campo superficial de clorofila-*a* se muestra bastante homogéneo en febrero, con valores del orden de 1.1 mg m⁻³ en casi todo el golfo, excepto, nuevamente, en el extremo norte donde esta variable supera los 1.4 mg m⁻³ (Fig. 3F).

En las figuras 4A y 4B, se observan los perfiles verticales de la temperatura, densidad y clorofila-*a* en la estación 24 (Fig. 1), correspondientes a octubre del 2016 y junio del 2017, respectivamente. Se presenta, entre épocas, una diferenciada distribución vertical en la clorofila-*a*, en la cual el máximo ubicado entre los 25 y 35 m de profundidad en octubre desaparece en febrero, para dar lugar a un estrato homogéneo entre la superficie y los 25 m con concentraciones hasta 3 veces mayores que las de octubre.

La comunidad fitoplanctónica estuvo mayoritariamente representada por 4 grupos: diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias y flagelados. En cuanto al número de especies, se observó un predominio de diatomeas y dinoflagelados (cuadros 1 y 2). La fracción de las diatomeas fue la que más aportó a la riqueza específica del fitoplancton con 41 taxa, seguida de los dinoflagelados con 20 taxa (Cuadro 1). En el grupo de los flagelados, se logró identificar únicamente el género *Chrysocromulina* sp.

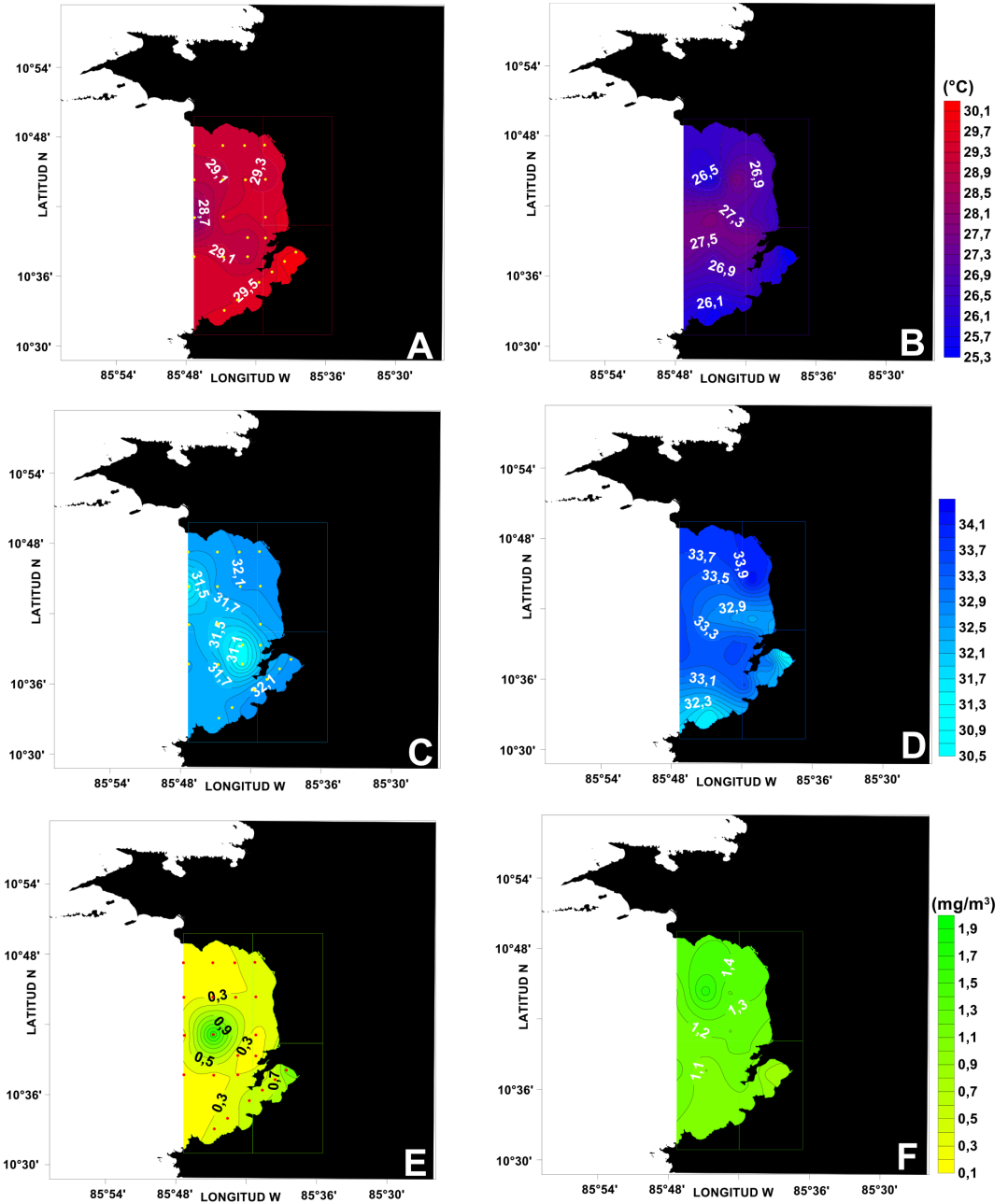


Fig. 3. Distribuciones superficiales de temperatura (°C) (A, B), salinidad (C, D) y clorofila-a (mg m⁻³) (E, F) para los meses de octubre del 2016 y febrero del 2017
Fig. 3. Surface distributions of temperature (°C) (A, B), salinity (C, D) and chlorophyll-a (mg m⁻³) (E, F) for October 2016 and February 2017

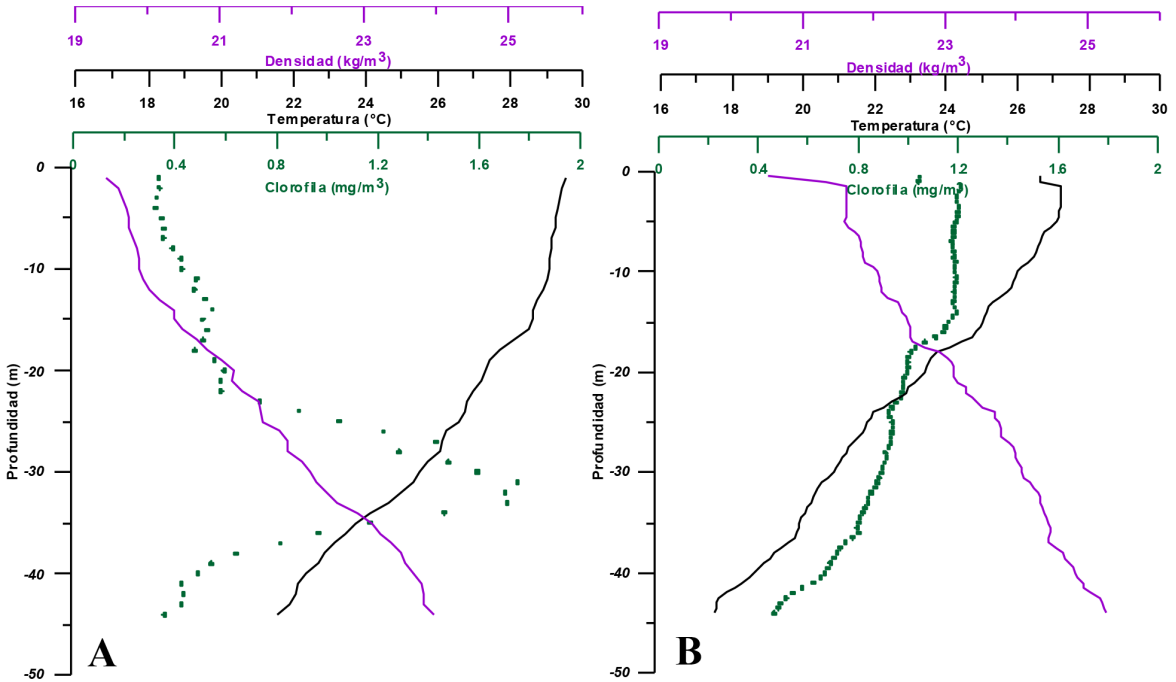


Fig. 4. Perfiles verticales de temperatura, densidad y clorofila-a en la estación 24, correspondientes a los meses de octubre del 2016 (A) y febrero del 2017 (B)
 Fig. 4. Vertical profiles of temperature, density and chlorophyll-a at station 24 for the months of October 2016 (A) and February 2017 (B)

En época lluviosa (junio), la riqueza específica de las diatomeas presentó un aumento en todas las estaciones, la de los dinoflagelados resultó muy similar en las 2 épocas (Cuadro 2). En las diatomeas, los géneros con mayor frecuencia de aparición fueron *Rhizosolenia* sp., *Guinardia* sp., *Thalassiosira* sp. y *Guinardia* sp. Entre los dinoflagelados, la especie *Triplos furca* predominó en la estación 20, ubicada en Bahía Culebra, y resultaron frecuentes

la especie *Gyrodiniumspirale* y los géneros *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium* sp. y *Amphidinium* sp. (Cuadro 1).

Las cianobacterias estuvieron representadas, principalmente, por 2 géneros: *Anacystis* sp. y *Chroococcus* sp., cuya frecuencia de aparición no varió entre estaciones ni entre épocas, y las haptofíceas y los flagelados estuvieron representados por los coccolitoforidos y el género *Chrysocromulina* sp., respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Inventario de la diversidad del fitoplancton en febrero (F) y junio (J). Se relacionan los géneros y especies de los principales grupos y su presencia en las muestras. (Varias equis representan el grado de abundancia en la muestra)

Table 1. Inventory of phytoplankton diversity in February (F) and June (J). The genera and species of the main groups and their presence in the samples are related. (Several x represent the degree of abundance in the sample)

Estaciones	2		5		9		13		14		18		20		24		
Épocas	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	
Grupos																	
Diatomeas																	
<i>Bacteriastrium comosum</i>		x															x
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	x	x	x	x								x		x	x		x
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	x																
<i>Rhizosolenia clevei</i> var. <i>communis</i>											x						
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hebetata</i>												x					
<i>Thalassiosira</i> cf. <i>poroseriata</i>	x																
<i>Thalassiosira oceanica</i>	x	x						x	x	x				x	x		x
<i>Thalassiosira</i> cf. <i>lineata</i>																	
<i>Thalassiosira</i> cf. <i>lineata</i>																	
<i>Navicula</i> f. <i>delicatula</i>	x																
<i>Planktoniella</i> sol	x																
<i>Dactylosolen fragilissimus</i>		x	x	x													
<i>Chaetoceros danicus</i>	x																
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>																	
<i>Chaetoceros affinis</i>		x															
<i>Chaetoceros</i> cf. <i>pseudocurvisetis</i>																	
<i>Guinardia</i> cf. <i>flaccida</i>																	

Estaciones	2		5		9		13		14		18		20		24	
	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J
Grupos																
<i>Guinardia delicatula</i>			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		
<i>Guinardia striata</i>	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Thalassionema nitzschioide</i>					X	X										
<i>Cylindroteca closterium</i>			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Dyctyochoa cf. Crux</i>							X									
<i>Nitzschia longissima</i>							X				X					
<i>Cerataulina cf. dentata</i>											X					
<i>Thalassiotrix longissima</i>											X					
<i>Hemiaulus sinensis</i>																
<i>Hemiaulus membranaceus</i>																
<i>Hemiaulus hauckii</i>																X
<i>Leptocylindrus danicus</i>							X		X							
<i>Meuniera membranacea</i>							X		X							X
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>							X		X							
<i>Pseudonitzschia cf. delicatissima</i>												X				
<i>Pseudonitzschia</i> sp.														X		
<i>Guinardia</i> sp.							X		X							
<i>Eucampia</i> sp.																X
<i>Cerataulina</i> sp.			X	X												X
<i>Chaetocero</i> sp.			X	X										X		
<i>Thalassiotrix</i> sp.			X	X									X			X

Estaciones	2		5		9		13		14		18		20		24	
Épocas	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J
Grupos																
<i>Rhizosolenia</i> sp.								X								
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	X			xxx											X	
<i>Navicula</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Thalassiosira</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Total 41	10	12	5	11	6	7	6	13	9	15	7	12	8	10	12	5
Dinoflagelados																
<i>Oxytoxum scalopax</i>	X							X				X				
<i>Gyrodinium spirale</i>	X	X	xxx	X	xxx	X	X	X	X	xxx				X	X	xxx
<i>Katodinium glaucum</i>	X	X	xxx	X										X	X	xxx
<i>Prorocentrum gracile</i>			X								X					X
<i>Prorocentrum micans</i>			X													X
<i>Peridinium</i> cf. <i>acciculiferum</i>								X		xxx	X			X		
<i>Scrippsiella trochoidea</i>			X	X	X	X					xx					X
<i>Tripos furca</i>		X	X			X					xx				xxx	X
<i>Akashiwo sanguineum</i>						X		X			X			X		X
<i>Pyrophacus steinii</i>						X					X		X			
<i>Pyrocystis noctiluca</i>								X								
<i>Protoperidinium claudicans</i>								X								
<i>Oxytoxum</i> sp.	X															
<i>Gymnodinium</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gyrodinium</i> sp.	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Amphidinium</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Estaciones	2		5		9		13		14		18		20		24	
	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J
Épocas																
Grupos																
<i>Pyrodinium</i> sp.			x													x
<i>Centrodinium</i> sp.			x													x
<i>Peridinium</i> sp.							x									
<i>Protoperdinium</i> sp.												x		x		
Total 20	5	6	10	7	4	10	4	4	5	5	7	6	6	5	6	10
Cianobacterias																
<i>Anacystis</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	xx	x	x	x	x	x
<i>Chroococcus</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	xx	x	x	x	x	x
<i>Rhichelia intracelularis</i>	x						x									
<i>Cianobacteria</i> no iden.								x								
Total 4	3	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2
Haptophyceas																
<i>Coccolithoforidos</i>									x		x		x			
Total 1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Microflagelados																
<i>Chrysocromulina</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	xxx	x	x	x
Rhaphidophyceas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chrysophyceas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Prasinophyceas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Prymnesiophyceas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Total 5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Cuadro 2. Géneros y especies del fitoplancton identificados en época seca (febrero) y época lluviosa (junio) en el golfo de Papagayo

Table 2. Phytoplankton genera and species identified during the dry season (February) and rainy season (June) in the gulf of Papagayo

Estaciones	Época	Grupos Diatomeas	Dinoflagelados	Cianobacterias	Haptofitea	Flagelados
2	Seca	10	5	3	0	1 género
	Lluviosa	12	6	2	0	1 género
5	Seca	5	10	2	0	1 género
	Lluviosa	11	7	2	1	1 género
9	Seca	6	5	3	1	1 género
	Lluviosa	7	7	2	0	1 género
13	Seca	6	4	2	1	1 género
14	Lluviosa	13	10	2	0	1 género
18	Seca	9	4	4	1	1 género
	Lluviosa	15	5	2	0	1 género
20	Seca	7	7	2	1	1 género
	Lluviosa	12	6	2	0	1 género
24	Seca	8	6	2	1	1 género
	Lluviosa	10	5	2	0	1 género

En febrero la concentración fitoplanctónica varió entre 326 y 1063 cél mL⁻¹ ($X_{media} = 563 \pm 157$ cél mL⁻¹ desviación estándar), y en junio entre 653 y 1041 cél mL⁻¹ ($X_{media} = 848 \pm 144$ cél mL⁻¹ desviación estándar) (Fig. 5). Hubo un incremento de la abundancia de fitoplancton en junio, de hasta 2 órdenes de magnitud, con respecto a febrero (Fig. 5), exceptuando la estación 20, donde se encontró en febrero el máximo valor para los 2 muestreos

(1063 cél mL⁻¹), superando lo encontrado en cualquier otra estación. La aplicación de la escala de Frontier (1981) permitió determinar que solo los valores de abundancia en la estación 2 fueron significativamente menores en ambos meses, respecto al resto de las estaciones. La concentración promedio total del fitoplancton fue un 43% mayor en junio en comparación con febrero (Fig. 5).

En febrero, las cianobacterias presentaron los mayores valores de concentración en las estaciones 18, 20 y 24, ubicadas hacia la parte sur del golfo y en Bahía Culebra, mientras que en período lluvioso se encontraron en las estaciones 2 y 5, localizadas en la parte norte del golfo de Papagayo. En esta misma época, la estación 20 dentro de Bahía Culebra se distingue del resto por presentar las mayores concentraciones en los 4 grupos (Fig. 1, Cuadro 3). El máximo valor de dinoflagelados observado en esta estación en febrero estuvo determinado por una gran cantidad de organismos de la especie *Tripods furca* (242 cél mL^{-1}), los cuales representaron el 75% de la población cuantificada de dinoflagelados (Cuadro 1).

La contribución en términos de porcentaje de los grupos a la concentración total del fitoplancton estuvo dominada por el aporte de los flagelados en ambas épocas (32%-58%) (Cuadro 4). Las cianobacterias aumentaron su aporte de manera general en época seca (febrero), las diatomeas mostraron un incremento en su contribución en época lluviosa (junio) y, finalmente, los dinoflagelados aumentaron su aporte en época seca, en las estaciones más al norte (2, 5 y 9), y en las estaciones más al sur, incluyendo Bahía Culebra, el comportamiento fue inverso (14, 18, 20 y 24) (Cuadro 4).

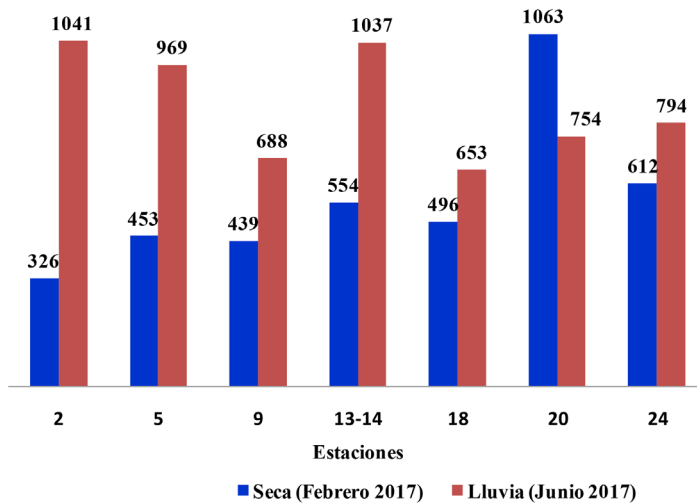


Fig. 5. Concentración de fitoplancton (cél mL^{-1}) en época seca (febrero) y época lluviosa (junio) en el golfo de Papagayo

Fig. 5. Concentration of phytoplankton (cel mL^{-1}) during the dry season (February) and rainy season (June) in the gulf of Papagayo

Cuadro 3. Concentración de los principales grupos del fitoplancton en febrero y junio. Valores máximos, mínimos, promedio y \pm desviación estándar

Table 3. Concentration of major phytoplankton groups in February and June. Maximum, minimum, mean values and \pm standard deviation

Estaciones	Diatomeas		Dinoflagelados		Cianobacterias		Flagelados	
	Febrero	Junio	Febrero	Junio	Febrero	Junio	Febrero	Junio
2	22	71	31	107	131	271	142	592
5	22	103	127	105	150	267	154	492
9	34	36	90	124	65	126	250	402
13	21	109	76	265	129	90	322	573
18	15	147	48	124	186	176	246	206
20	61	101	324	101	233	120	445	432
24	28	84	50	124	205	193	325	393
Promedio/DE	29 \pm 14	93 \pm 32	107 \pm 94	136 \pm 54	157 \pm 52	178 \pm 66	269 \pm 98	441 \pm 121
Máx.	61	147	324	265	233	271	445	592
Mín.	15	36	31	101	65	90	142	206

Cuadro 4. Porcentaje (%) de contribución de los principales grupos a la concentración total del fitoplancton en febrero y junio

Table 4. Contribution percentage (%) of the main groups to the total concentration of phytoplankton in February and June

Estaciones	Época	Grupos	Diatomeas	Dinoflagelados	Cianobacterias	Flagelados
2	Seca		7	10	40	44
	Lluviosa		7	10	26	57
5	Seca		5	28	33	34
	Lluviosa		11	11	28	51
9	Seca		8	21	15	57
	Lluviosa		5	18	18	58
13	Seca		4	14	23	58
14	Lluviosa		11	26	9	55
18	Seca		3	10	38	50
	Lluviosa		23	19	27	32
20	Seca		6	30	22	42
	Lluviosa		13	13	16	57
24	Seca		5	8	33	53
	Lluviosa		11	16	24	49

Al aplicar la escala de Klobents-Mishke & Vedernikov (1979) a las concentraciones de fitoplancton encontradas, se pudo concluir que las aguas del golfo de Papagayo presentan características mesotróficas en la mayoría de las estaciones. Solo las estaciones 5, en febrero, y la 2 y la 14, en junio, presentaron características eutróficas (Fig. 5).

DISCUSIÓN

Las distribuciones espaciales de temperatura, salinidad y clorofila-*a* para octubre (lluvioso) (Fig. 3A, C, E) y febrero (seco) (Fig. 3B, D, F) son un reflejo de los factores que regulan la hidrografía del golfo de Papagayo: el ciclo anual de precipitaciones y el afloramiento estacional costero de Papagayo asociado al patrón de vientos.

Las condiciones climáticas en esta parte del Pacífico Norte de Costa Rica están dominadas por la migración norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Según el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2008), el período seco en el Pacífico Norte se extiende de diciembre a marzo, meses en los cuales llueve únicamente el 4% de la precipitación anual, y el viento que predomina es el alisio del noreste; el mes de transición es abril y las lluvias inician en mayo. El 50% de la precipitación anual ocurre entre mayo y agosto, y se observa en junio un máximo de lluvia. Un segundo pico

de precipitación sucede entre setiembre y noviembre, meses en los cuales se presenta el restante 46% de la lluvia anual. Nuestros resultados (Fig. 2) coinciden con el análisis del comportamiento climatológico de la precipitación descrita por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2008).

Entre noviembre y marzo, el Pacífico Norte de Costa Rica y, de una manera muy directa, el GP se ven influenciados por el afloramiento costero de Papagayo que ocurre justo al norte de la zona estudiada (Chelton *et al.* 2000a; 2000b; Ballesteró & Coen, 2004; Ballesteró *et al.* 2012; Fiedler & Talley, 2006).

En superficie, los gradientes horizontales de las 3 variables (T, S y Cl-*a*) son en general más intensos en la dirección norte-sur que aquellos perpendiculares a la costa (Fig. 3). Esta característica es más evidente en época seca, cuando el extremo norte del golfo está frecuentemente influenciado por el afloramiento antes citado, lo cual permite zonificar latitudinalmente el golfo.

En este contexto, las bajas salinidades superficiales de octubre (lluvioso) con valores inferiores a 32.2 se asocian al aumento en las precipitaciones sobre el golfo, de la misma manera que las altas salinidades en febrero ($S > 33.1$) con la ausencia casi total de lluvias en la zona. Adicionalmente, en febrero, la disminución de la temperatura superficial y el aumento en las

concentraciones de clorofila-*a* y salinidades en dicho estrato (Fig. 3B, D, E) se explican también por la presencia de aguas de carácter oceánico en el golfo, cuyos índices termohalinos se ven modificados en esta época, debido al afloramiento de Papagayo (Brenes *et al.* 2008).

El análisis de los perfiles verticales de temperatura, densidad y clorofila-*a* de la Figura 4B refuerza la tesis anterior. Dichos perfiles revelan, en febrero, condiciones oceánicas en el golfo con temperaturas superficiales inferiores a 27°C. La isoterma de 25°C que identifica el tope de la termoclina en la región se localiza a una profundidad de 15 m, unos 20 m por encima de su profundidad típica en el Pacífico Tropical Oriental (Fiedler, 2002), tal y como se puede observar en octubre (35 m) (Fig. 4A). Este hecho evidencia la introducción de agua subsuperficial en las capas superiores del mar. Adicionalmente, el máximo de clorofila-*a*, ubicado a una profundidad de 35 m en octubre (Fig. 4A), desaparece en febrero (Fig. 4B), para dar paso a una distribución verticalmente homogénea en los estratos más superficiales de la columna con valores más altos, poniendo de manifiesto, nuevamente, la intromisión de aguas subsuperficiales desde los niveles intermedios hacia la superficie (por encima de los 15 m de profundidad). Esta homogeneidad de los niveles más superficia-

les en febrero refleja cómo la ausencia de fuentes laterales de agua dulce, la mezcla turbulenta inducida por el viento y los procesos de afloramiento son los factores moduladores de la estructura vertical de la columna de agua durante el período seco.

Como se mencionó en el párrafo precedente, el gradiente vertical de clorofila-*a* está mucho más marcado en octubre que en febrero, con la presencia de un máximo a profundidades intermedias (Fig. 4A). Estos máximos subsuperficiales están asociados a una mayor disponibilidad de nutrientes en dichos niveles y a un aumento de la penetración de la luz, lo cual ha sido relacionado con la disminución de la concentración de plancton en superficie (Estrada, 1982). En febrero, con una columna de agua más mezclada y más densa (menor temperatura y mayor salinidad), se registra un aumento en la concentración superficial de clorofila-*a* (Fig. 4B).

La comunidad fitoplanctónica (Cuadro 3) presentó una composición típica de zonas costeras, con un elevado aporte de especies de diatomeas y dinoflagelados, así como con elevadas concentraciones de flagelados (Moreira *et al.* 2007). Este comportamiento se relaciona con el mayor enriquecimiento en nutrientes y materia orgánica, propio de estas zonas (Caron, 2000). Las diatomeas se distinguen por presentar mayores requerimientos de nutrientes y los flagela-

dos poseen la capacidad de degradar la materia orgánica (Potapova, 1993). No obstante, las elevadas concentraciones de fitoplancton de la estación 20, en febrero (Fig. 5), podrían responder a una posible contaminación (orgánica o inorgánica) existente en Bahía Culebra, producto de la antropización de la zona (Wo Ching & Moreno, 2001; Sánchez-Noguera, 2012). El enriquecimiento de las aguas por escorrentía favorece la presencia de diatomeas en época lluviosa (junio), ya que este grupo no solo presenta mayores requerimientos de nutrientes esenciales, sino también de silicatos (Tomas, 1997).

En la composición de la comunidad fitoplanctónica encontrada en este estudio, se identificaron géneros y especies reportados como potencialmente nocivos y cianobacterias en todas las estaciones analizadas, lo cual se podría asociar, eventualmente, a una contaminación inorgánica, ya que estos organismos constituyen indicadores adecuados de alteraciones ambientales. Los organismos reportados fueron *Scripsiella acuminata*, *Akashiwo sanguinea* y *Prorocentrum* sp., los cuales se consideran potencialmente nocivos (Sar *et al.* 2002). También se observaron organismos indicadores de posible contaminación orgánica (saprobiedad), como es el caso de la especie de diatomea *Nitzschialongissima* y del género *Chroococcus* sp., los cuales están asociados a condiciones de contaminación

moderada o betamesosaprobiedad, con valores de abundancia relativa de hasta un 50% en algunas estaciones.

En aguas del mar Mediterráneo, Friligos & Koussouris (1984), al igual que Friligos (1989), asociaron a los dinaflagelados *Gymnodinium* sp., *Prorocentrummicans*, *Peridinium* sp. y *Ceratium* sp. con la presencia de contaminación producto de vertederos de aguas residuales. Los géneros *Gonyaulax* y *Gymnodinium* han sido reportados con un número importante de especies formadoras de mareas rojas tóxicas (Smayda & Shimizu, 1993).

Vilicic *et al.* (1995), en un estudio realizado en la Bahía Gruz en el mar Adriático, observaron que las variaciones en las condiciones hidrográficas, asociadas principalmente a cambios en los patrones de escorrentía, tenían una influencia directa con los cambios observados en las comunidades de diatomeas, específicamente de *Chaetoceros* sp., *Leptocylindrus* sp., *Nitzschiaseriata* y *Skeletonemacostatum*. Las variaciones en el régimen de precipitación que caracteriza nuestra zona de estudio (Fig. 2), con diferencias en los acumulados de precipitación superiores a los 200 mm entre los meses lluviosos y secos, modularían el comportamiento de la hidrografía de la zona estudiada, con la respectiva influencia sobre la composición del fitoplancton entre épocas.

La composición del fitoplancton obtenida en ambas épocas pone de manifiesto su utilidad como un indicador

sensible para evaluar la calidad de las aguas, a partir de los cambios que ocurren en el medio marino. El predominio de la especie *Tripos furca* encontrada en la estación 20 (Bahía Culebra), en época seca, podría tomarse como un resultado que justifique el monitoreo periódico del fitoplancton en esa área, ante la posibilidad de ocurrencia de florecimientos fitoplanctónicos, tal y como han sido reportados en el pasado (Morales *et al.* 2001). Estos autores reportaron la presencia del dinoflagelado *Lingulodinium polyedrum* por primera vez en Bahía Culebra, dentro del golfo de Papagayo y en Playa Panamá, el cual ha sido asociado con la producción de yesotoxinas, las cuales producen síntomas parecidos a los de las toxinas paralizantes (Paz *et al.* 2008).

Como se discutió en párrafos precedentes, el golfo de Papagayo experimenta estacionalmente la influencia del afloramiento costero que ocurre en esta región. Estos fenómenos son capaces de aumentar los niveles de clorofila (Fig. 3F) en el área y también los procesos turbulentos en la columna de agua, los cuales inducen, en algunos casos, la remoción de sedimentos en el lecho marino. Tal condición había sido reportada con anterioridad por Morales *et al.* (2001), al apuntar que los hipnoquistes de *L. polyedrum* necesitan un tiempo prolongado de maduración, al ser susceptibles de ser enterrados en los sedimentos antes de germinar, de modo que estas surgencias periódicas

se convierten en mecanismos de resuspensión no solo de los nutrientes, sino de los hipnoquistes, manteniéndolos en la zona fótica durante el tiempo necesario para que germinen.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo no es evaluar el estado de salud ambiental del GP, sino hacer una descripción de la composición del fitoplancton presente en sus aguas, como un aporte a esta área de conocimiento, ya de por sí escaso para esta región. Sin embargo, a pesar de que la presencia de organismos potencialmente nocivos en nuestros análisis no es concluyente en cuanto al deterioro de dicho cuerpo de agua, sí puede contribuir a la creación de una línea base de resultados que permita, en el futuro cercano, planificar trabajos de investigación en esta zona costera de tanto interés en el campo de la preservación ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo con fondos de la Universidad Nacional de Costa Rica, a través de los proyectos Servicio Regional de Información Oceanográfica y Cambios estacionales de la calidad del agua del golfo de Papagayo, Guanacaste, Costa Rica. Nuestro agradecimiento a MarViva, por financiar los costos de la embarcación; a la Asociación Costa Rica por Siempre; al personal del Área de Conservación Guanacaste, y al Centro de Recursos Hídricos para

Centroamérica y el Caribe (HIDRO-CEC), por el apoyo logístico para realizar el trabajo de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballestero, D. & Coen, E. (2004). Generation and propagation of anticyclonic rings in the Gulf of Papagayo, Costa Rica. *Int. J. Remote Sens.*, 25(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/01431160310001642395>
- Ballestero, D., Márquez, A., Salazar, P. & Murillo, G. (2012). *Condiciones Oceanográficas en el Golfo de Papagayo*. Informe Técnico. Universidad Nacional, Laboratorio de Oceanografía. Heredia: Costa Rica.
- Brenes, C. L., Lavin, M. F. & Mascarenhas, A. (2008). Geostrophic circulation between the Costa Rica Dome and Central America. *Deep Sea Res.*, 1 55, 608-629. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2008.02.005>
- Caron, D. A. (2000). Symbiosis and mixotrophy among pelagic microorganisms. In D. A. Kirchman (Ed.), *Microbial Ecology of the Oceans* (pp. 495-523). New York, EE. UU.: John Wiley and Sons.
- Chelton, D. B., Freilich, M. H. & Esbensen, S. K. (2000a). Satellite Observations of the Wind Jets off the Pacific coast of Central America. Part I: Case studies and statistical characteristics. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1993-2018. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2000\)128<1993:SOOTWJ>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2000)128<1993:SOOTWJ>2.0.CO;2)
- Chelton, D. B., Freilich, M. H. & Esbensen, S. K. (2000b). Satellite Observations of the Wind Jets off the Pacific Coast of Central America. Part II: Regional Relationships and Dynamical Considerations. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 2019-2043. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2000\)128<1993:SOOTWJ>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2000)128<1993:SOOTWJ>2.0.CO;2)
- De la Lanza, G., Hernández, S. & Carvajal, J. L. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. México D. F., México.: Plaza & Valdés, S. A.
- Estrada, M. (1982). Ciclo anual del fitoplancton en la zona costera frente a Punta Endata (Golfo de Vizcaya). *Inv. Pesq.*, 46(3), 469-491.
- Fiedler, P. (2002). The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dome. *Deep-Sea Res.*, 1 (49): 231-338. [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(01\)00057-7](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(01)00057-7)
- Fiedler, P. C. & Talley, L. D. (2006). Hydrography of the eastern Pacific: A review. *Progr. Oceanogr.*, 69, 143-180. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.008>
- Friligos, N. & Koussouris, T. (1984). Preliminary observations on sewage nutrient enrichment and phytoplankton ecology in the Thermaikos Gulf, Thessalonik, Greece. *Vie et Milieu*, 31(1), 35-39.
- Friligos, N. (1989). Hydrographic and plankton variability in the Saronikos Gulf. *Toxicol. Environ. Chem.*, 24, 155-170. <https://doi.org/10.1080/02772248909357486>
- Frontier, S. (1981). Recuentos y análisis de los datos. Tratamiento de los datos. En D. Boltovskoy (Ed.), *Atlas del zooplankton del Atlántico Sudoccidental y método de trabajo con zooplankton marino* (pp. 169-188). Mar del Plata, Argentina: INIDEP.
- Gómez, F. (2013). Reinstatement of the dinoflagellate genus *Triplos* to replace *Neoceratium*, marine species of *Ceratium* (Dinophyceae, Alveolata). *CICIMAR. Océanides*, 28(1), 1-22.
- GRAPHER 8. (2009). Grapher® 2D and 3D Graphing Software for Scientists and

- Engineers, version 8www.GoldenSoftware.com. Colorado, EE. UU.: Golden Software, Inc.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2017). *Algae Base*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Recuperado en julio 07, 2017, disponible en <http://www.algaebase.org>.
- Herrera-Silveira, J., Martín, M. & Díaz-Arce, V. (1999). Variaciones del fitoplancton en cuatro lagunas costeras del Estado de Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.*, 47(1), 47-56.
- IMN. (2008). Instituto Meteorológico Nacional. Clima en Costa Rica: Pacífico Norte. Recuperado en setiembre 09, 2017, disponible en <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/PacificoNorte.pdf/4a0e8960-8c51-4390-8a8d-73d9d825d59b>.
- Józwiak, T., Mazur-Marzec, H. & Plinski, M. (2008). Cyanobacterial blooms in the Gulf of Gdan'sk (southern Baltic): The main effect of eutrophication. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, 37, 115-121. <https://doi.org/10.2478/v10009-008-0015-z>
- Koblentz-Mishke, O. J. & Vedernikov, V. I. (1979). Producción Primaria. En M. E. Vinogradov (Ed.), *Oceanología, Biología del Océano* (pp. 183-309). Nauka, Moscú: Producciones Biológicas del Océano.
- Licea-Durán, S., Moreno-Ruiz, J. L., Santoyo, H. & Figueroa, G. (1995). *Dinoflagelados del Golfo de California*. México: UABCS.
- Loza, S., Lugioyo, M., Martínez, M., Miravet, M. E., Montalvo, J. & Sánchez, M. (2007). Evaluación de la calidad de las aguas del Golfo de Batabanó a partir de indicadores biológicos y químicos. *Rev. Invest. Mar.*, 28(2), 111-120.
- May-Collado, L. & Morales, R. 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.
- Miravet, M. E., Lugioyo, M., Loza, S., Enríquez, D., Delgado, Y., Carmenate, M. & Pérez, D. M. (2009). *Procedimientos para el monitoreo de la calidad ambiental en la zona marino costera a partir de microorganismos*. La Habana, Cuba: Centenario.
- Morales, R. A., Viquez, R. R., Vargas, K. & Vargas, M. (2001). Marea Roja producida por *Lingulodinium polyedrum* (Peridiniales, Dinophyceae) en Bahía Culebra, Golfo de Papagayo, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 49(2), 19-23.
- Moreira, A., Seisdedo, M., Leal, S., Comas, A., Delgado, G., Regadera, R., Alonso, C., Muñoz, A. & Abatte, M. (2007). Composición y abundancia del fitoplancton de la Bahía Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 28(2), 97-109.
- Moreno-Ruiz, J. L., Licea-Durán, S. & Santoyo, H. (1996). *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México: SEP-FO-MES-PROMARCO.
- Paz, B., Daranas, A. H., Norte, M., Riobó, P., Franco, J. M. & Fernández, J. J. (2008). Yessotoxins, a Group of Marine Polyether Toxins: an Overview. *Mar. Drugs.*, 6, 73-102. <https://doi.org/10.3390/md20080005>
- Potapova, N. A. (1993). Destruction of organic matter in different size fractions of plankton in lower Dniester and Deniester liman. *Gidrobiol. Zh. Hydrobiol. J.*, 29(2), 12-22.
- Salas, R. A. (2010). Polo Turístico Golfo de Papagayo, Guanacaste, Costa Rica. Análisis del Polo Turístico Golfo de Papagayo como un modelo único gubernamental de concesión turística. En Center for Responsible Travel (Eds.), *The Impact of Tourism Related Develop-*

- ment along Costa Rica's Pacific Coast (pp. 36-46). Washington, EE. UU.: Center for Responsible Travel.
- Sánchez-Noguera, C. (2012). Entre historias y culebras: más que una bahía (Bahía Culebra, Guanacaste, Costa Rica). *Rev. Biol. Trop.*, 60(2), 1-17.
- Sant'Anna, C., Azevedo, M. T., Agujaro, L., Carvalho, M. C. & Souza, R. C. (2005). *Manual ilustrado para identificación y conteo de cianobacterias planctónicas de aguas continentales brasileiras*. Sao Paulo, Brasil: Interciencia.
- Sar, E. A., Ferrario, M. E. & Reguera, B. (2002). *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano*. Madrid, España: Instituto Español de Oceanografía.
- Simon, N., Cras, A. L., Foulon, E. & Lemee, R. (2009). Diversity and evolution of marine phytoplankton. *C. R. Biol.*, 332, 159-170. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.09.009>
- Smayda, T. & Shimizu, Y. (1993, noviembre). *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Proceedings of the Fifth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton, Newport, EE. UU.
- SURFER 14 (2017). Surfer® Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers, version 14 www.Golden-Software.com. Colorado, EE.UU: Golden Software, Inc.
- Tomas, C. R. (1997). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. New York, EE. UU.: Academic Press.
- Vargas, C. (2013). Contaminación fecal amenaza el turismo en Playas del Coco. *La Nación*. Recuperado en julio 13, 2017, disponible en http://www.nacion.com/nacional/Contaminacion-amenaza-el-turismo-Playas-coco_0_1353464668.html
- Vilicic, D., Krsinic, F., Caric, M., Jasprica, N., Bobanovic, S. & Mikus, J. (1995). Plankton and hydrography in a moderately eutrophicated eastern Adriatic bay (Gruz Bay). *Hydrobiologia*, 304, 9-22. <https://doi.org/10.1007/BF00006876>
- Wo Ching, S. E. & Moreno, C. (2001). *Evaluación nacional sobre fuentes de contaminación y actividades humanas originadas en tierra que afectan ambientes marinos, costeros y dulce acuicola asociados en Costa Rica*. Informe Centro de Derecho Ambiental y Recursos Naturales CEDARENA/GPA, San José, Costa Rica. Sin editorial.

Estudio de factibilidad del aprovechamiento económico de una especie invasora *Hypostomus plecostomus* en el humedal de Caño Negro, Costa Rica

Feasibility study of the economic exploitation of the invasive species *Hypostomus plecostomus* in the Caño Negro Wetlands, Costa Rica

Raúl Fonseca-Hernández^{1*} y Paulina Vargas-Alpízar²

RESUMEN

El Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Caño Negro se ubica entre los cantones de Guatuso y Los Chiles en Alajuela, Costa Rica. El humedal que se presenta en este Refugio tiene una presencia abundante de la especie invasora denominada *Hypostomus plecostomus* o pez pleco, la cual afecta al ecosistema nativo y genera consecuencias socioeconómicas para los habitantes de la zona. El objetivo de este estudio fue evaluar la factibilidad técnica y financiera de una alternativa para el aprovechamiento económico de la especie invasora. Se aplicó la revisión secundaria de datos, encuestas, entrevistas a expertos y trabajo de campo. La alternativa productiva analizada es la elaboración de harina de pescado para consumo animal (vacuno de engorde). El proyecto posee una sólida justificación, con resultados positivos en el estudio técnico y financiero, donde se obtiene una tasa interna de retorno del 2%, y valor actual neto de los ingresos ₡35 729 676. Adicionalmente, se generará empleo en la zona. Sin embargo, el componente legal frena, en el corto plazo, la ejecución del proyecto, dado que, en la actualidad, en cuerpos de agua continentales, solo se permite la pesca por medio de cuerda y el pez pleco no puede ser capturado mediante esta, por lo que se requeriría una modificación a la Ley actual. El trabajo generó una metodología base hacia el análisis futuro, para la evaluación de proyectos productivos que busquen el aprovechamiento económico, cuyas poblaciones requieran ser controladas por sus efectos negativos en los ecosistemas locales.

Palabras clave: *Hypostomus plecostomus*, aprovechamiento económico, especie invasora, plecos, Caño Negro

ABSTRACT

The Caño Negro Mixed National Wildlife Refuge is located between Guatuso and Los Chiles counties in Alajuela, Costa Rica. The Caño Negro Wetlands has an abundant presence of the

- 1 Economista, académico e investigador de la Escuela de Relaciones Internacionales de la Universidad Nacional y de la Sección de Economía de Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica, raul.fonseca.hernandez@una.cr*
- 2 Bióloga, Proyecto Humedales, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, paulina.vargas@sinac.go.cr

Recibido: 26 abril 2018

Corregido: 10 octubre 2018

Aceptado: 11 octubre 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.10-2.2>

Rev. Mar. Cost. ESSN 1659-407X. Vol. 10 (2): 31-49, julio-diciembre 2018.



invasive species *Hypostomus plecostomus* or suckermouth catfish (locally known as pleco fish), which affects the native ecosystem and generates socioeconomic consequences for the inhabitants of the area. This paper is aimed at evaluating the technical and financial feasibility of an alternative for the economic exploitation of the invasive species. Secondary data analysis, surveys, fieldwork, and expert interviews were applied. The most feasible alternative is the production of fish flour for cattle fattening. The project has a strong technical and financial justification that supports its feasibility, with a 2% internal rate of return and a net present value of income equivalent to ₡35,729,676. In addition, this option will generate employment in the area. However, the legal component is stopping the execution of the project in the short term since, at present, the only fishing allowed in continental waters is by means of rods or ropes, which would require a modification to the current law as pleco fish cannot be caught this way. This research study generated a baseline methodology for future analysis for the evaluation of profitable projects aiming to generate economic exploitation of populations that require to be controlled due to their negative effects on local ecosystems.

Keywords: *Hypostomus Plecostomus*, economic exploitation, invasive species, plecos, Caño Negro

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento económico de especies invasoras presentes en áreas bajo alguna categoría de manejo puede ser una fuente de empleo para las comunidades aledañas y una opción viable para contener y mermar los efectos negativos sobre el ecosistema. Esta discusión puede darse al comprobar la existencia de una especie en una avanzada etapa de invasión, lo cual implica que la especie ya ha colonizado el hábitat en estudio y se reproduce sin problemas, y contraponer los daños que esta puede generar al ecosistema local frente a un proyecto productivo que esté acorde con el entorno de la comunidad y aproveche como insumo la especie invasora.

El sitio de estudio es el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Caño Negro (RNVSMCN), el cual

posee registros recientes de la existencia de una población importante de *Hypostomus plecostomus* o peces pleco, que son pertenecientes a la familia Loricariidae, los cuales son catalogados tanto en Costa Rica, como en otros países como peces exóticos e invasores que provocan daños a especies nativas, ecosistemas y economías locales (Mendoza *et al.* 2007; Nico *et al.* 2009a; Ayala-Pérez *et al.* 2014). Así mismo, las comunidades aledañas tienen condiciones de vulnerabilidad social agravadas por la falta de opciones de empleo en la zona, aspecto que podría mejorar con el aporte económico del pez.

La investigación se dio en el marco de un trabajo conjunto realizado por el Proyecto Conservación, uso sostenible de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios de los ecosistemas de humedales protegidos

de importancia internacional (conocido como Proyecto Humedales), con el auspicio del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), administrado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) e implementado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) (Proyecto Humedales, 2017). Lo cual permitió el intercambio disciplinario de la biología, en conjunto con la economía, para la realización del análisis en cuestión.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la factibilidad técnica y financiera de un emprendimiento productivo, que utilice como insumo la especie invasora *H. plecostomus* o pez pleco, presente en el humedal de Caño Negro, para la generación de alternativas productivas que permitirían a las comunidades aledañas mejorar sus condiciones de vida, así como la minimización del impacto que dicha especie genera en el humedal. Se busca atender las siguientes interrogantes: ¿Cuáles elementos debe considerar un proyecto productivo para ser técnica y financieramente viable?, así como ¿Cuál será el aprovechamiento económico más viable que utilice como insumo la especie invasora pez pleco en el humedal de Caño Negro?

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación tiene un método cuantitativo, bajo un enfoque de factibilidad técnica y de demanda. Se

realizó en dos etapas. En la primera se constata mediante fuentes bibliográficas complementarias y en la segunda etapa se realizó trabajo de campo para elegir el aprovechamiento más adecuado que se le podría dar al pez pleco. En cuanto a las referencias bibliográficas, se contó con una importante limitación, dado que sobre el tema en estudio existe un acervo documental restringido en cuanto a abordar el tema desde dos perspectivas: la biológica y la económica, por lo que se recurre a utilizar referencias bibliográficas con una antigüedad mayor a los cinco años.

Para la segunda etapa se realizaron ocho giras a la zona de estudio y alrededores, entre enero y julio de 2017. Las giras de trabajo, con un grupo de aproximadamente 20 vecinos representantes de las cuatro asociaciones de desarrollo integral existentes en el distrito de Caño Negro, estas son: Caño Negro, Nueva Esperanza, Buenos Aires y Veracruz, quienes potencialmente se encargarían de la ejecución y administración del emprendimiento.

La elección de la idea productiva que podría dar un aprovechamiento económico a la especie invasora fue seleccionada mediante una búsqueda de datos secundarios y un levantamiento primario de información con el grupo de vecinos de la zona. El levantamiento primario de información se realizó mediante el método constructivista y la herramienta del meta-plan. De tal forma que se partió de las

experiencias y conocimientos previos de las personas participantes (Tobón, 2008) en el manejo de otros peces y el conocimiento de la cultura local, para determinar los posibles usos de la especie invasora en particular. Los mismos fueron confrontados con los resultados obtenidos en la literatura y en las entrevistas al médico veterinario Carlos Alpizar Solís de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional (Alpizar, comunicación personal, marzo 20, 2017), así como Nelson Peña Navarro (Peña, comunicación personal, enero 14, 2017) coordinador de la Unidad de Investigación de la Universidad Técnica Nacional y desarrollo comunitario de la Universidad Técnica Nacional.

Por último, la tercera etapa consistió en el análisis de la viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de la especie invasora. Esto se realizó mediante el método de plan de negocios y evaluación financiera de proyectos. El desarrollo de los principios de un plan de negocios básico de Pedraza (2011) sigue las siguientes partes:

- Justificación: la cual consiste en la identificación de las razones que motivan el desarrollo de la idea de negocios.
- Estudio de mercado: búsqueda de información secundaria, entrevistas a profundidad según

las actividades descritas en la segunda etapa del proyecto.

- Estudio técnico: permite conocer la viabilidad técnica del proyecto. Analiza la escala de planta (tamaño requerido para la producción pretendida), los materiales, insumos y maquinaria requeridos para la producción como tal, el tipo y diseño de infraestructura, la cantidad de recurso humano, la direccionalidad del flujo de proceso así como los tiempos de producción, entre cualquier otro elemento necesario para poner en marcha el proyecto. Este apartado se elaboró con base en las entrevistas a profundidad.
- El estudio financiero: se genera el presupuesto del proyecto al sumar los costos asociados y se planifica el flujo de caja del mismo (Valverde & Alfaro, 2014). Se aplica un tipo de análisis financiero basado en el cálculo e interpretación de las siguientes razones financieras para analizar su viabilidad: Tasa Interna de Retorno y el Valor Actual Neto de la Inversión (Sapag, 2007; Zequeira *et al.* 2017)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se desarrollan los siguientes componentes: justificación, estudio de mercado, estudio técnico y estudio financiero, como los resultados obtenidos por la investigación. Por lo tanto, en cada componente dichos resultados darán a conocer la viabilidad técnica y económica de la propuesta productiva para aprovechar económicamente la especie invasora en el humedal de Caño Negro.

Justificación de la propuesta

El proyecto se justifica en tres aspectos primordiales: el primero parte de un razonamiento biológico, al considerar la presencia abundante de una especie invasora en el humedal de Caño Negro; el segundo es socioeconómico, vinculado a las condiciones de vulnerabilidad social que tienen los habitantes de la zona. El tercer aspecto es la elección de la idea de negocio, mediante un proceso investigativo y participativo con la comunidad, lo cual lo hace adecuado al contexto particular y viabiliza su posterior aplicación. A continuación, se desarrolla cada uno de estos elementos:

La especie exótica presente en el humedal es conocida popularmente como pez pleco o diablo. Proviene del orden Siluriformes, de la familia denominada Loricaridae, la cual se encuentra usualmente en la costa pacífica

en el Sur de América y Centroamérica (Guerrero, 2016). Según Guerrero (2016), existen más de 700 especies para esta familia y su taxonomía es compleja. Se caracterizan por un cuerpo deprimido cubierto por placas óseas, un par único de barbillas maxilares y, sobre todo, por una modificación importante de la estructura de la boca en un disco de ventosa, lo que les permite que se adhieran al sustrato, incluso en aguas de flujo particularmente rápido. La boca y los dientes muestran fuertes adaptaciones a la alimentación, condicionados para raspar algas, pequeños invertebrados, *detritus* e incluso madera sobre sustratos sumergidos (Covain y Fisch-Muller, 2007). Existe controversia sobre el nombre científico a utilizar para la especie presente en Caño Negro, Angulo *et al.* (2013) y Angulo (2013) le identifican como *Hemiancistrus aspidolepis*, sinónimo de *Hypostomus panamensis*.

Como lo estipula el Artículo 31 del Reglamento a la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, para que una especie sea catalogada como invasora debe existir una declaratoria por parte del SINAC, fundamentada en cierta información técnica. Actualmente el SINAC no ha realizado esta declaratoria para el pez pleco, pero desde nuestra perspectiva cumpliría a cabalidad con lo solicitado en dicha norma. Esta es una especie exótica para la región y se encuentra en un estado avanzado de invasión de acuerdo con las etapas

citadas por Blackburn *et al.* (2011), tal es el caso de la población de pez pleco de Caño Negro y alrededores, pues se ha reportado en todos los ríos de la subvertiente norte (observación personal) y Caribe (Herrera & Molina, 2011), así como en el lago de Nicaragua (Corea *et al.* 2014).

En el marco del proyecto Humedales, Chacón (2016) realizó un muestreo, que si bien es preliminar, proporciona evidencia importante sobre la abundancia del pez pleco en varios segmentos del humedal de este espacio, y corrobora su avanzado estado de invasión (Cuadro 1). En los dos sitios muestreados sobre el río Frío, el porcentaje promedio de peces diablo respecto al total colectado fue de 25%, lo que significa que un cuarto de todos

los peces encontrados corresponde a peces exóticos, además es común encontrarlos y este dato representa una primera voz de alerta sobre la invasión, ya que es un porcentaje mayor que el de muchas familias nativas. Las experiencias con Loricariidos en otros países han demostrado su fuerte potencial invasor (Wakida-Kusunoki y Amador del Angel, 2008; Corea *et al.* 2014; Mendoza *et al.* 2007). El trabajo del Proyecto Humedales de Chacón (2016) sirve de base para la realización del presente estudio.

Las características fisiológicas, morfológicas y de comportamiento explican su potencial invasivo, según Guerrero (2016) la familia posee una alta tasa de reproducción larval y hábitos de anidación nocturna. Así mismo,

Cuadro 1. Características biométricas y estimaciones de densidad poblacional del *H. plecostomus* o pez pleco en el río Frío, RNVSM Caño Negro, 2016

Table 1. Biometric characteristics and population density estimation of *H. plecostomus* or pleco fish in the Frio River, Caño Negro MNWR, 2016

Lugar	Río Frío	Río Frío
	Segmento 1	Segmento 2
Porcentaje de pecos capturados (%)*	32.00	19.00
Razón no peces / Lance	2.86	0.78
Densidad peces por área (peces/m ²)	0.62	0.17
Peso promedio (g) de pleco	146.4	269.5
Longitud total promedio (cm)	24.3	30.0
Densidad por Km ²	12 400	3 400
kg de peces/km lineal	1 815	916

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos por Chacón (2016)

*En relación con la abundancia de peces de las familias locales.

tienen pocos depredadores, dado sus características físicas.

Los efectos que esta especie puede causar en un ecosistema son diversos, e incluso puede producir fuertes impactos en la economía local. Seguidamente se enumeran las principales consecuencias negativas que puede generar esta especie:

- 1) Amenazar la supervivencia de las especies autóctonas y de importancia comercial, dada la importante competencia directa por espacio y alimento (Mendoza *et al.* 2007; Nico *et al.* 2009a; Ayala-Pérez *et al.* 2014; Chacón, 2016).
- 2) Se especula que, por sus hábitos alimenticios, podría estar depredando estadios tempranos (al consumir huevos y larvas) de varias especies no solo de peces nativos, sino de macroinvertebrados, lo que supone un severo problema de reproducción para estas especies (Mendoza *et al.* 2007).
- 3) Por sus hábitos y la construcción de madrigueras en forma de galerías profundas en las paredes de los cuerpos de agua, se le hace responsable del deterioro del borde del río, lo que provoca erosión. Se estima que los plecos pueden ocasionar hasta cuatro metros de erosión al año (Nico *et al.* 2009b). Dichas galerías han sido documentadas

en el humedal de Caño Negro por Chacón (2016).

- 4) Se han reportado parásitos en diferentes especies de plecos (Sanz, 2010; Rodríguez-Santiago *et al.* 2016), pueden transferir e introducir patógenos, parásitos y enfermedades ajenas a las especies nativas, poniendo en riesgo la salud de las poblaciones locales (Martínez, 2007).
- 5) Desde el punto de vista socioeconómico, la presencia del pleco ha generado la disminución de las pesquerías tradicionales y de alto valor comercial en otros países (Mendoza *et al.* 2007).

En el estudio realizado por Chacón (2016) para el Proyecto humedales, entre los meses de marzo y abril de 2016, se puede determinar que existe una invasión avanzada de peces pleco en el río Frío, que alimenta el humedal de Caño Negro. El Cuadro 1 muestra los principales resultados del estudio realizado. En los segmentos del río Frío, se evidencia una considerable proporción de plecos respecto a otras familias de peces nativos del lugar, incluso este porcentaje de captura es superior a varias de estas familias locales. En el trabajo del Proyecto Humedales realizado por Chacón (2016) se encontraron hembras grávidas, además de gran cantidad de galerías para anidación de estos peces, por lo que se confirma la reproducción en la zona.

De conformidad con lo anterior, se identifica un potencial de explotación responsable de la especie exótica pez pleco, que sería ventajoso para otras especies en el humedal de Caño Negro, como insumo para bienes transables en el mercado.

En un segundo orden de argumentos, se plantea la vulnerabilidad socioeconómica de la zona. En términos de pobreza, se registra en el nivel nacional que de cada 100 hogares, 77% se califica como no pobre mientras que el 22.4% como pobre, siendo de esta cifra un 15.7% como pobreza no extrema y el restante 6.7% pobreza extrema. Por su parte, en la Región Huetar Norte del país, de 100 hogares, 73.2% no es pobre, el restante 26.8% lo es, calificando un 17.3% en pobreza no extrema y un 9.6% en pobreza extrema (INEC, 2015), es decir, cifras mayores al promedio del país.

En el ámbito educativo, de acuerdo con el MIDEPLAN (2017), el porcentaje de analfabetismo es en promedio de 8.9% de la población en el caso del distrito de Los Chiles, y un 6% en el caso del distrito de Caño Negro, siendo mayor en el caso de las mujeres con respecto a los hombres. En relación con el Índice de Desarrollo Humano 2014, el cantón de Los Chiles se encuentra en la última posición (N.º 81), marcando el 0.617 (PNUD, 2015).

Los bajos niveles de desarrollo económico y social que experimenta la región podrían explicarse por la

falta de fuentes de empleo. La tasa de ocupación para el 2011 en Los Chiles y Caño Negro es del 45.7% y 42.7%, respectivamente; inferior al promedio nacional (51.7%). Por su parte, Caño Negro presenta una tasa de desempleo abierto relativamente baja, la cual es del 0.4% mientras que en Los Chiles es del 3.8%, superior a la media nacional (3.4%) (INEC, 2017).

Existen diversos usos comerciales que se le pueden dar al pez pleco y que han sido probados en diferentes países. Por ejemplo, en México se utilizan partes del pescado para realizar tratamientos odontológicos (Milenio, 2017), para la producción de galletas, diversos productos alimenticios (Informador, 2017), tales como filetes, concentrados proteínicos, complemento alimenticio para el ganado. Además, se da el aprovechamiento de la piel del pez para el desarrollo de artesanías como monederos, collares, aretes, entre otros (Medina, 2017). En Guatemala y Nicaragua se comercializa el pez en diferentes acuarios (El Nuevo Diario, 2010). En Perú se preparan ceviches y platillos con pez pleco (Castellón, 2017).

La producción de harina de pescado es otra alternativa de aprovechamiento del pez pleco según señalan diversos autores tales como Arroyo (2008), Escalera *et al.* (2012), Maldonado *et al.* (2015), (PRODAPESI, s. f.) y Valdez (2011), la harina de pescado es de alto valor nutricional como suple-

mento alimenticio convencional, para ser utilizado en el crecimiento de aves, cerdos, rumiantes, vacas lecheras, ganado de engorde, ovino y camarón.

En el trabajo de campo se consultó al grupo de vecinos sobre posibles aprovechamientos del pez pleco, las siguientes fueron las propuestas mencionadas: alimento humano (ceviche, filete, chicharrón, empanizador de pescado, filetes empacados, chorizo, embutidos, platillos); alimento animales (concentrado para gatos, concentrado de pescado, carnada para pescar, harina para concentrado, harina, concentrado para animales de granja); producción industrial (abono/fertilizantes para plantaciones agrícolas o de uso doméstico); medicinal (producción de bacalao); manufactura (artesanías como collares, aretes, monederos, fajas, etc.); otros (campeonato de pesca, campeonato culinario, limpiador de peceras).

Dichas posibilidades se analizaron preliminarmente por sus requerimientos y características técnicas, capacidad de réplica, nivel de tecnificación, posibilidad de desarrollar en etapas, características de la población meta que desarrollaría el emprendimiento. Bajo estos criterios se determinó que la alternativa más viable sería elaborar harina de pescado para consumo animal. Dicho aprovechamiento económico posee las siguientes ventajas: experiencias de éxito en otros países que han implementado harina de pescado en la alimentación ganadera;

agilización en el proceso logístico al tener el mercado regional; el proceso productivo puede hacerse de forma artesanal y poco tecnificado; la maquinaria utilizada tiene costos bajos; la población tiene experiencia en pesca; la inversión inicial es relativamente baja y de menor cuantía, en relación con otras ideas de negocio que se analizaron.

Estudio de mercado: Los resultados del estudio de mercado se obtuvieron de la aplicación de una encuesta a 17 ganaderos de la zona aledaña al humedal de Caño Negro, que podrían comprar la harina de pescado y 8 empresas productoras de alimentos para ganado. El estudio de mercado indagó sobre el tipo de alimento que utilizan en el proceso de engorde, sobresale el concentrado y la harina de pescado. Sin embargo, también se mencionan otros elementos como los pastos, la miel, melaza y yuca entre otros. Este tipo de insumos son adquiridos a proveedores como las Empresas Montecillos, Dos Pinos y Agrologos, y a otros proveedores independientes.

El total de los encuestados manifestó que estarían dispuestos a adquirir la harina de pescado para su proceso de producción. Diversas razones fueron señaladas como justificantes para obtener este tipo de producto, entre ellas se mencionan el precio y los aportes nutricionales para el ganado, inclusive se menciona el hecho de ser, potencialmente, un sustituto de otros productos que ya se emplean en la ganadería.

Con base en la encuesta aplicada se determina que se requieren alrededor de 30 sacos semanales de harina del pez pleco para abastecer la potencial demanda local.

Al entrevistar a las empresas que venden productos similares, se determina que el costo de los sacos de 46 kilogramos de harina de pescado es de 20 520 colones en Aqua Corporación (Fernández, comunicación personal, julio 5, 2017) y 25 992 colones en Prosalud (Salazar, comunicación personal, julio 5, 2017). Ambos establecimientos tienen capacidad industrial y están ubicados en Cañas y Puntarenas, respectivamente. Por tanto, no representan una competencia real para la empresa en cuestión. Se recomienda que el proyecto otorgue un precio de 20 000 colones por saco. Este precio es considerado como razonable por los ganaderos y está por debajo del precio del mercado. Como se visualizará en el estudio financiero, este precio permite cubrir costos y obtener una ganancia para la actividad productiva.

Estudio técnico: El estudio técnico analiza los aspectos necesarios para hacer viable la idea de negocios sin considerar aún aspectos financieros, en este caso en particular, se consideran los siguientes cuatro elementos: en primera instancia se estudia el valor nutricional del pez pleco; en segundo término, se describe el tamaño de planta y los requerimientos específicos para la instalación de la fábrica. El tercero

comenta las consideraciones legales vinculadas con la pesca de una especie invasora en un área protegida. El cuarto elemento muestra la proyección de crecimiento y prevalencia de la población del pez pleco en el humedal, aspecto relevante para garantizar el flujo constante de insumos para la fabricación de la harina.

En cuanto al valor nutricional, se muestra que el músculo de pleco de la zona norte tiene un alto valor nutricional y energético (calorías por porción), se le ubica, además, como una carne magra por su bajo contenido de grasa, lo que podrá proporcionar una cantidad adecuada de proteína al animal. Adicionalmente, tiene un aporte moderado de hierro y calcio.

En la entrevista realizada a Alpizar (2017) de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional, se pudo constatar que es un pescado que tendría un alto valor nutricional en la producción de harina para consumo animal. Se recomienda su utilización tanto para ganado de engorde como para el lechero. Sin embargo, se advierte que el lechero podría no ser un mercado en sí mismo, pues son las empresas que compran la leche las que suplen los concentrados y las fórmulas de alimentación a los ganaderos para lograr una uniformidad del producto. Por lo que se recomienda como complemento alimenticio del ganado de engorde.

Por otra parte, el proceso de producción se basaría en 5 etapas,

las mismas fueron diseñadas por el Ingeniero Rodolfo Rivera Hernández, Gerente de Producción de una empresa transnacional (Rivera, comunicación personal, mayo 14, 2017). En la primera etapa se recibirá el pescado, se pesará y registrará el ingreso para efectos contables y de producción, se entregaría comprobante a cada pescador para efectuar el pago posterior. La segunda etapa se inicia al pasar el pescado al área de corte, donde se reduce el tamaño de los animales para facilitar su posterior manipulación en el proceso. Cocinar el pescado a altas temperaturas y secarlo constituye la tercera etapa. Al finalizar este proceso, se tendrá una especie de

masa seca. El siguiente paso es realizar manualmente la pulverización de la masa, de esta forma se obtendrá la harina de pescado para consumo animal. En la última y quinta etapa se empaqueta el producto, se etiqueta el empaque y se completan los pedidos a distribuir. La Figura 1, muestra el resumen del proceso productivo.

Para operar el proceso productivo descrito, se requiere un terreno, infraestructura, maquinaria y equipo, así como de un vehículo. El Cuadro 2, describe con mayor detalle los requerimientos necesarios para iniciar la producción artesanal de harina de pescado.

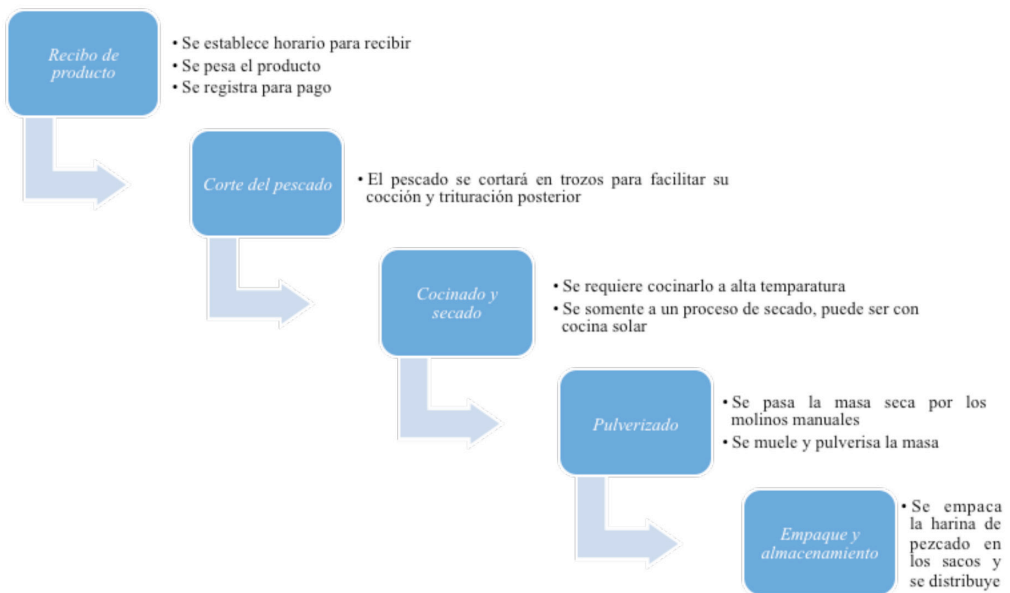


Fig. 1. Descripción del proceso de producción de harina de pescado Fuente: Elaboración propia con base a Rivera (2017)

Fig. 1. Description of fish flour production. Source: Adapted from Rivera (2017)

Cuadro 2. Requerimientos para la construcción y equipamiento de la planta de producción de harina de pescado para consumo animal con base al *H. plecostomus* o pez pleco

Table 2. Requirements for the construction and equipment for the cattle fattening *H. plecostomus* or pleco fish flour production plant

Requerimiento	Detalle
Terreno	Promedio entre 1 500 y 2 000 m ² . Se recomienda que esté situado con acceso o cercano al humedal.
Edificación	Consta de 300 metros cuadrados de construcción, tendrá un galerón al frente para recibir el producto, así como áreas para corte, cocinado, pulverizado y empaque.
Equipo y maquinaria	Incluye lo necesario para iniciar operaciones en una primera etapa.
Vehículo	Tipo pick-up, 4x4, con cajón

Para la operación del proyecto se requerirá un total de 25 trabajadores distribuidos de la siguiente forma: 20 pescadores certificados y 5 trabajadores en la planta (una persona que reciba el producto, una para el corte del pescado, dos para el proceso de secado y triturado, una para el proceso de empaque y distribución). Las personas trabajadoras se pagarán según la tasa establecida por el Ministerio de Trabajo, mientras que a los pescadores se les pagará 12 colones por pez promedio (146 g). Cada pescador tendrá un permiso que le autoriza para extraer alrededor de 1 235 peces plecos por semana del humedal, siendo estos, los únicos acreditados para la venta del pescado a la Productora de Harina. La restricción se recomienda para una mejor organización y coor-

dinación con las autoridades del SINAC responsables de fiscalizar los potenciales procesos de pesca, así como para garantizar el flujo de insumos necesarios y suficientes para cubrir la demanda inicial de 30 sacos de producto por semana.

El tercer elemento técnico a considerar es el aspecto legal. Es de vital importancia contar con un marco jurídico sólido que respalde todas las acciones a realizar. En este sentido, la Ley de Conservación de Vida Silvestre 7317 (LCVS) en su Artículo 22 establece que las especies que sean nativas o bien exóticas, y que estén causando afectaciones al ecosistema o a la sociedad en general, podrán ser sujetos de control o reubicación, según se disponga en el reglamento de la ley; por lo tanto, queda claro que se permite

emprender acciones con las especies exóticas e invasoras.

Sin embargo, considerando que cualquiera de las formas de manejo dispuestas en el citado Artículo 22, supone realizar una acción de pesca, se deben considerar los artículos 67 y 68 de la misma Ley, que representa una limitante al proyecto de control y aprovechamiento del pez pleco. Este artículo menciona que, los métodos de pesca permitidos en cuerpos de agua continentales son exclusivamente: cuerda o caña, con anzuelo o engañoso, y considerando que la modificación bucal que posee este pez no permite que se le capture por medio de cuerda o caña, se dificulta rotundamente su extracción. Además, la pesca con cuerda o caña, no es un método eficiente para captura masiva, que logre suplir la demanda local para la producción de harina y provocar así, un efecto positivo en el control de la población exótica.

Por lo tanto, es necesario realizar una modificación a la LCVS, la cual contemple una excepción a los métodos de pesca cuando se trate del control de especies invasoras. Aunado a lo anterior, el RNVSM Caño Negro posee una veda de pesca que deberá ser modificada para excluir la captura y control de los peces exóticos.

El cuarto y último elemento técnico a considerar es la proyección futura de la población del pez pleco, de tal forma que provea insumos suficientes para la producción de la harina de

pescado. En este sentido, el proyecto requerirá de 24 643 peces, considerando un peso promedio de 146 gramos por unidad, esto para la elaboración de 30 sacos de harina semanales. Para este cometido, se requeriría una población anual igual o mayor a 1 182 857 peces anuales. Según las proyecciones realizadas, basado en el estudio de Chacón (2016), la población estimada en los 25 kilómetros lineales que mide el río Frío dentro del área protegida se estimó en 31 000 peces para el 2016, teniendo en cuenta una tasa de reproducción exitosa del 80%, dado el cuidado parental de la especie y la carencia de depredadores, y suponiendo que la mitad de esta población podrá aportar alrededor de 534 huevos anuales (observación personal) se estima que en dos años la población de peces pleco podría ser mayor a los 4 000 000 de individuos en la zona considerada del río Frío, en el humedal de Caño Negro. Bajo estas proyecciones y considerando la cantidad de peces potencialmente extraída anualmente con la población restante, se observa que existe capacidad para soportar la extracción anual de peces que requiere el proyecto productivo.

Estudio financiero: Para iniciar la producción de la harina del pez pleco para consumo animal se requieren los siguientes elementos: compra de terreno, construcción de instalaciones, contratación de la mano de obra para dicha construcción, costos de

los permisos de construcción y elaboración de planos, compra de equipo, compra de vehículo, permisos para la producción, así como para la elaboración de trampas u otro método de pesca. El Cuadro 3 muestra el resumen de los costos aproximados.

Cuadro 3. Inversión inicial del proyecto calculada para junio 2017 -monto en colones

Table 3. Initial project investment estimated for June 2017, amount in Costa Rican Colones

Rubro	Monto
Terreno	3 166 667
Edificación materiales	5 039 934
Mano de obra	1 800 000
Permisos de construcción y planos	1 025 990
Imprevistos 10% (edificaciones)	632 693
Equipo y maquinaria	1 550 010
Permisos para la producción	47 600
Vehículo	10 000 000
Trampas para pescar	400 000
Total	23 662 895

En total se requieren 23 662 895 colones para iniciar operaciones. Su financiamiento debería costearse con recursos provenientes de la cooperación internacional, responsabilidad social empresarial, así como partidas gestionados ante el gobierno local,

la Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad (DINADECO), o bien, fondos para grupos comunitarios del Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS). No se recomienda que su financiamiento se obtenga con base en un empréstito, dado que la actividad productiva aún no ha iniciado y se requiere avanzar en la consolidación del grupo administrador y el modelo de negocios a operar.

Suponiendo la venta de los 30 sacos semanales de harina, a un costo de 20 000 colones cada uno, la idea productiva estaría generando ingresos aproximados por 2 400 000 colones mensuales, teniendo una estructura de costos de operación de 1 895 000 colones. Por lo que se estima una ganancia aproximada de 505 000 colones por mes. Dichas ganancias se estarían repartiendo en partes iguales entre las comunidades participantes en su administración.

La tasa interna de retorno a 7 años se calcula en 2%. Es decir, el rendimiento que haría cero la inversión es de un 2%. Mientras que el valor actual neto de los ingresos, con una tasa de descuento de 5%, es de $\$35\,729\,676$. Es decir, el flujo de efectivo descontado y trasladado al poder adquisitivo actual sería de $\$35\,729\,676$.

A los cálculos estimados se plantean 4 escenarios (Cuadro 4), el escenario 1 y 4 son positivos, dado que aumentan los ingresos esperados

y reducen la tasa de descuento, respectivamente. En el primer escenario, se observa que con una modificación de un 20% en los ingresos en todo el periodo de análisis, la Taza Interna de Retorno (TIR) asume un valor de 2.4% y el Valor Actual Neto (VAN) de ¢42 875 612. En el cuarto, se reduce la tasa de descuento en un 50%, pasando de 5% a 2.5%, con estos supuestos, el VAN aumenta a ¢38 878 573. Por su parte, los escenarios 2 y 3, se consideran adversos para el proyecto. El escenario 2, se presenta un aumento de un 20% en la inversión, lo que ajusta a la baja la TIR, al disminuir a 1.47%, y la VAN merma en ¢7 145 935, con respecto a la estimación base. Por último, el escenario 3, presenta un aumento del 50% de la tasa de descuento, generando una disminución del 7.9% en el valor actual neto de los ingresos.

El proyecto como tal debe analizarse desde la perspectiva financiera y social. Adicional a la ganancia generada, la tasa interna de retorno obtenida y el valor actualmente calculado, debe recordarse que se estaría brindando empleo a personas de la misma comunidad y aportando en el control de la especie exótica, que tiene presencia abundante en el humedal.

CONCLUSIONES

El desarrollo de una iniciativa económica que consiste en la utilización del pez pleco como insumo productivo, es un proyecto dirigido a mejorar en la solución de los problemas biológicos y socioeconómicos identificados en la comunidad de Caño Negro. Por un lado, permite generar acciones para controlar la población

Cuadro 4. Estimación de escenarios TIR y VAN, con base en modificación de ingresos, costos y tasa de descuento

Table 4. Estimated IRR and NPV scenarios, based on modified income, costs and discount rate

Costos		TIR	VAN
Escenario base	Estimado base	2%	35 729 677
Escenario 1	+20% Ingresos	2.41%	42 875 612
Escenario 2	+20% Inversión inicial	1.47%	28 583 741
Escenario base	Tasa descuento base	5%	35 729 677
Escenario 3	Tasa descuento	7.5%	32 924 170
Escenario 4	Tasa descuento	2.5%	38 878 573

de la especie exótica en el humedal, y por otro, crear opciones de empleo para una comunidad con una alta vulnerabilidad social.

El aprovechamiento mercantil más viable, que utilice como insumo la especie invasora pez pleco en el humedal de Caño Negro, es la producción de harina de pescado para consumo animal. Por tanto, es un proyecto con menor complejidad, en relación con las opciones analizadas; fue seleccionada siguiendo criterios técnicos y aprobada mediante un proceso participativo por el grupo de vecinos que estarían a cargo de la operación de la fábrica. Así mismo, requiere una inversión inicial relativamente baja en infraestructura, maquinaria, equipo y capacitación.

El proyecto es técnicamente viable. Posee una sólida justificación técnica. El estudio de mercado valida la aceptación futura de la harina de pescado para consumo animal y proporciona información inestimable para la determinación del tamaño de escala requerido para la planta, así como otros elementos relacionados con la producción. El estudio técnico determina que es viable según las consideraciones realizadas.

El proyecto debería ser desarrollado en al menos dos etapas. En la primera etapa, se recomienda realizar paralelamente la búsqueda de recursos para la constitución de la fábrica donde se realizará la producción de harina de pescado en la comunidad de Caño

Negro, en conjunto con la selección y capacitación del personal que estará a cargo de ella. La segunda etapa, será la puesta en marcha de la fábrica de harina para consumo animal con base en el pez pleco.

El componente legal frena la ejecución del proyecto, dado que en la actualidad solo se permite la pesca por medios artesanales, y el pez pleco no puede ser capturado mediante estos mecanismos. La modificación de la Ley, debería y podría generarse en el mediano plazo.

El proyecto es financieramente viable. Posee una estructura de costos simple y una expectativa de ventas razonable para el primer año de operación. Proyecta ganancias, genera empleo y apunta a controlar la sobrepoblación de peces plecos en el humedal de Caño Negro. Para su financiamiento original se recomienda realizarlo por medio de cooperación internacional o el apoyo de fondos no reembolsables.

AGRADECIMIENTO

Se agradece profundamente a los participantes de las Asociaciones de Desarrollo Integral de las comunidades de Veracruz, Los Ángeles, Nueva Esperanza y Caño Negro. Así como la colaboración de Yoselin Ramírez Bravo, por el apoyo en la realización del trabajo de campo y coordinación de actividades del proyecto, a Marco Otoya

Chavarría, Miriam Miranda Quirós, Jacklyn Rivera Wong y Juan Manuel Herrera Zeledón por los valiosos aportes en el desarrollo de la investigación, así como a las valiosas recomendaciones de los evaluadores de la Revista de Ciencias Marinas y Costeras.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, A., Garita-Alvarado, C. A., Bussing, W. A. & López, M. (2013). Annotated checklist of the freshwater fishes of continental and insular Costa Rica: additions and nomenclatural revisions. *Check List*, 9(5), 987-1019. <https://doi.org/10.15560/9.5.987>
- Angulo, A. (2013). Nombres comunes y técnicos de los peces de agua dulce de Costa Rica. *Rev. Fil. Lin. UCR*, 39(2), 77-103.
- Arroyo, M. (2008). *Aprovechamiento de la harina de plecostomus spp. como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (Oreochromis niloticus)*. Tesis de maestría no publicada, México.
- Ayala-Pérez, L., Pineda-Peralta, A., Álvarez-Guillen, H. & Amador-del Ángel, L. (2014). El pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche. En A., Low, P. Quijón & E. Peters (Eds.). *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México* (pp. 313-336), México: University of Prince Edward Island.
- Blackburn, T., Pysek, P., Bacher, S., Carlton, J., Duncan, R., Jarosik, V., Wilson, J. & Richardson, D. (2011) A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol. Evol.*, 26(7), 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
- Castellón, D. (2017). Consume pez Diablo. Recuperado en marzo 15, 2017, disponible en <https://www.sdpnoticias.com/nacional/2017/01/13/consume-pez-diablo>
- Chacón, D. (2016). *Informe final sobre el estado del conocimiento de la invasión del pez pleco (Hypostomus aspidolepis) y recomendaciones para su control en el humedal protegido de importancia internacional Caño Negro*. San José, Costa Rica: Sin editorial.
- Corea, J., Hernández, G., Solís, V. & Aguilar A. J. (2014). Distribución y abundancia de peces de la familia Loricariidae (Pleco) y su relación con los peces de interés comercial en los alrededores de la Isla de Ometepe. *Encuentro*, 98, 44-59. <https://doi.org/10.5377/encuentro.v0i98.1445>
- Covain, R. & Fisch-Muller, S. (2007). The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, 1462, 1-40.
- El Nuevo Diario. (2010). Nicaragua a la pesca del Pez Diablo que afecta Guatemala. Recuperado en marzo 12, 2017, disponible en <https://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/81538-nicaragua-pesca-pez-diablo-que-afecta-guatemala/>
- Escalera, C., Aroyo, M., Moncayo, R. & Zarázua, J. (2012). Pesquería sustentable y desarrollo local. Uso y aprovechamiento potencial del Pez Diablo. *Desarrollo Local y Empresas* 32(2), 39-58.
- Guerrero, T. (2016). *Propuesta base para la estrategia de manejo y control local del pez diablo en el Refugio Nacional de Vida Silvestre mixto Caño Negro, Costa Rica*. Tesis de maestría no publicada. CATIE.
- Herrera, D. & Molina, A (2011). Peces Diablo (Teleosteo: Siluriformes: Loricariidae)

- en la cuenca del Río Reventazón, Costa Rica. *Biocenosis*, 25(1-2), 79-86.
- INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2015). Encuesta Nacional a Hogares. Recuperado el 20 febrero 2017. Costa Rica: INEC, Recuperado de <http://www.inec.go.cr/encuestas/encuesta-nacional-de-hogares>
- INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2017). Censos 2011. Indicadores demográficos y sociales. Costa Rica: INEC. Recuperado en febrero 20, 2017, disponible en <http://www.inec.go.cr/censos/censos>
- Informador. (2017). Pez diablo, ángel de la nutrición. Recuperado en marzo 25, 2017, disponible en <http://www.informador.com.mx/tecnologia/2011/319848/6/pez-diablo-angel-de-la-nutricion.htm>
- Maldonado, E., López, U., Salinas, R., González, N., Cuenca, C., Jiménez, R. & Hernández, J. (2015). Contenido de metales pesados en músculo de pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*. *Rev. Iberoam. Ciencias*, 2(1), 1-7.
- Martinez, M. (2007). *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades en México*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Medina, M. (2017). *Análisis de los emprendimientos implementados en el área marina protegida manglares el morro y su incidencia en el desarrollo sostenible*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P. & Aguilar, V. (2007). Los peces diablo. *Biodiversitas*, 70, 1-5.
- MIDEPLAN. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2017). *Índice de Desarrollo Social (IDS), distrital*. Recuperado en enero 18, 2017, disponible en <https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/6l2bxJTjQqWP-GoLkFtG9Xw>
- Milenio, G. (2017). Pez diablo ¿Medicinal? Recuperado en febrero 20, 2017, disponible en http://www.milenio.com/tendencias/pez_diablopez_diablo_medical_0_697730456.html
- Nico, L., Loftus, W. & P. Reid. (2009a). Interactions between non-native armored suckermouth catfish (*Loricariidae: Pterygoplichthys*) and native Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) in artesian springs. *Aquat. Invas.*, 4(3), 511-519. <https://doi.org/10.3391/ai.2009.4.3.13>
- Nico, L., Howard, J. & Tuten, T. (2009b). Non-native suckermouth armored catfishes in Florida: Description of nest burrows and burrow colonies with assessment of shoreline conditions. *ANS- RP Bull.*, 9(1), 1-30.
- Pedraza, O. (2011). *Modelo del plan de negocios*. México: Grupo Editorial Patria.
- PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). *Atlas del desarrollo humano cantonal de Costa Rica*. San José, Costa Rica: PNUD.
- PRODAPESI. Programa para la Disminución y el Aprovechamiento de Especies Invasoras. (s. f.). *Elaboración de harina de Plecostomus: Manual de Apoyo*. México: PRODAPESI.
- Proyecto Humedales. (2017). Proyecto conservación, uso sostenible de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios de los ecosistemas de humedales protegidos de importancia internacional. Recuperado en marzo 25, 2017, disponible en <http://www.proyectohumedalescr.info/2016/01/quienes-somos.html>
- Rodríguez-Santiago, M. A., García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., González-Solís, D. & Grano-Maldonado, M. (2016). Parasites of two coexisting invasive sailfin catfishes (*Siluriformes: Loricariidae*) in a tropical region of Mexico. *Neotrop. Ichthyol.*, 14(3), 1-7. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20160021>

- Sanz, B. (2010). Cryptosporidium y Toxoplasma. Dos importantes protozoos parásitos transmisibles por los alimentos y el agua. En Real Academia de Farmacia (Ed.), *Monografía XXXI: Aspectos higiénicos de los alimentos microbiológicamente seguros* (pp. 219-301). Madrid, España: Real Academia Nacional de Farmacia.
- Sapag, N. (2007). *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación*. México: Pearson.
- Tobón, S. (2008). *La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo*. Guadalajara, México: Universidad Autónoma de Guadalajara.
- Valdez, J. (2011). *Revisión y propuesta de proyecto de una planta productora de harina de pescado*. Tesis no publicada de grado, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México.
- Valverde, J. & Alfaro, J. (2014). Productividad y rentabilidad del cultivo de camarones marinos en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Cien. Mar. Cost.*, 6, 37-53. <https://doi.org/10.15359/revmar.6.3>
- Wakida-Kusunoki, A. & Amador del Angel, L. E. (2008). Nuevos registros de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau 1855) y *P. disjunctivus* (Weber 1991) (Siluriformes: Loricariidae) en el Sureste de México. *Hidrobiológica*, 18(3), 251-256.
- Zequeira, M., Varona, S. & Figueredo, E. (2017). Factibilidad económica del cambio de uso del suelo en áreas cubiertas por marabú en la CCSF “Francisco Borrero Lavadi” de Camagüey. En C. Gómez & P. Pérez (Eds.). *Evaluaciones económicas de especies exóticas invasoras* (pp. 100-128). La Habana, Cuba: Centro Nacional de Áreas Protegidas Centro Nacional de Áreas Protegidas.

Ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarones (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec, México

Fish discard in artisanal fishery of shrimp (*Litopenaeus vannamei* and *L. stylirostris*) in the Mar Muerto coastal lagoon, Gulf of Tehuantepec, Mexico

Jonny A. Hernández-Roque¹, Emilio I. Romero-Berny^{1*} y Jesús M. López-Vila¹

RESUMEN

Se realizó una caracterización de la ictiofauna de descarte asociada a una pesquería artesanal no regulada de camarón en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec, México. Se realizaron muestreos de las capturas de camarón de octubre 2017 a enero 2018 con redes de copo fijas. En este estudio el descarte integró un porcentaje promedio de $64.2 \pm 15.3\%$ de la biomasa total capturada. De este descarte, el grupo de los peces integró entre el 51 y 79.5%, estimándose una proporción general de ictiofauna/camarón de 1.89:1 kg. No se encontró una relación entre la captura de camarón y la biomasa de ictiofauna de descarte. Altos valores de diversidad se presentaron en los meses de noviembre y diciembre, debido a una mayor presencia de individuos de afinidad marina. Se demostró que la pesca por copo afecta potencialmente por lo menos a 73 especies de peces, que de acuerdo a su talla media y especie (9.9 ± 9 cm, longitud patrón), pueden corresponder a individuos juveniles y subadultos. Las familias mejor representadas en el elenco íctico fueron Carangidae, Ophichthidae y Gerreidae. Aunque se reporta una riqueza relativamente alta en el descarte, solo 4 especies fueron dominantes. Se destaca la adición de 15 nuevos registros de peces a la ictiofauna conocida en el contexto local y regional. Es necesario realizar caracterizaciones adicionales sobre fauna de acompañamiento y descarte para proponer acciones de manejo y reducción del impacto pesquero.

Palabras claves: Comunidad de peces, fauna de acompañamiento, biomasa, riqueza específica, diversidad

ABSTRACT

Discarded ichthyofauna associated to unregulated artisanal shrimp fishery in the Mar Muerto coastal lagoon, Gulf of Tehuantepec, Mexico, was characterized. Shrimp catches were sampled

1 Centro de Investigaciones Costeras, Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. J. J. Calzada y Calzada de Guadalupe, Col. Evolución. CP. 30700. Tonalá, Chiapas, México; jonny.hero10@gmail.com, emilio.romero.ex@unicach.mx, chus_3f@yahoo.com.mx

Recibido: 20 julio 2018

Corregido: 10 octubre 2018

Aceptado: 10 octubre 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.10-2.3>

Rev. Mar. Cost. ESSN 1659-407X. Vol. 10 (2): 51-76, julio-diciembre 2018.



from October 2017 to January 2018 with fixed cod-end nets. In this study, discard averaged $64.2 \pm 15.3\%$ of the total biomass captured, while fish amounted to 51% to 79.5% of this discard, with an estimated general ichthyofauna/shrimp ratio of 1.89: 1 kg. No relationship was found between shrimp catch and discard ichthyofauna biomass. High values of diversity were recorded in November and December due to a greater presence of marine organisms. It was shown that cod-end net fishing potentially affects at least 73 fish species, which, according to their average size and species (9.9 ± 9 cm, standard length), may be juvenile and sub-adult individuals. The families best represented in the fish list were Carangidae, Ophichthidae, and Gerreidae. Although a relatively high richness is reported in the discard, only 4 species were dominant. Fifteen new records of fish were added to the known ichthyofauna in the local and regional context. Further characterizations on by-catch and discards are necessary to propose management actions and reduction of the fishing impact.

Keywords: Fish community, by-catch, biomass, specific richness, diversity

INTRODUCCIÓN

La captura incidental o secundaria de especies en las artes de pesca representa en la actualidad uno de los principales problemas que impacta a los ecosistemas acuáticos (Soykan *et al.* 2008). Esta captura incluye a organismos que son distintos a los del objeto de la pesca y, que por motivos económicos, legales o personales (Alverson *et al.* 1994), son lanzados fuera de borda (ya sea vivos o muertos) para ser regresados al ambiente acuático; a esto se le conoce como descarte (FAO, 1996; Eayrs, 2007; Zeller *et al.* 2017). Se ha demostrado que la mayor parte del descarte se integra por peces, que en el caso de las lagunas costeras pertenecen a estadios juveniles, al ser estos sistemas sitios de reproducción y crianza para muchas especies (Day *et al.* 1989). Por lo tanto, la mortalidad de organismos capturados incidentalmente afectará a aquellos que no han

alcanzado la talla de primera madurez sexual. Así mismo, muchas especies raras que ingresan a las lagunas costeras para alimentarse y que presentan bajas tasas reproductivas (p. ej. Condrictios), también suelen perecer en el descarte (Hall *et al.* 2000; Tsagarakis *et al.* 2017).

Los camarones peneidos constituyen uno de los recursos pesqueros más importantes en las zonas costeras tropicales y subtropicales (Pérez-Castañeda & Defeo, 2001). Una característica de algunos peneidos es su ciclo de vida anfibiótico, que incluye una fase juvenil-subadulta asociada a los estuarios y explotada por la pesca artesanal, así como una fase adulta ligada al ambiente marino, explotada por la pesca industrial (García & Le Reste, 1986). Se ha reportado que la pesquería industrial o semiindustrial de camarones, principalmente la de arrastre, genera las mayores cantidades de fauna acompañante en el nivel mundial

(Gillett, 2008). Por lo tanto, diversas investigaciones se han llevado a cabo sobre la composición y volumen del acompañamiento y descarte, lo que permite incrementar el conocimiento taxonómico de la fauna demersal (e.g. Herrera-Valdivia *et al.* 2016; Giménez-Hurtado *et al.* 2016; Morán-Silva *et al.* 2017).

Para las costas de México se cuenta con datos sobre fauna acompañante y descarte generada por arrastres en las principales regiones de producción pesquera de camarón, como lo son el Golfo de Tehuantepec (Tapia-García y García-Abad, 1998), el Golfo de California (López-Martínez *et al.* 2010; López-Martínez y Morales-Bojórquez, 2012; Herrera-Valdivia *et al.* 2016) y el Golfo de México (Wakida-Kusunoki *et al.* 2013; Morán-Silva *et al.* 2017). Sin embargo, para el caso de la pesca artesanal ribereña este aspecto ha sido escasamente estudiado (Amezcuca *et al.* 2009; Burgos-León *et al.* 2009; Poot-Salazar *et al.* 2009), a pesar de que se ha estimado que más del 30% de la pesca total de camarón en México proviene de los ambientes costeros continentales (Contreras, 2002).

El arte de pesca para camarón utilizado y regulado por la normatividad mexicana en lagunas costeras (NOM-022-PESC) es la atarraya, la cual debe observar una luz de malla de 38.1 mm. Además de la atarraya se utilizan también los llamados “copos camaroneros”, cuyo uso representa

una de las formas de pesca ilegal más comunes en los sistemas lagunares del Golfo de Tehuantepec (Medina-Reyna, 1999). Básicamente, el copo camaronero es una modificación de una red de fondo con forma cónica o cilíndrica, pero en lugar de requerir un arrastre mecánico, es fijado mediante estacas con la boca a contracorriente. La captura total se concentra al final de la red y es retenida mediante trampas a manera de embudos a lo largo de la misma (Ramos-Cruz, 2011). Este arte de pesca suele utilizarse en canales de marea por donde se desplaza el camarón durante ciertos periodos. Debido a su reducida luz de malla, y a que aprovecha la velocidad de corriente, el copo es un arte de pesca de baja selectividad que puede representar proporciones de descarte de hasta 5:1 kg con respecto al camarón capturado (López-Vila, 2010).

Uno de los principales componentes del descarte, tanto en pesquerías de escama como de camarón, recae en el grupo de los peces (Bojórquez, 1999; Rodríguez-Romero *et al.* 2009; Uzer *et al.* 2017). Desde un punto de vista funcional este grupo de vertebrados se considera crítico al ocupar diversos niveles tróficos y ser potenciales indicadores de la integridad ecológica de los sistemas acuáticos (Huidobro, 2000; Ramírez-Herrejón *et al.* 2012; González-Zuarth & Álvarez, 2014). Aunque cierto porcentaje de peces capturados incidentalmente con el

camarón son aprovechados, un considerable volumen es desechado (en su mayoría muertos) como descarte al carecer de valor comercial. Esto puede significar un impacto en la dinámica poblacional de muchas especies, alterando la estructura de la comunidad íctica (Hutchings, 2000, Herrera-Valdivia *et al.* 2016; Morán-Silva *et al.* 2017). Debido a la escasa información que existe sobre el descarte asociado a la pesca artesanal ribereña de camarón, en este estudio se planteó el objetivo de caracterizar la composición ictiofaunística del descarte, sus indicadores biométricos (talla y peso) y su frecuencia de aparición; así como la contribución como componente de la captura total y su relación con la biomasa de camarón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La laguna Mar Muerto se localiza al norte del Golfo de Tehuantepec (Pacífico Oriental Tropical), entre los estados de Oaxaca y Chiapas ($16^{\circ}18' - 15^{\circ}55' N$ y $94^{\circ}28' - 93^{\circ}48' O$; Fig. 1). Tiene una longitud de 12 km en su parte más ancha y unos 60 km de largo, por lo que es una de las lagunas costeras más extensas del Pacífico mexicano. Presenta comunicación permanente con el océano a través de la Boca de Tonalá, con una anchura aproximada de 800

m. La profundidad del cuerpo lagunar varía entre 0.5 a 6.0 m. El régimen mareal es mixto-semidiurno con un rango promedio de 1.0 m. En la zona de estudio prevalece el clima cálido subhúmedo tipo $Aw_i (w) i' g$ (clasificación de Köppen modificada; García, 2004), con menos del 5% de la precipitación anual durante el invierno. La temperatura ambiental llega a alcanzar un máximo de $37^{\circ}C$ (mayo) y una mínima de $20^{\circ}C$ (noviembre) (Tapia-García *et al.* 2011). Se distinguen claramente dos estaciones climáticas durante el ciclo anual: lluviosa (junio-octubre) y seca (noviembre-mayo). Hacia el final de la estación lluviosa y los primeros meses de la seca, masas de aire frío provenientes del Golfo de México atraviesan el Istmo de Tehuantepec que al chocar con el aire cálido del Pacífico generan patrones de circulación anticiclónica, ocasionando fuertes vientos de descenso llamados localmente “Tehuano”, que en casos extremos pueden superar rachas de 150 km/h (Schultz *et al.* 1997). Estos eventos generan corrientes superficiales y cambios en la profundidad y temperatura del agua, lo cual puede influir en la estructura de las comunidades bióticas (Tapia-García *et al.* 2007). Durante los meses de “Tehuano”, la salinidad del agua fluctúa de 30 a 50 PSU, mientras que la temperatura varía entre 21.5 y $38.5^{\circ}C$ (Tapia-García *et al.* 2011).

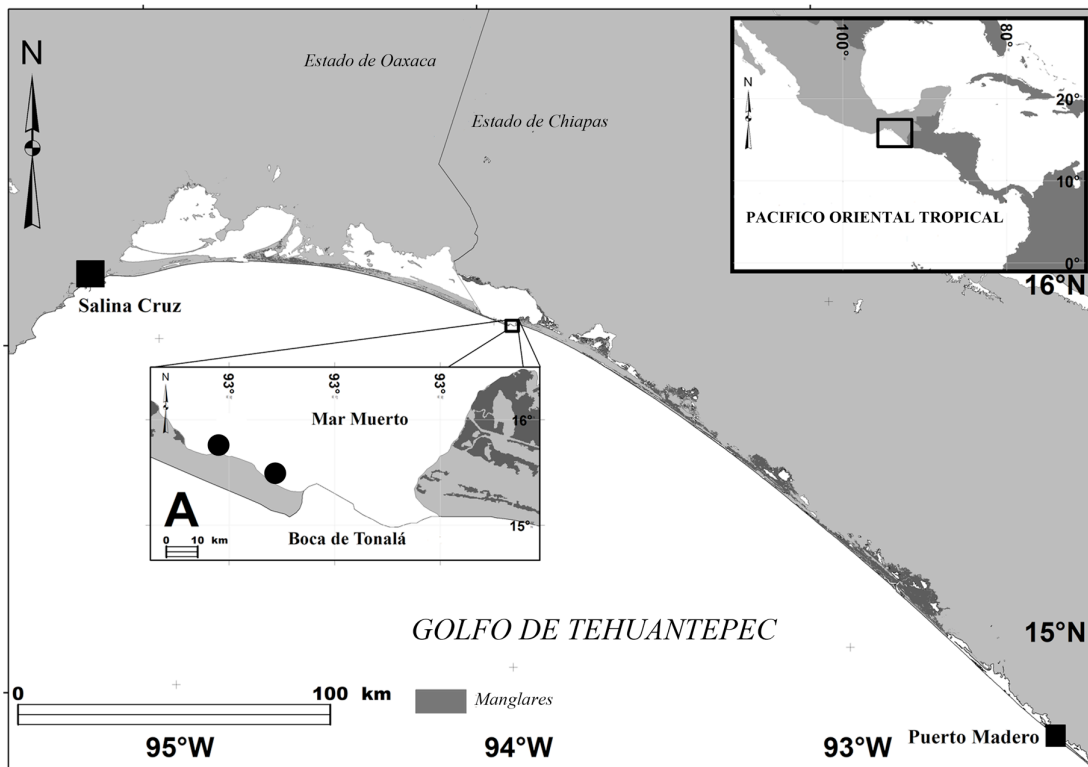


Fig. 1. Localización del área de pesca con copo (●) en la laguna costera Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec, México

Fig. 1. Location of cod-end net fishing area (●) in the Mar Muerto coastal lagoon, Gulf of Tehuantepec, Mexico

Obtención de muestras e identificación taxonómica

Las muestras de peces se obtuvieron del descarte generado en la pesca artesanal de camarones (principalmente *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) con cuatro copos camaroneiros (6 x 1.7 m de boca, 10 m de longitud total y 19 mm de luz de malla). El área de pesca correspondió a la zona

conocida como La Barra, aproximadamente a 500 m de la Boca de Tonalá (Fig. 1). Entre octubre de 2017 y enero de 2018 se realizaron un total de 16 despliegues (cuatro por mes), con un tiempo efectivo de pesca de siete horas por cada uno (entre las 18:00 y 1:00 hrs). La frecuencia de despliegues y el tiempo efectivo se apegaron a la práctica local de pesca con copo en la región, la cual únicamente se realiza

durante los días de viento “Tehuano” (>40 km/h). Se registró el peso de la captura total y posteriormente los pesos separados de camarón, descarte e ictiofauna acompañante. Del descarte de esta última muestra se obtuvieron sub-muestras homogenizadas correspondientes al 10% del peso total, que fueron congeladas y trasladadas a laboratorio. Cada organismo fue contabilizado, pesado con una balanza digital Ohaus (0.1 g de precisión) y medido (longitud patrón en cm) con un ictiómetro convencional. La identificación en el nivel de especie se llevó a cabo con claves y guías para la región del Pacífico Oriental Tropical (Fischer *et al.* 1995; Allen & Robertson, 1998; Castro-Aguirre *et al.* 1999; Miller *et al.* 2009; Bussing & López, 2011). Los organismos identificados fueron fijados en formalina al 10% y lavados con agua corriente al transcurrir 48 horas. Finalmente fueron preservados en una solución de alcohol al 70%. Aquellos ejemplares que representaron nuevos registros para la localidad de Mar Muerto (Tapia-García *et al.* 1998; Romero-Berny *et al.* 2018), para la ictiofauna continental (Velázquez-Velázquez *et al.* 2016) o para la ictiofauna marino-costera de Chiapas (González-Acosta *et al.* 2017), fueron catalogados y depositados en la colección ictiológica del Museo de Zoología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Registro: CHIS-PEC-210-03-09). La lista sistemática se arregló por orden y familia de acuerdo

a Nelson (2006) y la nomenclatura fue actualizada con base en Eschmeyer *et al.* (2017). Se incluyó la categoría de afinidad ecogeográfica para cada especie de acuerdo a su tolerancia a la salinidad (Myers, 1949; Miller, 1966; Castro-Aguirre *et al.* 1999): dulceacuícola secundaria, estuarina residente, marina eurihalina y marina estenohalina.

Análisis de datos

Cada especie se categorizó de acuerdo a su Índice de Ocurrencia (Dos Santos *et al.* 2002) con la siguiente fórmula:

$$S_{oc} = (ni/N) 100,$$

en donde S_{oc} es el Índice de Ocurrencia, ni es el número de despliegues en los cuales la especie estuvo presente y N es el número total de despliegues. Las categorías se asignaron en función a los siguientes valores porcentuales:

Especies raras: Se encontraron en menos del 10% de los despliegues.

Especies ocasionales: Se encontraron entre un 10% y 25% de los despliegues.

Especies comunes: Se encontraron entre un 25% y 50% de los despliegues.

Especies dominantes: Se encontraron en más del 50% de los despliegues.

La diversidad presentada por mes se analizó con base en el índice de Shannon-Wiener (H') y el inverso

del índice de Simpson ($\lambda=D^{-1}$) (Krebs, 2009), al seguir rutinas en el paquete PAST 3.16 (Hammer *et al.* 2001).

La proporción de ictiofauna de descarte y de camarón a captura total fue calculada dividiendo la biomasa de peces entre la biomasa obtenida por hora (Hall, 1996). Se utilizaron pruebas de Chi cuadrado de Pearson para contrastar las diferencias de las proporciones entre meses. Para determinar una posible relación entre las proporciones, se realizó un análisis de regresión por cuantiles (0.75) con la biomasa de la ictiofauna como dependiente de la biomasa de camarón obtenidas por hora (Öndes *et al.* 2017), posterior a una transformación logarítmica de los datos. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el paquete STATA/SE 11 (StataCorp., 2009).

RESULTADOS

Los datos sobre la biomasa de las capturas totales, captura de camarón e ictiofauna de descarte se presentan en el Cuadro 1. La biomasa total de camarón capturado durante el periodo de estudio fue de 620.5 kg, con una captura media mensual de 155.12 ± 160.61 kg, y captura media por hora de 22.16 ± 22.94 kg. La captura media mensual de ictiofauna de descarte estimada fue de 136.97 ± 52.64 kg, con una captura media por hora de 19.57 ± 7.52 kg. Los porcentajes de contribución de camarón e ictiofauna de descarte a la captura

total fueron de 41.48% y 36.63%, respectivamente; el 21.89% correspondió a otros invertebrados. Con respecto al patrón temporal, se observó un máximo de contribución de ictiofauna de descarte durante octubre (68.51%), y un mínimo durante diciembre (28.88%) (Fig. 2). En este orden, se detectaron diferencias significativas en la proporción de ictiofauna de descarte a captura de camarón de octubre con respecto a los demás meses (octubre-noviembre: $\chi^2=21.58$, $P<0.0001$; octubre-diciembre: $\chi^2=34.01$, $P<0.0001$; octubre-enero: $\chi^2=15.63$, $P<0.0001$). La propor-

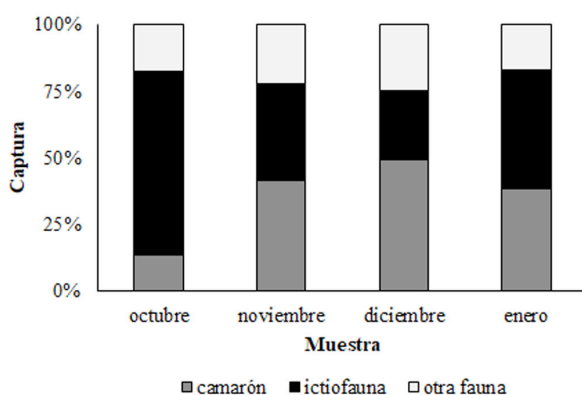


Fig. 2. Porcentaje de camarón, peces y otra fauna capturadas con copo durante el periodo octubre 2017-enero 2018 en la laguna costera Mar Muerto, México

Fig. 2. Percentage of shrimp, fish, and other fauna captured with cod-end net during the October 2017-January 2018 period in the Mar Muerto coastal lagoon, Mexico

ción general de ictiofauna de descarte a captura de camarón fue de 0.89, con una proporción promedio de 1.89:1 (Cuadro 1). No se detectó una relación significativa entre la biomasa de

camarón y la de ictiofauna de descarte obtenidas por hora (75° Cuantil, Coeficiente de regresión=0.036, $P=0.732$, $t=-0.35$; Fig. 3).

Cuadro 1. Indicadores de capturas totales y relativas de camarón y peces de descarte de una pesquería con copo en la laguna costera Mar Muerto durante el periodo octubre 2017-enero 2018

Table 1. Indicators of total and relative shrimp catches and discarded fish from cod-end net fishery in the Mar Muerto coastal lagoon during the October 2017-January 2018 period

Mes	Captura total		Captura de camarón		Ictiofauna de descarte			Proporción ictiofauna/camarón
	kg	kg	%	kg h ⁻¹	kg	%	kg h ⁻¹	
Octubre	191.5	26.5	13.8	3.79	131.19	68.6	18.74	4.95
Noviembre	205.5	85	41.4	12.14	75.55	36.8	10.79	0.89
Diciembre	788.6	389	49.3	55.57	204.1	28.8	29.16	0.52
Enero	310.2	120	38.7	17.14	137.04	44.2	19.58	1.14

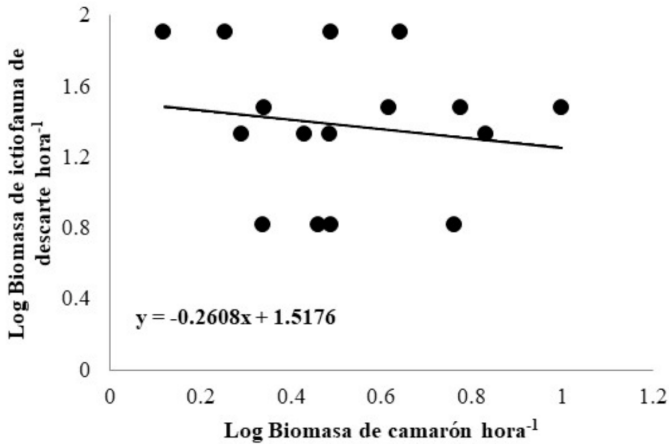


Fig. 3. Relación entre Log biomasa de ictiofauna de descarte/hora y camarón/hora

Fig. 3. Relationship between biomass log of fish discard/hour and shrimp/hour

Para analizar la riqueza y composición se recolectaron un total de 909 organismos con un peso total de 18.79 kg. La ictiofauna de descarte se integró por 2 clases, 17 órdenes, 38 familias, 61 géneros y 73 especies (4 condríctios y 69 osteíctios; Cuadro 2). La familia mejor representada en el elenco íctico fue Carangidae con 7 especies, seguida por las familias Ophichthidae y Gerreidae (6 especies cada una). De acuerdo a la afinidad ecogeográfica de las especies, se encontró que el 46.6% (34 especies) pertenecen al grupo de marinas estenohalinas, seguidas en porcentaje (39.7%, 29 especies) por las marinas eurihalinas. En menor proporción se encontraron representados los componentes estua-

rino residente (8.2%) y dulceacuícola secundario (5.5%).

Respecto a las características biométricas estimadas, el organismo de menor peso registrado fue de la especie *Achirus mazatlanus* (0.479 g, con una talla de 3.6 cm), mientras que el mayor peso correspondió a un ejemplar de *Diodon hystrix* (503 g, con una talla de 24 cm). El organismo de menor talla fue un *Prionotus horrens* (3 cm, con un peso de 1 g), correspondiendo el de mayor talla a *Ethadophis byrnei* (76.5 cm, con un peso de 49.7 g). Con respecto al S_{oc} , el 45.83 % fueron especies con categoría de raras, seguidas de especies ocasionales (38.8%), y por último las comunes (9.7%) y dominantes (5.5%) (Cuadro 2). Los

Cuadro 2. Composición de la ictiofauna de descarte de una pesquería con copo en la laguna costera Mar Muerto durante el periodo octubre 2017-enero 2018. Afinidad ecogeográfica en corchetes después del nombre de la especie (DS: dulceacuícola secundaria, ER: estuarina residente, EU: marina eurihalina, ES: marina estenohalina). N: número de organismos; LP: longitud patrón; S_{oc} : Índice de Ocurrencia (R: rara, O: ocasional, C: común, D: dominante)

Table 2. Composition of the discarded ichthyofauna from cod-end net fishery in the Mar Muerto coastal lagoon during the October 2017-January 2018 period. Ecogeographical affinity in brackets after the name of the species (DS: secondary freshwater, ER: estuarine resident, EU: marine euryhaline, ES: marine stenohaline). N: number of organisms; LP: Standard length; S_{oc} : Occurrence Index (R: rare, O: occasional, C: common, D: dominant)

Taxón	N	LP (cm)		Peso (g)		S_{oc}
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
CLASE CHONDRICHTHYES						
ORDEN Torpediniformes						
Familia NARCINIDAE						
<i>Narcine vermiculata</i> Breder, 1928 [ES]	1	-	23.7	-	120	R

Taxón	N	LP (cm)		Peso (g)		S _{OC}
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
ORDEN Rajiformes						
Familia RHINOBATIDAE						
<i>Pseudobatos leucorhynchus</i> (Günther, 1867) [ES]	3	24.4	35.5	64	123	O
Familia POTAMOTRYGONIDAE						
<i>Styracura pacifica</i> (Beebe & Teen-Van, 1941) [ES]	1	-	48	-	8.5	R
Familia GYMNURIDAE						
<i>Gymnura marmorata</i> (Cooper, 1864) [ES]	1	-	13.2	-	70	R
CLASE ACTINOPTERYGII						
ORDEN Albuliformes						
Familia ALBULIDAE						
<i>Albula esuncula</i> (Garman, 1899) [ES]	13	6.6	21.8	1.79	67.10	O
ORDEN Anguilliformes						
Familia OPHICHTHIDAE						
<i>Bascanichthys bascanoides</i> Osburn & Nichol, 1916 [ES]	1	-	69.4	-	60	R
<i>Ethadophis byrnei</i> Rosenblatt & MCCosker, 1970 [ES]	1	-	76.5	-	49.70	R
<i>Myrophis vafer</i> Jordan & Gilbert, 1883 [ES]	5	35.1	40.8	33.67	39.72	O
<i>Myrichthys xysturus</i> (Jordan & Gilbert, 1882) [ES]	2	47.5	63	58.65	129	O
<i>Ophichthus longipenis</i> McCosker & Rosenblatt, 1998 [ES]	1	-	39.3	-	9	R
<i>Ophichthus zophochir</i> Jordan & Gilbert, 1882 [EU]	1	-	55.5	-	164.10	R
ORDEN Clupeiformes						
Familia ENGRAULIDAE						
<i>Anchoa ischana</i> Jordan & Gilbert, 1882 [EU]	19	5.9	9.8	1.24	5.01	O
<i>Anchoa spinifer</i> (Valenciennes, 1848) [EU]	6	-	9.4	-	8.24	R
<i>Anchovia macrolepidota</i> (Kner, 1863) [ES]	5	8.2	13.8	4.25	14.99	O
Familia CLUPEIDAE						
<i>Lile gracilis</i> Castro-Aguirre & Vivero, 1990 [ER]	13	6	9.8	1.53	5.69	O
<i>Opisthonema libertate</i> (Günther, 1867) [ES]	6	15	20.8	63.33	79.85	O
<i>Opisthonema medirastre</i> Berry & Barret, 1963 [ES]	4	15.8	20.4	57.79	73.46	R
ORDEN Siluriformes						
Familia ARIIDAE						
<i>Ariopsis guatemalensis</i> (Günther, 1864) [EU]	1	-	29.5	-	187	R

Taxón	N	LP (cm)		Peso (g)		S _{OC}
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
<i>Cathorops fuerthii</i> (Steindachner, 1877) [EU]	1	-	18.6	-	79.62	R
ORDEN Aulipiformes						
Familia SYNODONTIDAE						
<i>Synodus scituliceps</i> Jordan & Gilbert, 1882 [ES]	1	-	21.8	-	74.11	R
ORDEN Brachoidiformes						
Familia BATRACHIDIDAE						
<i>Batrachoides boulengeri</i> Gilbert & Starks, 1904 [EU]	1	-	10.5	-	13	R
ORDEN Mugiliformes						
Familia MUGILIDAE						
<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836 [EU]	11	4.7	20.9	0.66	64.59	C
ORDEN Atheriniformes						
Familia ATHERINOPSIDAE						
<i>Atherinella guatemalensis</i> (Günther, 1864) [ER]	5	5.8	8.3	0.5	1.02	O
ORDEN Beloniformes						
Familia HEMIRAMPHIDAE						
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1841) [EU]	6	13.2	21.1	7.98	20.10	R
Familia BELONIDAE						
<i>Tylosurus fodiator</i> Jordan & Gilbert, 1882 [ES]	9	34	43.7	48	95.38	O
ORDEN Cyprinodontiformes						
Familia POECILIIDAE						
<i>Poecilia sphenops</i> Valenciennes, 1846 [DS]	27	5.3	8.8	2	5.8	R
<i>Poeciliopsis fasciata</i> (Meek, 1904) [DS]	1	-	5.1	-	3	R
<i>Poeciliopsis turrubarensis</i> (Meek, 1912) [DS]	4	5.8	8.1	1	4	R
ORDEN Gasterosteiformes						
Familia SYNGNATHIDAE						
<i>Hippocampus ingens</i> Girard, 1858 [ES]	1	-	12	-	4.5	R
<i>Pseudophallus starksii</i> (Jordan & Culver, 1895) [ER]	1	-	13.5	-	0.45	R
ORDEN Scorpaeniformes						
Familia SCORPAENIDAE						
<i>Scorpaena mystes</i> Jordan & Stark, 1895 [ES]	1	-	18.6	-	285	R
Familia TRIGLIDAE						
<i>Prionotus horrens</i> (Richardson, 1844) [ES]	1	-	3	-	1	R
ORDEN Perciformes						

Taxón	N	LP (cm)		Peso (g)		S _{OC}
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
Familia CENTROPOMIDAE						
<i>Centropomus nigrescens</i> Günther, 1864 [EU]	1	-	12	-	21	R
<i>Centropomus robalito</i> Jordan & Gilbert, 1882 [EU]	25	5.9	20.3	2.08	69.05	C
Familia CARANGIDAE						
<i>Carangoides vinctus</i> Jordan & Gilbert, 1882 [ES]	3	7.2	9.3	5.29	6.61	O
<i>Caranx caninus</i> Günther, 1867 [EU]	2	8.8	16.1	9.70	39.01	R
<i>Caranx sexfasciatus</i> Quoy & Gaimard, 1825 [ES]	1	-	7.9	-	8	R
<i>Chloroscombrus orqueta</i> Jordan & Gilbert, 1883 [EU]	8	13.9	18.9	25.03	47.90	O
<i>Oligoplites altus</i> (Günther, 1868) [EU]	25	4.9	24.1	0.86	89	O
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801) [EU]	6	4.3	19.9	0.48	33.06	C
<i>Selene peruviana</i> Steindachner, 1881 [ES]	5	6	17	2.14	38.67	O
Familia LUTJANIDAE						
<i>Hoplopagrus guentherii</i> Gill, 1862 [ES]	3	14.2	26.9	123	375	O
<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869) [ES]	3	6.7	17.9	5	75.25	O
<i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869) [ES]	1	-	10.8	-	20.93	R
<i>Lutjanus novemfasciatus</i> Gill, 1862 [EU]	1	-	14.8	-	73	R
Familia GERREIDAE						
<i>Diapterus brevirostris</i> (Sauvage, 1879) [EU]	25	7.5	14.7	8	32.93	C
<i>Eucinostomus currani</i> Zahuranec, 1980 [EU]	149	3.9	14.6	0.59	37.13	D
<i>Eucinostomus dowii</i> (Gill, 1863) [EU]	58	5.5	12.9	2.12	20.84	C
<i>Eucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862) [EU]	74	4.8	15.1	1.14	47.85	D
<i>Eugerres lineatus</i> (Humboldt, 1821) [ES]	1	-	8.1	-	13.01	R
<i>Gerres simillimus</i> Regan, 1907 [EU]	35	4.3	22.4	1	106	O
Familia HAEMULIDAE						
<i>Pomadasys macracanthus</i> (Günther, 1864) [EU]	5	4.4	30.5	1.11	47.85	O
Familia POLYNEMIDAE						
<i>Polydactylus approximans</i> (Lay & Bennett, 1839) [ES]	1	-	15.3	-	70.04	R
Familia SCIAENIDAE						
<i>Micropogonias altipinnis</i> (Günther, 1864) [EU]	27	11.3	23.2	29.62	112.16	C
<i>Bairdiella armata</i> (Gill, 1863) [ES]	1	-	10.3	.	17.68	R
Familia KYPHOSIDAE						
<i>Kyphosus vaigiensis</i> (Quoy & Gaimard, 1825) [ES]	3	14.5	19.2	82	103.17	O

Taxón	N	LP (cm)		Peso (g)		S _{OC}
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
Familia CHAETODONTIDAE						
<i>Chaetodon humeralis</i> Günther, 1860 [ES]	2	6.5	8.3	8.68	12.33	R
Familia CICHLIDAE						
<i>Amphilophus trimaculatus</i> (Günther, 1867) [DS]	76	4	18.3	1	24.85	O
Familia ELEOTRIDAE						
<i>Dormitorator latifrons</i> (Richardson, 1844) [ER]	13	5	15.8	2	54.75	O
<i>Erotelis armiger</i> (Jordan & Richardson, 1895) [EU]	7	8.2	21.4	2.93	11.53	O
<i>Gobiomorus maculatus</i> (Günther, 1859) [ER]	1	-	10.4	-	2	R
Familia GOBIIDAE						
<i>Ctenogobius sagittula</i> (Günther, 1861) [EU]	17	5.9	17.8	1.40	14.54	O
<i>Gobionellus microdon</i> Gilbert, 1892 [ER]	55	5.2	18.3	1.05	24.45	D
Familia EPHIPPIDAE						
<i>Chaetodipterus zonatus</i> (Girard, 1858) [ES]	1	-	11.2	-	68.98	R
ORDEN Pleuronectiformes						
Familia PARALICHTHYIDAE						
<i>Citharichthys gilberti</i> Jenkins & Evermann, 1889 [EU]	7	10.7	22.6	15.57	104.57	O
<i>Etropus crossotus</i> Jordan & Gilbert, 1882 [EU]	13	6.6	16.3	2.69	42.11	O
Familia ACHIRIDAE						
<i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1869) [EU]	51	3.6	11.9	0.47	22.62	D
<i>Achirus scutum</i> (Günther, 1862) [ES]	11	4	10.7	0.75	14.25	O
Familia CYNOGLOSSIDAE						
<i>Symphurus elongatus</i> (Günther, 1868) [ES]	14	9.4	14.9	6.82	22.98	O
ORDEN Tetraodontiformes						
Familia BALISTIDAE						
<i>Pseudobalistes naufragium</i> (Jordan & Starks, 1895) [ES]	1	-	12	-	107.35	R
Familia TETRAODONTIDAE						
<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842) [EU]	13	3.9	18.1	0.92	106.52	C
Familia DIODONTIDAE						
<i>Diodon holocanthus</i> Linnaeus, 1758 [ES]	9	12.5	26.8	132.44	502	O
<i>Diodon hystrix</i> Linnaeus, 1758 [EU]	1	-	24	-	503	R

indicadores de diversidad mostraron sus valores más altos durante el mes de noviembre ($\lambda=0.93$; $H'=2.91$), mientras que los más bajos se calcularon para enero ($\lambda=0.87$; $H'=2.42$; Fig. 4).

En este estudio se reportan 15 nuevos registros de peces para la laguna Mar Muerto, de los cuales, cuatro se consideran nuevas adiciones a la ictiofauna continental de Chiapas: *Narcine vermiculata* Breder, 1928, *Pseudobatos leucorhynchus* (Günther, 1867), *Gymnura marmorata*

(Cooper, 1864), *Anchoa spinifer* (Valenciennes, 1848), y seis no se habían considerado previamente como parte de la ictiofauna marina y estuarina estatal: *Bascanichthys bascanoides* Osburn & Nichol, 1916; *Ethadophis byrnei* Rosenblatt & McCosker, 1970; *Myrophis vafer* Jordan & Gilbert, 1883; *Ophichthus longipenis* McCosker & Rosenblatt, 1998; *Scorpaena mystes* Jordan & Stark, 1895; *Prionotus horrens* (Richardson, 1844) (Cuadro 3).

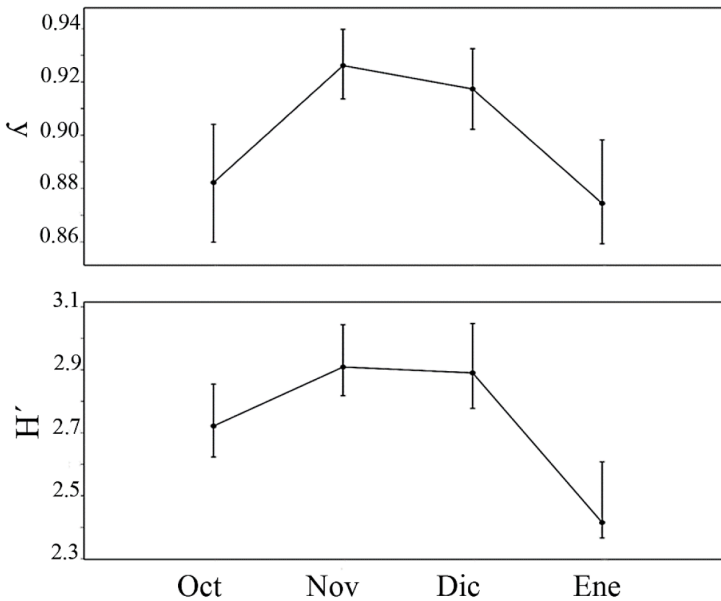


Fig. 4. Variación mensual de la diversidad: Índice inverso de Simpson (λ) e Índice de Shannon-Wiener (H')

Fig. 4. Monthly variation of diversity: Inverse Simpson Index (λ) and Shannon-Wiener Index (H')

Cuadro 3. Nuevos registros locales y regionales de especies de peces obtenidos de la ictiofauna de descarte de una pesquería con copo en la laguna costera Mar Muerto durante el periodo octubre 2017-enero 2018. *Catálogo. Museo de Zoología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México), Registro de Colección Científica: CHIS-PEC-210-03-09

Table 3. New local and regional records of fish species obtained from discarded ichthyofauna in cod-end net fishery in the Mar Muerto coastal lagoon during the October 2017-January 2018 period. *Catalogue. Museum of Zoology of the University of Sciences and Arts of Chiapas (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico), Scientific Collection Records: CHIS-PEC-210-03-09

Especie	Nuevo registro local (mar Muerto)	Nuevo registro para la ictiofauna continental (Chiapas)	Nuevo registro para la ictiofauna marina-estuarina (Chiapas)	N.º de catálogo*	N.º de ejemplares catalogados
<i>Narcine vermiculata</i>		✓		7 284	1
<i>Pseudobatos leucorhynchus</i>		✓		7 339	3
<i>Gymnura marmorata</i>		✓		7 286	1
<i>Bascanichthys bascanoides</i>			✓	7 287	1
<i>Ethadophis byrnei</i>			✓	7 295	1
<i>Myrophis vafer</i>			✓	7 288	5
<i>Ophichthus longipenis</i>			✓	7 291	1
<i>Anchoa spinifer</i>		✓		7 280	6
<i>Cathorops fuerthii</i>	✓			7 289	1
<i>Tylosurus fodiator</i>	✓			7 290	4
<i>Hippocampus ingens</i>	✓			7 282	1
<i>Scorpaena mystes</i>			✓	7 292	1
<i>Prionotus horrens</i>			✓	7 283	1
<i>Caranx sexfasciatus</i>	✓			7 293	1
<i>Diodon holocanthus</i>	✓			7 338	1

DISCUSIÓN

El presente análisis aportó información base sobre el descarte asociado a una pesquería ribereña de camarón no regulada. Con respecto a la proporción de descarte/camarón estimada durante el periodo de estudio, se encontró una proporción promedio de 2.6:1, con una mínima para el mes de diciembre (1.25:1) y una máxima durante octubre (6.17:1). Aunque estas correspondencias son menores a las reportadas para pesca de camarón por arrastre en áreas cercanas a la línea de la costa y la plataforma continental (Alverson *et al.* 1994; Chen *et al.* 2013; Al-Mamry *et al.* 2015), pueden considerarse altas para el caso específico de la pesca artesanal con artes fijas al interior de ambientes continentales. Por ejemplo, en la laguna costera de Chabihau, al norte de la península de Yucatán, reportaron una proporción promedio de descarte/camarón de 1:7, al utilizar una red de fondo fija (triángulo camaronero) (Leal *et al.* 2009). Los resultados de nuestro estudio coinciden con los obtenidos por López-Vila (2010) para pesca con copo en un sistema lagunar del sur de Chiapas, reportándose una proporción promedio de 2.8:1.

Aunque la mayoría de los estudios registraron variaciones temporales en la biomasa, tanto de la fauna de acompañamiento como del descarte (Maharaj & Recksiek, 1991; Uzer *et al.* 2017), es necesario considerar,

que para este trabajo, el muestreo se limitó a los cuatro meses que comprenden la pesca con copo en el Mar Muerto. Durante este periodo, las condiciones ambientales presentan relativa homogeneidad en la Boca de Tonalá (Tapia-García *et al.* 2011); sin embargo, el efecto de los escurrimientos estacionales al inicio de la temporada de pesca influye en los hábitos de reproducción y migración de muchas especies (Amezcuca *et al.* 2006), lo que puede favorecer un marcado pico de biomasa y variación en la proporción durante el mes de octubre. Este patrón también ha sido reportado por López-Vila (2010) y Gómez-González (2010) en el sistema lagunar estuarino Chantuto-Pazacola, en la costa de Chiapas.

En este estudio se encontró que la ictiofauna integró a más de la mitad del descarte total, entre un 51% en diciembre y un 79.5% en octubre, lo cual es coincidente con lo reportado en otras pesquerías artesanales de camarón que utilizan copos, o variaciones de este, en lagunas costeras (Leal *et al.* 2009; López-Vila, 2010). Otros componentes de la fauna descartada en este estudio fueron, principalmente, jaibas (*Callinectes* spp.) y en menor proporción cefalópodos (probablemente del género *Lolliguncula*), sipuncúlidos, anélidos, bivalvos e incluso neonatos de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*). En el caso de las jaibas, estas suelen ser un componente importante en las capturas

incidentales asociadas a la pesca de camarón en México (De la Rosa-Meza, 2005; INAPESCA, 2012; Wakida-Kusunoki *et al.* 2013). En este trabajo se observaron jaibas de diferentes tamaños en abundante proporción durante los meses de noviembre y diciembre. Las jaibas del género *Callinectes*, aún las de tamaño pequeño, son depredadoras de camarones (Mascaró *et al.* 2003); y su abundancia, al igual que la de otros peces, podría estar relacionada con la disponibilidad de este recurso alimenticio. Por otro lado, la ausencia de una relación aparente entre la biomasa de camarón y la de ictiofauna de descarte puede deberse a la presencia de organismos adultos de tallas pequeñas, juveniles y subadultos (9.9±9 cm, longitud patrón) con limitado potencial depredador hacia el camarón, así como a la remoción de ejemplares con valor comercial (Milisenda *et al.* 2017; Öndes *et al.* 2017).

Algunos organismos que integran la ictiofauna de acompañamiento son consumidos o comercializados, aunque se considera que el porcentaje de su aprovechamiento es usualmente bajo (entre 8% y 18%) (Amezcuca *et al.* 2006). En este análisis se observó la selección de peces pertenecientes a especies como *Albula esuncula*, *Mugil curema*, *Hoplopogrus guentherii* y *Micropogonias altippinis*, cuyos ejemplares alcanzaban tallas mayores a 30 cm, que por lo general, son utilizados para autoconsumo. La mayor parte

de los peces óseos que componen el descarte en pesquerías artesanales de camarón, corresponden a individuos juveniles, reportándose, para un sistema costero del Pacífico mexicano, tallas mínimas y máximas de entre 2.9 y 17.8 cm (Estrella-Inzunza & Díaz-Gaxiola, 2017). Aunque, con respecto a los informes de tallas, es necesario considerar las características biológicas de cada especie y su densidad, ya que está demostrado que los ambientes costeros representan importantes áreas de crianza para peces juveniles o de primera madurez (Verdiell-Cubedo *et al.* 2013; Tournois *et al.* 2017).

La ictiofauna que integró el descarte fue desechada al interior de la laguna una vez concluida la selección del camarón y otros organismos aprovechables. Se observó que la mayoría de los peces se encontraban muertos en ese momento, probablemente como consecuencia del tiempo que pasan expuestos en la superficie o por el daño físico asociado a las maniobras de pesca (Davis, 2002; Davis & Parker, 2004). Por lo tanto, este tipo de actividad pesquera puede afectar directamente al reclutamiento de especies, muchas de las cuales pertenecen a familias de interés comercial local (e.g. Carangidae, Mugillidae, Gerridae, Scianidae) (Clay, 1996, Damalas *et al.* 2015; Morán-Silva *et al.* 2017). Sin embargo, la mayoría de las pesquerías de camarón en el mundo carecen de estudios sobre sus descartes, que

permitan estimar con más precisión su impacto en las poblaciones (Kelleher, 2005). Por otro lado, el descarte podría beneficiar a algunas especies de crustáceos, peces y aves oportunistas o de hábitos carroñeros (Svane *et al.* 2008; Jodice *et al.* 2011). Por ejemplo, López-Vila (2010) observó que debido al horario nocturno de las maniobras de pesca con copo en el sur de Chiapas, el descarte beneficia a una especie de murciélago piscívoro (*Noctilio leporinus*). Desde el punto de vista ecosistémico, gran parte del descarte podría incorporarse al ciclo de reciclado de materia al ser transformado en detritus, mediante la intervención de organismos descomponedores (Queirolo *et al.* 1995; Heath *et al.* 2014). No obstante, es necesario investigar más a fondo sobre el impacto del descarte en la dinámica trófica en zonas estuarinas (Manickchand-Heileman *et al.* 2004).

Debido al limitado número de estudios sobre la ictiofauna de descarte o acompañamiento en la pesca de camarones en lagunas costeras del Pacífico mexicano, en general, se carece de valores referentes sobre riqueza, abundancia, biomasa y composición, así como de atributos asociados a las poblaciones como edades o proporciones sexuales. En este estudio, un total de 73 especies de peces fueron obtenidas como descarte, en comparación a 173 especies en el sistema lagunar Santa María La Reforma, Golfo de California (Amezcuca *et al.* 2006); 71 especies en el sistema

lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas (López-Vila, 2010) y 14 especies en el sistema lagunar Topolobampo, Sinaloa (Estrella-Inzunza y Díaz-Gaxiola, 2017). Mientras que en el primer y último estudio referido, estas diferencias observadas pueden deberse a la variación en el grado de selectividad de las artes de pesca, en el segundo se aprecia una marcada similitud en el número de especies registradas. A pesar de encontrarse una riqueza relativamente alta en el descarte, es usual que se encuentran pocas especies y familias como dominantes. López-Vila (2010) encontró en el sistema Chantuto-Panzacola (localizado aproximadamente 150 km al sur de la boca de Mar Muerto) que organismos de las especies *Cathorops liropus* (Ariidae) y *Dormitator latifrons* (Eleotridae) integraban más del 26% de la abundancia numérica del descarte por pesca con copo. En contraste, en este estudio se encontró a tres especies del género *Eucinostomus* (Gerreidae) que representa a más del 30% del total de individuos muestreados. Estas diferencias taxonómicas pueden deberse a los patrones de reclutamiento, reproducción y migración de las especies abundantes (Amezcuca *et al.* 2006), asociados a las condiciones ambientales intrínsecas y a las variaciones locales de la pesca con copo.

En el sistema Chantuto-Panzacola, esta actividad pesquera se realiza, principalmente, asociada a la temporada lluviosa, cuando se

obtienen los mayores volúmenes de camarón (López-Vila, 2010); podrían las condiciones oligohalinas del sistema favorecer la presencia de especies ícticas estuarinas y dulceacuícolas secundarias. En el caso del sistema Mar Muerto, un menor aporte de agua dulce y la marcada influencia marina (debido a la cercanía de los sitios de muestreo con la bocabarra) pueden determinar una mayor dominancia de especies estenohalinas y eurihalinas (Romero-Berny *et al.* 2018). Lo anterior quedó claramente evidenciado en el presente estudio, en donde el componente marino representó el 86.3% de la ictiofauna descartada. Así mismo, los mayores valores de diversidad se presentaron durante el periodo de transición hidrológica lluvias-secas (noviembre-diciembre) que afecta la salinidad e incrementa el número de especies raras de afinidad marina dentro del sistema.

Con respecto a la categoría de ocurrencia, los resultados muestran que más del 80% de las especies presentaron patrones de dominancia como raras y ocasionales, lo cual es una característica común en comunidades de peces en lagunas costeras (Acuña *et al.* 2017). No obstante, es necesario considerar las restricciones en el tamaño de la muestra, por lo que es recomendable ampliar el estudio hacia series de tiempo, a fin de tener una estimación más precisa de estos patrones.

En este estudio se registró al 66.3% de las especies previamente re-

portadas para el sistema Mar Muerto. A pesar de utilizarse una sola arte de pesca, el número de especies de peces encontradas y la adición de 15 nuevos registros representan un resultado notable en la generación de nueva información sobre composición en el nivel local y regional. Los inventarios de ictiofauna realizados en lagunas costeras del norte del Golfo de Tehuantepec han sido escasos y dispersos (Chávez, 1979; Castro-Aguirre, 1982; Tapia-García *et al.* 1998; Tapia-García y Mendoza-Rodríguez, 2005; Romero-Berny *et al.* 2018). El sistema Mar Muerto destaca en esta área del Golfo por presentar la mayor riqueza íctica reportada, cuyo número se incrementa a 108 especies al considerar los registros de este estudio. Es probable que la elevada riqueza del sistema se encuentre relacionada con la amplitud de la boca y morfología de la laguna, factores que favorecen una conectividad permanente con el ambiente oceánico (Mendoza *et al.* 2009). Es interesante mencionar que cuatro de los nuevos registros (27%) corresponden a la familia Ophichthidae, la cual se encontraba poco representada en los ambientes costeros continentales de Chiapas (Velázquez-Velázquez *et al.* 2016). También, es importante destacar el papel de los estudios sobre fauna acompañante de la pesca en la ampliación del conocimiento de la diversidad íctica (López-Martínez *et al.* 2010).

CONCLUSIONES

Este trabajo representa una de las primeras aproximaciones a la caracterización del descarte en una pesquería artesanal de camarón, escasamente evaluada en sistemas costeros continentales del Pacífico sur mexicano. En este trabajo se demostró que la pesca por copo afecta potencialmente por lo menos a 73 especies de peces que pueden tratarse, de acuerdo a la talla promedio (9.9 ± 9 cm, longitud patrón) y especie, de individuos juveniles y sub-adultos; en una proporción general de ictiofauna/camarón de 1.89:1, considerada alta en comparación a otros estudios. Aunque en términos de estimación de proporciones, composición y riqueza ictiofaunística es una importante línea base, este trabajo aún es insuficiente para comprender integralmente la dinámica ecológica de las especies involucradas. Es recomendable enfocar los esfuerzos de investigación en determinar las variables ambientales (p. ej. salinidad, oxígeno disuelto, velocidad de corriente, temperatura del agua) y biológicas (p. ej. diversidad, composición taxonómica y funcional, madurez gonádica, migraciones, dietas) que mejor definen la estructura de la fauna de acompañamiento y descarte. Así mismo, es necesario contar con evaluaciones en series interanuales para tener un conocimiento más preciso sobre las especies

aprovechadas, desechadas y el manejo aplicado al descarte. Al tratarse de una pesquería ilegal, la obtención de esta información es difícil. Por lo tanto, es necesario realizar un acercamiento con los grupos de pescadores usuarios de copo, a fin de establecer mecanismos de regulación orientados a la reducción y un manejo adecuado de las capturas secundarias.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, P. A., Gurdek, R., Muñoz, N., Gutiérrez, J. M., Spósito, M., Correa, P. & Caride, A. (2017). Seasonal composition, abundance and biomass of the subestuarine fish assemblage in Solís Chico (Río de la Plata estuary, Uruguay). *Braz. J. Biol.*, 77(3), 622-631.
- Allen, R. G. & Robertson, D. R. (1998). *Peces del Pacífico oriental tropical*. México, D. F.; CONABIO/Agrupación Sierra Madre/CEMEX.
- Al-Mamry, J. M., Chesalin, M. V., Al-Mamary, D. S. & Al-Senaidi, R. H. (2015). The bycatch composition of shrimp trawl fishery in the Oman coastal waters, the Arabian Sea. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 45(3), 273-283. <https://doi.org/10.3750/AIP2015.45.3.06>
- Alverson, D. L., Freeberg, M. H., Murawski, S. A. & Pope, J. G. (1994). *A Global Assessment of Fisheries Bycatch and Discards*. FAO. Doc. Tec. Pesca 339. Roma, Italia: FAO.
- Amezcuca, F., Madrid-Verá, J. & Aguirre-Villaseñor, H. (2006). Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 32,

- 97-109. <https://doi.org/10.7773/cm.v32i12.1025>
- Amezcuca, F., Madrid-Vera, J. & Aguirre-Villaseñor, H. (2009). Incidental capture of juvenile fish from an artisanal fishery in a coastal lagoon in the Gulf of California. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 29, 245-255. <https://doi.org/10.1577/M06-022.1>
- Bojórquez, L. L. F. (1999). Shrimp bycatch utilization in Mexico. In I. Clucas, & F. Teutscher, (Eds.), *Bycatch utilization in tropical fisheries* (pp. 253-262). Roma, Italia: FAO.
- Burgos-León, B., Pérez-Castañeda, R. & De-feo, O. (2009). Discards from the artisanal shrimp fishery in a tropical coastal lagoon of Mexico: spatio-temporal patterns and fishing gear effects. *Fisheries Manag. Ecol.*, 16, 130-138. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2009.00653.x>
- Bussing, W. A. & López, M. I. (2011). *Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centroamérica meridional*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Castro-Aguirre, J. L. (1982). Los peces de las lagunas Oriental y Occidental, Oaxaca, México y sus relaciones con temperatura y salinidad. II. Análisis multifactorial. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, 26(1-4), 85-100.
- Castro-Aguirre, J. L., Espinosa-Pérez, H. & Schmitter-Soto, J. J. (1999). *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. México, D. F.: Noriega-Limusa.
- Clay, J. (1996). *Market potentials for redressing the environmental impact of wild captured and pond produced shrimp*. Washington, D. C., EE. UU.: WWF.
- Contreras, E. F. (2002). Importancia de la pesca ribereña en México. *ContactoS*, 46, 5-14.
- Chávez, E. A. (1979). Análisis de la comunidad de una laguna costera en la costa sur occidental de México. *An. Cent. Cienc. Mar Limnol.*, 6, 15-44.
- Chen, W., Almatar, S., Alsaffar, E. & Yousef, A. R. (2013). Retained and discarded bycatch from Kuwait's shrimp fishery. *Aquat. Sci. Technol.*, 1(1), 86-100.
- Damalas, D., Maravelias, C. D., Osio, G. C., Maynou, F., Sbrana, M., Sartor, P. & Casey, J. (2015). Historical discarding in Mediterranean fisheries: a fisher's perception. *ICES J. Mar. Sci.* 72(9), 2600-2608.
- Davis, M. W. (2002). Key principles for understanding fish bycatch discard mortality. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59, 1834-1843.
- Davis, M. W. & Parker, S. J. (2004). Fish size and exposure to air: Potential effects on behavioral impairment and mortality rates in discarded sablefish. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 24(2), 518-524.
- Day, J. W., Hall, C. A. S., Kemp, W. M. & Yañez-Arancibia, A. (1989). *Estuarine Ecology*. New York, EE. UU.: Wiley.
- De la Rosa-Meza, K. (2005). *Fauna de acompañamiento del camarón en Bahía Magdalena, B. C. S. México*. Tesis de maestría no publicada. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, La Paz.
- Dos Santos, M. N., Saldanha, H. J. & García, A. (2002). Observations on by-catch from a tuna trap fishery off the Algarve (Southern Portugal). *ICCAT*, 54(5), 1726-1732.
- Eayrs, S. (2007). *Guía para reducir la captura de fauna incidental (bycatch) en las pesquerías por arrastre de camarón tropical*. Roma, Italia: FAO.
- Eschmeyer, W. N., Fricke, R. & van der Laan, R. (2017). *Catalog of Fishes: Genera, Species, References*. California: California Academy of Sciences. Recuperado el 23 de febrero 2018, disponible en <http://researcharchive.calacademy>.

- org/research/Ichthyology/catalog/fish-catmai.asp.
- Estrella-Inzunza, P. & Díaz-Gaxiola, J. M. (2017). Análisis de los peces de acompañamiento del camarón (PAC) capturados con churupa en el sistema lagunar de Topolobampo, Sinaloa, México. *Ra Ximhai*, 13(3), 319-338.
- FAO. (1996). *Technical consultation on reduction of wastage in fisheries. Tokio, 28 de octubre-1 noviembre 1996, FAO Fisheries Report No. 547*. Roma, Italia: FAO.
- 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, vols. II-III*. Roma, Italia: FAO.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México, D. F.: Instituto de Geografía-UNAM.
- García, S. & Le Reste, L. (1986). *Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO. Doc. Tec. Pesca 203*. Roma, Italia: FAO.
- Gillett, R. (2008). *Global study of shrimp fisheries*. Rome, Italy: FAO.
- Giménez-Hurtado, E., Caridad-Pérez Marrero, A., Delgado-Miranda, G., Alonso-Domínguez, H. & Villafuerte-Delgado, V. (2016). Comportamiento de la fauna acompañante en la pesca de camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*) en la plataforma suroriental de Cuba. *Rev. Electrón. Vet.*, 17(11), 1-22.
- Gómez-González, A. E. (2010). *Comunidad de peces del sistema Chantuto-Panzacola, Reserva de la Biósfera La Encrucijada*. Tesis de maestría no publicada. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas.
- González-Acosta, A. F., Rodiles-Hernández, R. & González-Díaz, A. A. (2017). Checklist of the marine and estuarine fishes of Chiapas, Mexico. *Mar. Biodivers.* <http://dx.doi.org/10.1007/s12526-016-0630-y>
- González-Zuarth, C. & Álvarez, D. (2014). La conducta de los peces como bioindicadores de la presencia de estresores ambientales. En C. A. González-Zuarth, A. Vallarino, J. C. Pérez-Jiménez & A. M. Low-Pfeng (Eds.), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 397-420). México, D. F.: Ecosur/INECC.
- Hall, M. A. (1996). On bycatches. *Rev. Fish. Biol. Fisher.*, 6, 319-352. <https://doi.org/10.1007/BF00122585>
- Hall, M. A., Alverson, D. L. & Metuzals, K. I. (2000). By-catch: problems and solutions. *Mar. Pollut. Bull.*, 41, 204-219. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00111-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00111-9)
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.*, 4(1), 9.
- Heath, M. R., Cook, R. M., Cameron, A. I., Morris, D. J. & Speirs, D. C. (2014). Cascading ecological effects of eliminating fishery discards. *Nat. Commun.*, 5, 1-8. <https://doi.org/10.1038/ncomms4893>
- Herrera-Valdivia, E., López-Martínez, J., Castillo-Vargasmachuca, S. & García-Juárez, A. R. (2016). Diversidad taxonómica y funcional en la comunidad de peces de la pesca de arrastre de camarón en el norte del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.*, 64, 587-602. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i3.15852>
- Huidobro, C. L. (2000). Peces. En G. De la Lanza-Espino, S., Hernández-Pulido, & J. L. Carbajal-Pérez (Eds.), *Organismos indicadores de la calidad del agua*

- y la contaminación (pp. 195-263). México, D. F.: Plaza y Valdéz/UNAM.
- Hutchings, J. A. (2000). Collapse and recovery of marine fishes. *Nature*, 406, 882-885. <https://doi.org/10.1038/35022565>
- INAPESCA. (2012). *Plan de manejo de la pesquería de camarón del Pacífico mexicano*. México: SAGARPA-CO-NAPECSA/Fundación Produce.
- Jodice, P. G. R., Wickliffe, L. C. & Sachs, E. B. (2011). Seabird use of discards from a nearshore shrimp fishery in the South Atlantic Bight, USA. *Mar. Biol.*, 158, 2289. <http://dx.doi.org/10.1007/s00227-011-1733-4>
- Kelleher, K. (2005). *Discards in the world's marine fisheries - an update*. Rome, Italy: FAO.
- Krebs, C. J. (2009). *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. San Francisco, EE. UU.: Pearson Benjamin Cummings.
- Leal, S. A., Cabrera, M. A. & Salas, S. (2009). Caracterización de la fauna incidental en la pesquería artesanal de camarón en la laguna de Chabihau, Yucatán, México. En *Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute* (pp. 163-172). Gosier, Guadealupe, French West Indies: GFCL.
- López-Martínez, J., Herrera-Valdivia, E., Rodríguez-Romero, J. & Hernández-Vásquez, S. (2010). Peces de la fauna de acompañamiento en la pesca industrial de camarón en el Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.*, 58(3), 925-942.
- López-Martínez, J. & Morales-Bojórquez, E. (2012). *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*. México, D. F.: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. y Fundación Produce Sonora.
- López-Vila, J. M. (2010). *El descarte en la pesca del camarón en un sistema lagunar de la Reserva de la Biósfera "La Encrucijada", Chiapas, México*. Tesis profesional no publicada. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez.
- Maharaj, V. & Recksiek, C. (1991). The by-catch from the artisanal shrimp trawl fishery, Gulf of Paria, Trinidad. *Mar. Fish. Rev.*, 53(2), 9-15.
- Manickchand-Heileman, S., Mendoza-Hill, J., Kong, A. L. & Arocha, F. (2004). A trophic model for exploring possible ecosystem impacts of fishing in the Gulf of Paria, between Venezuela and Trinidad. *Ecol. Model.*, 172, 307-322. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.09.013>
- Mascaró, M., Hidalgo, L. H., Chiappa-Carrara, X. & Simões, N. (2003). Size-selecting foraging behaviour of blue crabs *Callinectes sapidus* (Rathbun), when feeding on mobile prey: Active and passive components of predation. *Mar. Freshw. Behav. Phy.*, 36(3), 143-159. <https://doi.org/10.1080/10236240310001603224>
- Medina-Reyna, E. E. (1999). La retención de las artes de pesca de camarón como indicador de la estrategia pesquera en la laguna Mar Muerto de Oaxaca. *Ciencia y Mar*, 7, 13-22.
- Mendoza, E., Castillo-Rivera, M., Zárate-Hernández, R. & Ortiz-Burgos, S. (2009). Seasonal variations in the diversity, abundance, and composition of species in an estuarine fish community in the Tropical Eastern Pacific, Mexico. *Ichthyol. Res.*, 56, 330-339. <https://doi.org/10.1007/s10228-009-0102-5>
- Milisenda, G., Vitale, S., Massi, D., Enea, M., Gancitano, V., Giusto, G. B., Badalucco, C., Gristina, M., Garofalo, G. & Fiorentino, F. (2017). Discard composition associated with the deep water rose shrimp fisheries (*Parapenaeus longirostris*,

- Lucas 1846) in the south-central Mediterranean Sea. *Mediterr. Mar. Sci.*, 18, 53-63. <https://doi.org/10.12681/mms.1787>
- Miller, R. R. (1966). Geographical distribution of Central American freshwater fishes. *Copeia*, 4, 773-802. <https://doi.org/10.2307/1441406>
- Miller, R. R., Minckley, W. L. & Norris, S. M. (2009). *Peces dulceacuicolas de México*. México, D. F.: CONABIO/ SIMAC /ECOSUR/Desert Fishes Council.
- Morán-Silva, A., Chávez-López, R., Jiménez-Baldillo, M. de L., Cházaro-Olvera, S., Galindo-Cortes, G. & Meiners-Mandujano, C. G. (2017). Análisis de la comunidad de peces de descarte en la pesca de arrastre de camarón (temporada de lluvias 2013) en la zona centro-sur del litoral veracruzano, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanog.*, 52, 551-566. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000300012>
- Myers, G. S. (1949). Salt-tolerance of fresh-water fish groups in relation to zoogeographical problems. *Bijdr. Dierkd.*, 28, 315-322.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World*. New York, EE. UU.: Wiley.
- Öndes, F., Kaiser, M. J. & Murray, L. G. (2017). Fish and invertebrate by-catch in the crab pot fishery in the Isle of Man, Irish Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 1-13. <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315417001643>
- Pérez-Castañeda, R. & Defeo, O. (2001). Population variability of four sympatric penaeid shrimps (*Farfantepenaeus* spp.) in a coastal lagoon of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 52, 631-641. <https://doi.org/10.1006/ecss.2001.0771>
- Poot-Salazar, A., Pérez-Castañeda, R., Vega-Cendejas, M. E. & Defeo, O. (2009). Assessing patterns of ichthyofauna discarded by an artisanal shrimp fishery through selectivity experiments in a coastal lagoon. *Fish. Res.*, 97, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.fshres.2009.02.001>
- Queirolo, L. E., Fritz, L. W., Livingston, P. A., Loefflad, M. R., Colpo, D. A. & deReynier, Y. L. (1995). *Bycatch, utilization, and discards in the commercial groundfish fisheries of the Gulf of Alaska, Eastern Bering Sea, and Aleutian Islands*. Seattle, EE. UU.:Dep. Commer., NOAA Technical Memorandum NMFS.
- Ramírez-Herrejón, J. P., Mercado-Silva, M., Medina-Nava, M. & Domínguez-Domínguez, O. (2012). Validación de dos índices biológicos de integridad (IBI) en la subcuenca del río Angulo en el centro de México. *Rev. Biol. Trop.*, 60(4), 1669-1685. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i4.2160>
- Ramos-Cruz, S. (2011). Selectividad y estimación de un tamaño mínimo de malla para las atarrayas camaroneras en la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México, con implicaciones para el manejo de la pesquería. *Ciencia Pesquera*, 19(1), 47-57.
- Rodríguez-Romero, J., Hernández-Vásquez, S. & López-Martínez, J. (2009). Desarrollo potencial de peces desaprovechados. *Ciencia y Desarrollo*, 35, 45-51.
- Romero-Berny, E. I., Velázquez-Velázquez, E., Anzueto-Calvo, M. J., Urbina-Trejo, E. & Schmitter-Soto, J. J. (2018). The fish fauna of three lagoon-estuarine systems in the northeastern Gulf of Tehuantepec, Mexican south Pacific. *Rev. Mex. Biodivers.*, 89, 84-98. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.1.1927>
- Schultz, D. M., Bracken, W. E., Bosart, L. F., Hakim, G. J., Bedrick, M. A., Dickinson, M. J. & Tyle, K. R. (1997). The 1993 Superstorm Cold Surge: Frontal

- structure, gap flow, and tropical impact. *Mon. Weather Rev.*, 125, 5-39. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1997\)125<0005:TSCSFS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1997)125<0005:TSCSFS>2.0.CO;2)
- Soykan, C. U., Moore, J. E., Zydelski, R., Crowder, L. B., Safina, C. & Lewison, R. L. (2008). Why study by-catch? An introduction to the theme section on fisheries by-catch. *Endanger. Species Res.*, 5, 91-102. <https://doi.org/10.3354/esr00175>
- Stata Corp. (2009). *STATA 11 Base Reference Manual*. Texas, EE. UU.: StataCorp LLC
- Svane, I., Roberts, S. & Saunders, T. (2008). Fate and consumption of discarded by-catch in the Spencer Gulf, prawn fishery, South Australia. *Fish. Res.*, 90, 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.10.008>
- Tapia-García, M. & M. García-Abad. (1998). Los peces acompañantes del camarón y su potencial como recurso en las costas de Oaxaca y Chiapas. En M. Tapia-García (Ed.), *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos* (pp. 179-196). México: UAM-I.
- Tapia-García, M. & Mendoza-Rodríguez, R. (2005). Composición y abundancia de la ictiofauna en las lagunas Superior e Inferior, Oaxaca. *Actual. Biol.*, 82, 57-65.
- Tapia-García, M., Suárez-Nuñez, C., Cerdaneres-Ladrón de Guevara, G., Macuitl-Montes, M.C. & García-Abad, M.C. (1998). Composición y distribución de la ictiofauna en la Laguna del Mar Muerto, Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.*, 46(2), 277-284.
- Tapia-García, M., García-Abad, M. C., Carranza-Edwards, A. & Vásquez-Gutiérrez, F. (2007). Environmental characterization of the continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Geofis. Int.*, 46(4), 249-260.
- Tapia-García, M., García-Abad, M. C., Penagos-García, F. E., Moreno-Ruiz, J. L., Juárez-Hernández, L. G., Ramírez-Gutiérrez, J. M. & Herrera-Olayo, D. (2011). Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Lacandonia*, 5(1), 97-112.
- Tournois, J., Damaude, A. M., Ferraton, F., Aliaume, C., Mercier, L. & McKenzie, D. J. (2017). Lagoon nurseries make major contribution to adult populations of a highly prized coastal fish. *Limnol. Oceanogr.* 62(3), 1219-1233. <https://doi.org/10.1002/lno.10496>
- Tsagarakis, K., Carbonell, A., Brčić, J., Bellido, J. M., Carbonara, P., Casciaro, L., Edridge, A., García, T., González, M., Šifner, S. K., Machias, A., Notti, E., Papanтониou, G., Sala, A., Škeljo, F., Vitale, S. & Vassilopoulou, V. (2017). Old Info for a New Fisheries Policy: Discard Ratios and Lengths at Discarding in EU Mediterranean Bottom Trawl Fisheries. *Front. Mar. Sci.*, 4, 1-13. <http://dx.doi.org/10.3389/fmars.2017.00099>
- Uzer, U., Yildiz, T. & Karakulak, F. S. (2017). Catch composition and discard of the boat seine in Istanbul Strait (Turkey). *Turk. J. Zool.*, 41, 702-713. <https://doi.org/10.3906/zoo-1610-10>
- Velázquez-Velázquez, E., López-Vila, J. M., Gómez-González, A. E., Romero-Berney, E. I., Liévano-Trujillo, J. L. & Matamoros, W. A. (2016). Checklist of the continental fishes of the state of Chiapas, Mexico, and their distribution. *ZooKeys*, 632, 99-120. <https://doi.org/10.3897/zookeys.632.9747>
- Verdiell-Cubedo, D., Oliva-Paterna, F., Ruiz-Navarro, A. & Torralva, M. (2013). Assessing the nursery role for marine fish species in a hypersaline coastal lagoon (Mar Menor, Mediterranean Sea). *Mar. Biol. Res.* 8, 739-748. <https://doi.org/10.1080/17451000.2013.765580>

- Wakida-Kusunoki, A. T., Becerra-De la Rosa, I., González-Cruz, A. & Amador-Del Ángel, L. E. (2013). Distribución y abundancia de la fauna acompañante del camarón en la costa de Tamaulipas, México (veda del 2005). *Universidad y Ciencia*, 29(1), 75-86.
- Zeller, D., Cashion, T., Palomares, M. & Pauly, D. (2017). Global marine fisheries discards: a synthesis of reconstructed data. *Fish Fish.*, 19, 30-39. <https://doi.org/10.1111/faf.12233>

Incidencia del tipo de alimento sobre la sobrevivencia y ecdisis en *Callinectes bocourti* en cultivo para la obtención de jaiba blanda en el caribe colombiano

Incidence of type of food on survival and ecdysis in cultured *Callinectes bocourti* to obtain soft crab in the Colombian Caribbean

Germán Lozano-Beltrán^{*1}, Erick Orozco-Acosta¹, Karen Muñoz-Salas² y Klaus Rodríguez-Díaz¹

RESUMEN

La investigación tuvo como propósito determinar la incidencia del tipo de dieta sobre la sobrevivencia y la ecdisis en la jaiba roja (*Callinectes bocourti*) en cultivo, para obtener jaiba suave como alternativa de producción pesquera en el Caribe colombiano. Se realizaron 2 experimentos: 1. pescado fresco / pescado fresco + Ca⁺ y 2. pescado fresco / alimento concentrado para camarón (34% proteína). En 4 módulos de recirculación independiente, de 4 acuarios cada uno articulados a filtros biológicos, se sembró un ejemplar/acuario (64 jaibas por ensayo) y se realizaron 3 series de 45 días cada uno. En el experimento 1, sobrevivieron 378 ejemplares, 203 (53.7%) correspondieron a la dieta de pescado fresco y 175 (46.3%) al grupo alimentado con pescado fresco + Ca⁺. En el experimento 2, sobrevivieron 293 ejemplares (21.8%), 180 (61.4%) consumieron pescado fresco y 113 (38.6%) alimento para camarón. En el experimento 1, no se encuentra relación entre la dieta y la ecdisis. En el experimento 2, se encuentra relación entre el sexo (hembra) y la ecdisis. Se concluye que *C. bocourti* es una especie con dificultades para manejo en cultivo y la sobrevivencia no depende de la dieta. El sexo (hembra) es una variable por considerar en la ecdisis de *C. Bocourti*, dado que las hembras requieren mayor energía para el proceso de maduración. La adición de Ca⁺ al alimento natural no tiene mayor implicación en la ecdisis; puede haber mayor relación con variables ambientales y procesos hormonales que con la ingesta de Ca⁺.

Palabras claves: jaiba roja, jaiba blanda, ecdisis, cultivo, alimento

ABSTRACT

The purpose of the paper was to determine the incidence of the type of diet on survival and ecdysis in cultured *blunt-tooth swimming crab* (*Callinectes bocourti*) to obtain soft crab as alternative fish production in the Colombian Caribbean. Two experiments were conducted: 1. fresh fish / fresh fish + Ca⁺ and 2. fresh fish / shrimp concentrated feed (34% protein). In 4 independent recirculation

1 Universidad Simón Bolívar, glozano3@unisimonbolivar.edu.co*, eorozco15@unisimonbolivar.edu.co, klausr66@gmail.com.

2 Grupo de investigación Biología de Nutrientes, Universidad del Atlántico, bioka22@hotmail.com.

Recibido: 15 junio 2018

Corregido: 01 noviembre 2018

Aceptado: 09 noviembre 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.10-2.4>

Rev. Mar. Cost. ESSN 1659-407X. Vol. 10 (2): 77-93, julio-diciembre 2018.



modules, each with 4 aquariums articulated to biological filters, a specimen/aquarium was planted (64 crabs per test), and 3 series were conducted of 45 days each. In experiment 1, a total of 378 specimens survived; 203 (53.7%) had the fresh fish diet, while 175 (46.3%) were fed fresh fish + Ca⁺. In experiment 2, a total of 293 (21.8%) specimens survived; 180 (61.4%) consumed fresh fish and 113 (38.6%) shrimp feed. There is no relationship between diet and ecdysis in experiment 1, while there is relationship between sex (female) and ecdysis in experiment 2. It is concluded that *C. bocourti* is a species with crop management difficulties, and survival does not depend on diet. Sex (female) is a variable to consider in the ecdysis of *C. bocourti* since females require more energy for the maturation process. Adding Ca⁺ to natural food has no greater implications in ecdysis. There may be a stronger relationship with environmental variables and hormonal processes than with the Ca⁺ intake.

Keywords: blunt-tooth swimming crab, soft shell crab, ecdysis, culture, food

INTRODUCCION

Los cangrejos del género *Callinectes* (Crustacea: Portunidae) son decápodos nadadores que se encuentran ampliamente distribuidos en ambientes tropicales y subtropicales en el océano Atlántico, el mar Caribe y el océano Pacífico (Williams, 1974). En el Caribe colombiano, su pesquería tiene importantes implicaciones de orden socioeconómico y el esfuerzo pesquero se ha centrado en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Lasso-Guzmán & Ordoñez-Pardo, 1987; Valencia-Cuellar, 1994; Valencia-Cuellar & Campos-Campos, 1994; Correa-Daza, 2002; Lozano-Beltrán & De León-Martínez, 2008). Al igual que muchos de los organismos acuáticos, las poblaciones de especies del género *Callinectes* han disminuido drásticamente, debido a múltiples causas como el deterioro de su hábitat por acción antrópica, procesos naturales (Sánchez-Páez *et al.* 1997), la sobrepesca y la falta de ordenación de su pesquería. En este

sentido, los informes del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, sobre la pesquería de jaiba, indican que las poblaciones naturales se encuentran deterioradas y recomiendan *atención oportuna antes de que colapsen* (Ibarra *et al.* 2014). La acuicultura ha surgido como una alternativa productiva y la *jaiba blanda* (*soft shell crab*) se vislumbra como una posibilidad viable en las zonas costeras colombianas, mediante el cultivo en sistemas de recirculación de agua, lo que implica mejoramiento de la productividad y aumento en la competitividad a la industria jaibera, basada desde hace más de 50 años en la extracción de los 5 tipos de carnes que se obtienen del proceso tradicional en planta (Jiménez *et al.* 2002; Morillo, 2006). En Estados Unidos, la *jaiba blanda* es un producto que se ha consumido desde hace más de 100 años. Los registros señalan que, durante mucho tiempo, el origen de la *jaiba blanda* fue el medio natural, mediante

la colecta de ejemplares recién mudados (Osterling, 1995; Stagg & Whilden, 1997). A mediados de los años 1800, se iniciaron las actividades de *cultivo*, colectando ejemplares en etapa de *pre-ecdisis*, hasta la finalización del proceso de ecdisis en sistemas controlados. En la actualidad, se investiga sobre la regulación endocrina del proceso de ecdisis, la acción de la hormona inhibidora de la ecdisis y los niveles hormonales durante este, en especies del género *Callinectes* y en otros crustáceos como *Gecarcinus lateralis* y *Homarus americanus* (Lee *et al.* 1998; Zheng-Junying *et al.* 2006; Chang & Mykles, 2011).

En México, la primera planta para producción de jaiba suave se instaló en el puerto de Veracruz y, posteriormente, en Tamaulipas y Campeche, en 1985. Luego, en 1993, se instaló una planta en Ciudad del Carmen y, tras su cierre, se abrió un centro experimental en el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar # 29 (estado de Campeche), reiniciado como proyecto de formación y de producción en el 2004 (Maya de la Cruz *et al.* 2007; Chan, 2011). En el Pacífico mexicano, Pérez-González (2005) evaluó la influencia del alimento en la ecdisis en *C. bellicosus* y Vega-Villasante *et al.* (2006) desarrollaron investigación con *C. arcuatus*, mediante la que produjeron un manual descriptivo, adaptando las técnicas de producción a la biología y circunstancias propias tanto de la especie como del ambiente. La

producción de jaiba suave se presenta como opción productiva con la idea de diversificar y posibilitar un valor agregado a la producción de jaiba, poniendo de presente las implicaciones de orden social de su pesquería (Schleske-Morales, 2008; Ibarra *et al.* 2015), ante la necesidad de proteger el recurso natural de factores como la sobrepesca, la degradación ambiental y la carencia de normas para la pesquería.

En Cuba, se investigó el cultivo de jaiba azul *C. sapidus*, en la búsqueda de un manejo que permitiera garantizar el aprovechamiento responsable de las especies de jaiba en su medio natural, al seleccionar únicamente los individuos próximos a la ecdisis (Reyes *et al.* 2009; Reyes-Canino *et al.* 2003). En este sentido, se establecieron las bases técnicas para su *cultivo*, tales como el manejo previo a la estabulación de los ejemplares y la identificación de las señales de pre-ecdisis y ecdisis (Siam & Castelo, 2011).

En condiciones naturales, las jaibas buscan el alimento en la oferta del medio y el pescado constituye la base de su dieta, razón por la cual los pescadores utilizan diferentes especies de mugilidos como carnada en las nasas jaiberas. El cultivo comercial de otros crustáceos, como camarones y langostinos (*Penaeus* sp.), se ha alcanzado con éxito, en términos de sobrevivencia y crecimiento, mediante la alimentación con concentrados comerciales para camarón. El CaCO_3 es el

principal componente del caparazón de las jaibas, el cual se deposita naturalmente hasta llegar a constituirse en un importante elemento de su exoesqueleto. Por estas razones, se consideró pertinente determinar, en términos de sobrevivencia y proceso de ecdisis, la incidencia del tipo de alimento suministrado a las jaibas en cultivo, evaluando el efecto del alimento concentrado para camarón y la adición de calcio a la dieta natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El estudio se llevó a cabo entre agosto de 2015 y febrero de 2016, en las instalaciones que la Universidad Simón Bolívar de Barranquilla adaptó para los propósitos de la investigación, en inmediaciones del puente de La Barra, aledaño a la Ciénaga Grande de Santa Marta, municipio de Pueblo Nuevo (Magdalena, Colombia).

Montaje: Se trabajó un prototipo modular (Fig. 1), conservando el concepto de reutilización constante de agua, manteniendo en equilibrio los parámetros fisicoquímicos en el sistema (oxígeno disuelto, temperatura y salinidad), iniciando por el componente del tratamiento de agua que llega de las unidades de cultivo, la cual fue sometida a diversos pasos con retorno al sistema de cultivo con la calidad adecuada, para sostener los rangos vitales de confort que precisan los ejemplares.

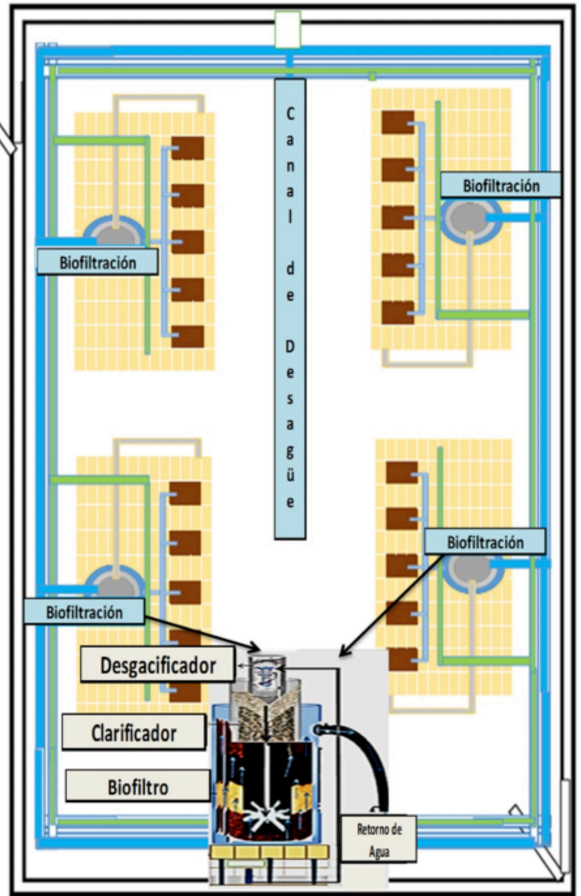


Fig. 1. Esquema del prototipo modular empleado para el cultivo de *C. bocourti* en el Caribe colombiano Fig. 1. Scheme of the modular prototype used for the culture of *C. bocourti* in the Colombian Caribbean

Se montaron 4 unidades de 16 acuarios cada una (3 600 cm³ de volumen operacional de agua por unidad), articuladas a un sistema de biofiltración, el cual consistió en un recipiente cilíndrico plástico de 900 L de capacidad

total, con los mantos filtrantes en el interior y el material necesario para la fijación de bacterias encargadas del desdoble de los compuestos nitrogenados (controlar el nitrógeno amoniacal total NAT), integrando así los tratamientos físicos y químicos.

Para la remoción y/o retención de sólidos, se instaló un clarificador (25 L de capacidad total), donde se recibió el agua con los sólidos sedimentables que fueron removidos, mediante filtración mecánica con medio granular expandible. Una vez retenido el material sólido más grueso e incluso buena parte del fino, el agua retornó al biofiltro por una tubería de 1" de diámetro. Como complemento del biofiltro, se instaló un desgasificador, cuya función era retirar los excesos de CO₂ del sistema.

Se realizaron 3 ciclos de producción experimental. Fueron estabuladas igual número de jaibas (64), durante los 135 días que duró la experimentación (3 ciclos de 45 días cada una); el montaje de los módulos se mantuvo a lo largo de 6 meses, durante los cuales transcurrieron las pruebas. El oxígeno de cada sistema de cultivo fue suministrado por aireadores de motores eléctricos dispuestos para cada módulo de manera independiente. Antes de cada inicio de ciclo, se desinfectaron las líneas de aire, utilizando agua con alcohol (70%), y los 16 acuarios se lavaron con cepillo y agua. Cada unidad de trabajo fue curada con agua dulce cruda durante 8 días, se lavó con agua

dulce tratada y filtrada, se desinfectó (detergente, enjuague de cloro líquido a 5pp, película líquida de Iodopovidona al 1%) y se enjuagó de nuevo con agua dulce tratada y filtrada. Posteriormente, se adicionó solución de peróxido de hidrógeno (20%), se dejó reposar por 30 min, para finalmente enjuagar con solución de Iodopovidona (1%) y lavar con agua dulce.

Se inició el llenado de los módulos con agua de mar de los tanques reservorios, con una salinidad entre 3 y 20 PSU, debido a la variabilidad estacional por efecto de las lluvias *in situ* en el transcurso de las pruebas. Se filtró el agua de mar con filtros tipo bolsos de una micra de poro y se dejó circular el agua en el sistema, con calibración constante de flujo y aireación permanente. Una vez cumplidos el llenado y la estabilización de flujos, se adicionó Melaza (40% fuente de carbono) como potenciador de las bacterias del biofiltro. Vale resaltar que los biofiltros de cada módulo quedaron en recirculación, durante los 6 meses sin interrupción, independientemente de los vacíos entre prueba y prueba.

Colecta y transporte del material biológico: Previa a la llegada de las jaibas a la planta de cultivo, procedentes de la pesca nocturna en el medio natural, se hizo una revisión final del flujo de entrada y salida de agua de cada acuario, de la aireación y de su paso por el sistema de recirculación,

así como lecturas de las condiciones físicas y químicas del medio.

El material biológico procedente de capturas de pesca artesanal de la Ciénaga Grande de Santa Marta fue seleccionado uno a uno (cada ejemplar), sin separar por sexo, observando las señales de ecdisis que se especificaron para este procedimiento, de acuerdo con los criterios señalados por Lozano-Beltrán *et al.* (2015).

El traslado a la sala de la planta de cultivos se efectuó en canastas plásticas cubiertas de tela gruesa, humedecida con agua de mar para dar oscuridad y mantener la humedad del medio, con lo que se obtuvo disminución de la agresividad de los ejemplares y total sobrevivencia. Una vez en la planta, se trasladaron a tanques de 500 L (tipo bebedero), en donde se realizó el *cultivo masivo*, que fue básicamente la adaptación a las condiciones controladas, proceso que sirvió para acercar las jaibas a las condiciones físico-químicas del cultivo con el menor estrés y la mínima mortalidad posibles.

Se realizó una revisión fenotípica y la verificación del estado de

pre-ecdisis de cada individuo. Se llevó a cabo la biometría, con el fin de asegurar que cada ejemplar entraba al cultivo con una talla superior a los 8.5 cm de Abel (abertura entre las espinas laterales del caparazón) (Fig. 2), tamaño adecuado para su mercadeo como *jaiba suave*. Una vez concluido el proceso de adaptación a las condiciones de cultivo, se dio inicio a los experimentos, con el propósito de evaluar la incidencia del alimento en la ecdisis y sobrevivencia en cultivo de *C. bocourti*.

Las jaibas estabuladas fueron observadas durante 12 horas, para determinar mortalidad asociada a la captura y el transporte de las jaibas, desde el sitio de captura hasta la planta de cultivos. Finalmente, se comenzaron los experimentos.

El experimento 1 consistió en alimentación con pescado fresco (*Mugil incilis*) y alimento concentrado para camarón (34% de proteína), con la variante de la adición de calcio mineral (Ca^+) al pescado fresco. El pescado fue fileteado y cortado en cubos de aproximadamente $\frac{1}{2} \text{ cm}^3$. El calcio empleado para el experimento

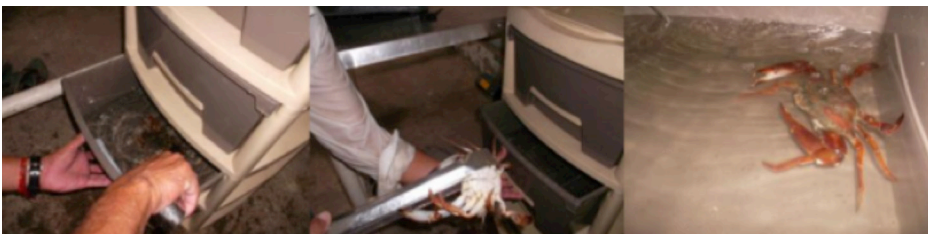


Fig. 2. Selección de jaibas para prueba preliminar

Fig. 2. Crab selection for preliminary test

fue de una casa comercial (Ca^+ - 600 mg de calcio elemental). Fue fragmentado, pulverizado y agregado a cada porción de pescado fresco, mediante adición por acción envolvente de la porción y secado al ambiente, así como suministrado a saciedad 3 veces por día.

Se emplearon 256 ejemplares / ciclo. Se seleccionó un total de 1 537 ejemplares de *C. bocourti* y se evaluó alimento natural (pescado fresco) / pescado fresco + Ca^+ .

En el experimento 2, se seleccionaron 1 344 ejemplares de *C. bocourti* y se evaluó alimento natural / alimento concentrado para camarón. Se suministró alimento a saciedad y la frecuencia fue 3 veces por día.

La verificación del inicio de ecdisis se realizó revisando cada acuario 3 veces por día y se observó si había señales del inicio del proceso, de acuerdo con el criterio de Vega-Villasante *et al.* (2006) y la observación de señales como la ruptura de la línea de sutura ventral, un leve levantamiento de la parte posterior del caparazón y la disminución en la ingesta de alimento o ayuno total.

Las variables físico-químicas se registraron cada 6 horas, en los horarios de 6 a. m., 12 m., 6 p. m. y 12 a. m., en los acuarios. Las lecturas de temperatura y oxígeno disuelto se realizaron con un equipo multiparámetros marca YSI (modelo 550 A) y la salinidad,

con un refractómetro marca Premium (modelo SR6).

Para cada experimento, se determinó el número de jaibas que sobrevivieron durante el cultivo y las que culminaron el proceso de ecdisis. Además, se estimó el riesgo asociado a las diferentes dietas.

Análisis estadístico: Se analizó la normalidad de los datos y, posteriormente, se aplicó estadística descriptiva (media, moda, frecuencia, porcentajes). Se realizaron tablas de contingencia y se aplicó el modelo de regresión para las pruebas de alimentación, teniendo como objetivo establecer la sobrevivencia como variable categórica, en función de la dieta (pescado fresco, pescado fresco + Ca^+ y alimento concentrado). Además, se estimaron los riesgos y se calcularon los intervalos de confianza (95%), para determinar el riesgo asociado a las dietas y la sobrevivencia, durante el proceso de *cultivo* en *C. bocourti*, en los experimentos 1 y 2, mediante RR.

Se aplicó la prueba de χ^2 de Pearson (P-Valor), para establecer si existe diferencia estadísticamente significativa entre el tipo de dieta sobre sobrevivencia y la ecdisis.

Se empleó el modelo de regresión binario para la sobrevivencia, en función de variables como sexo y ecdisis. Para los parámetros físico-químicos, se utilizó el análisis descriptivo (media, mediana, moda, desviación estándar, mínimos y máximos).

RESULTADOS

La evaluación de la incidencia de la dieta en la sobrevivencia en el cultivo de *C. bocourti* muestra que en el experimento 1 sobrevivieron 378 ejemplares (24.6%), de los cuales 203 (53.7%) correspondían a la dieta de pescado fresco y 175 (46.3%) a la de pescado fresco + Ca⁺. En el experimento 2, sobrevivieron 293 (21.8%) individuos, de los cuales 180 (61.4%) consumieron pescado fresco y 113 (38.6%) recibieron alimento concentrado para camarón, evidenciando que, en esta etapa del experimento, la sobrevivencia no depende de la dieta, al no encontrar diferencias estadísticamente significativas ($P \geq 0.05$) (Cuadro 1).

En el experimento 1, en el grupo que recibió la dieta de pescado fresco, la sobrevivencia fue de 102 (53.1%) para hembras y 101 (54.3%) para machos. Por otro lado, en el grupo que fue alimentado con pescado fresco + Ca⁺, la sobrevivencia fue 90 (46.9%) para hembras y 85 (45.7%) para machos, lo que indica que esta fue similar en los dos sexos en el experimento 1, al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas ($\chi^2 = 0.53$; $P = 0.50$).

En el experimento 2, el grupo que recibió la dieta de pescado fresco presentó una sobrevivencia de 82 hembras (53.6%) y 71 machos (46.4%) y, en el fue alimentado con concentrado para camarón, sobrevivieron 91 hembras (65.5%) y 49 machos (34.5%). Se encontró diferencias estadísticamente

Cuadro 1. Sobrevivencia de *C. bocourti*. Experimento 1: pescado fresco / pescado fresco + Ca⁺ y experimento 2: pescado fresco / concentrado para camarón
 Table 1. Survival of *C. bocourti*. Experiment 1: fresh fish / fresh fish + Ca⁺ and experiment 2: fresh fish/ shrimp concentrate

Experimentos	Dieta	Sobrevivencia n(%)	X ² (P-Valor)
1	Pescado fresco	203 (53.7%)	2.70 (0.10)
	Pescado fresco + Ca ⁺	175 (46.3%)	
	Total	378	
2	Concentrado para camarón	140 (21.1%)	0.395 (0.5)
	Pescado fresco	153 (22.5%)	
	Total	293	

Prueba de chi cuadrado (X²) con un grado de libertad, $P \leq 0.05$ indican diferencias estadísticamente significativas.

significativas entre el sexo y la sobrevivencia en el experimento 2 ($\chi^2 = 3.93$; $P = 0.05$) (Cuadro 2).

En relación con el proceso de ecdisis, para el experimento 1, en la dieta de pescado fresco, en los machos se presentó ecdisis en el 48.6% (53 ejemplares) y en las hembras en el 52.1% (63 ejemplares). En la dieta pescado fresco + Ca^{+} , en los machos la ecdisis se presentó en el 51.4% (56 ejemplares) y en las hembras en el 47.9% (58 ejemplares). Para el experimento 2, la ecdisis en los machos fue de 42.2% (38 ejemplares) y en las hembras alimentadas con pescado fresco de 57.8% (52 ejemplares). En tanto en las hembras con la dieta de alimento concentrado fue de 65.5% (57 ejemplares) y en los machos de 34.5% (30 ejemplares),

no se encontró diferencias estadísticamente significativas según el sexo, entre las dietas y la ecdisis (Cuadro 3).

Al vincular el riesgo relativo entre las dietas experimentadas y la sobrevivencia en los procesos de *cultivo* de *C. bocourti*, se evidencia que no hay asociación. Para el experimento 1 el riesgo relativo fue $RR = 0.82$ y para el experimento 2 de $RR = 1.073$ (Cuadros 4 y 5). De esta manera, se encuentra que la sobrevivencia de *C. bocourti* no guarda relación con el tipo de dieta empleada, aunque esta puede ser un factor protector para la sobrevivencia.

El modelo de regresión binaria evidencia que la dieta de pescado fresco / pescado fresco + Ca^{+} del experimento 1 y la ecdisis no se encuentran relacionadas (Cuadro 6). En

Cuadro 2. Comparación estadística entre la sobrevivencia, las dietas y el sexo de *C. bocourti*

Table 2. Statistical comparison between survival, diets, and sex of *C. bocourti*

Sexo	Sobrevivencia a los procesos de cultivo				
	Dieta de pescado fresco		Dieta de pescado fresco + Ca^{+}		X^2 (P-Valor)
	n	%	n	%	
Hembras	102	53.1	90	46.9	0.53(0.50)
Machos	101	54.3	85	45.7	
Sexo	Dieta de pescado fresco		Al. concentrado para camarón		X^2 (P-Valor)
	n	%	n	%	
	Hembras	82	53.6	91	65.5
Machos	71	46.4	49	34.5	

Prueba de chi cuadrado (X^2) con un grado de libertad, $P \leq 0.05$ indica diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 3. Comparación estadística entre la ecdisis, las dietas y el sexo de *C. bocourti*

Table 3. Statistical comparison between ecdysis, diets, and sex of *C. bocourti*

Eventos de ecdisis					
Dieta de pescado fresco			Dieta de pescado fresco + Ca ⁺		X ² (P-Valor)
Sexo	n	%	n	%	
Hembras	63	52.1%	58	47.9%	0.272 (0.60)
Machos	53	48.60%	56	51.4%	
Sexo	Dieta de pescado fresco		Al. concentrado para camarón		1.120 (0.25)
Hembras	52	57.8%	57	65.5%	
Machos	38	42.2%	30	34.5%	

Prueba de X² con un 1 grado de libertad, $P \leq 0.05$ indican diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 4. Riesgo relativo asociado a la dieta pescado fresco / pescado fresco + Ca⁺ en la sobrevivencia al proceso de cultivo de *C. bocourti* en el experimento 1

Table 4. Relative risk associated with the fresh fish / fresh fish + Ca⁺ diet in the *C. bocourti* survival to the culture process in experiment 1

Variable	Riesgo relativo (RR)	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de ventajas para sobrevivencia en los cultivos	0.82	0.65	1.035
Dieta con pescado fresco	0.908	0.813	1.014
Dieta con pescado fresco + Ca ⁺	1.107	0.98	1.251
Total	1537		

Cuadro 5. Riesgo relativo asociado a la dieta de pescado fresco / alimento concentrado para camarón en la sobrevivencia al proceso de cultivo de *C. bocourti* en el experimento 2

Table 5. Relative risk associated with the fresh fish / shrimp concentrated feed diet in the *C. bocourti* survival to the culture process in experiment 2

Variables	Riesgo relativo (RR)	Intervalo de confianza de 95%	
		Inferior	Superior
Razón de ventajas para dieta (concentrado con camarón / pescado fresco)	1.073	0.823	1.399
No presentaron sobrevivencia	1.015	0.959	1.075
Sí presentaron sobrevivencia	0.946	0.768	1.166
Total	1344		

el experimento 2, la dieta de pescado fresco y el alimento concentrado para camarón se relacionan con la ecdisis (Cuadro 7).

Los parámetros fisicoquímicos registrados durante el periodo de cultivo, en los experimentos, fueron oxígeno, temperatura y salinidad (Cuadro 8).

Cuadro 6. Modelo de regresión binario para la sobrevivencia en el cultivo, la ecdisis y el sexo de *C. bocourti* en el experimento 1

Table 6. Binary regression model for *C. bocourti* culture survival, ecdysis, and sex in experiment 1

Modelo de regresión binaria para el experimento 1							95% C. I. para EXP (B)	
Variable	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	Inferior	Superior
Ecdisis	-0.267	0.197	1.827	1	0.176	0.766	0.52	1.280
Sobrevivencia	0.346	0.0164	4.437	1	0.035	1.413	1.024	1.949
Sexo	-0.049	0.102	0.225	1	0.0635	0.953	0.779	1.164
Constante	-0.042	0.312	0.019	1	0.892	0.958		

No hay relación estadística entre la ecdisis y el sexo de *C. bocourti* en el experimento 1. Si hay relación estadística, pero se presenta de riesgo con la sobrevivencia del experimento 1. Según los exp. b e intervalos.

Cuadro 7. Modelo de regresión binario para la sobrevivencia en el cultivo, la ecdisis y el sexo de *C. bocourti* en el experimento 2

Table 7. Binary regression model for *C. bocourti* culture survival, ecdysis, and sex in experiment 2

Modelo de regresión binaria para el experimento 2							95% C. I. para EXP (B)	
Variables	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp (B)	Inferior	Superior
Ecdisis	-0.097	0.216	0.201	1	0.654	0.908	0.595	1.386
Sobrevivencia	0.132	0.177	0.556	1	0.456	1.141	0.806	1.615
Sexo	-0.061	0.114	0.288	1	0.592	0.941	0.753	1.176
Constante	0.005	0.35	0	1	0.989	1.005		

Existe asociación significativa entre la ecdisis y el experimento 2 (es de protección). No hay asociación significativa en entre el sexo y el experimento 2. No hay asociación significativa entre sobrevivencia y el experimento 2.

Cuadro 8. Parámetros fisicoquímicos registrados en el cultivo de los experimentos 1 y 2

Table 8. Physicochemical parameters recorded in culture of experiments 1 and 2

Experimentos/dieta	Medidas	Parámetros fisicoquímicos		
		Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)	Salinidad (PSU)
1 (Pescado fresco + pescado fresco + Ca ⁺)	Media	3.04	23.84	9.75
	Mediana	3.31	24	9
	Moda	3.3	24	9
	Desviación estándar	0.81	1.06	1.91
	Mínimo	0.5	16	6
	Máximo	6.3	26.5	20
	Media	3.32	23.74	9.47
2 (Pescado fresco + alimento concentrado para camarón)	Mediana	3.31	24	9
	Moda	3.3	24	9
	Desviación estándar	0.81	1.06	1915
	Mínimo	0.5	16	6
	Máximo	6.3	26.5	20

DISCUSIÓN

Esta es la primera investigación del cultivo de *C. bocourti* que se realiza en el continente americano para la obtención de jaiba blanda o suave (*soft shell crab*), ya que los experimentos realizados en otros países, como Cuba, México y Estados Unidos, se han centrado en las especies *C. rathbune*, *C. sapidus*, *C. arcuatus* y *C. bellicosus*. La baja sobrevivencia (23.2%) en los 2 experimentos muestra que *C. bocourti* es una especie poco adaptable a las condiciones de cultivo de estos y, consecuentemente, dificulta las labores de

cultivo y seguimiento de los efectos de las variables estudiadas, como la adición de calcio y la alimentación con el concentrado para camarón. Aunque en las investigaciones revisadas no se evalúa la sobrevivencia de los ejemplares, en la presente investigación se encontró que los ejemplares alimentados con pescado fresco mostraron una mayor sobrevivencia durante todo el proceso de cultivo.

Entre los trabajos realizados para la obtención de jaiba suave en condiciones controladas, se identifican los métodos de intervención física (quelotomía uni o bilateral y ablación ocular),

manejo del alimento y modulación de factores ambientales, como elementos de incidencia directa, tanto en el proceso de ecdisis, como en la disminución del tiempo de inter-ecdisis, en investigaciones adelantadas con *C. sapidus* y *C. rathbune* (Ary Jr. *et al.* 1987; Amador del Ángel *et al.* 1992; Amador del Ángel *et al.* 1996; Ibarra-Silva & Santamaría-Gallegos, 1993).

Pérez-González (2005), realizó investigación sobre la influencia del alimento en la ecdisis en *C. bellicosus*, empleando 3 tipos de dieta, alimento natural (almeja + filete de pescado) con un nivel de 65% de proteína y 2 alimentos concentrados para camarón (35% y 40% de proteína). Al igual que en el presente estudio, en la evaluación de las dietas hallaron que el alimento natural es el más adecuado para el cultivo de las jaibas, al haber diferencias significativas en el tiempo de inter ecdisis ($P < 0.05$). En cuanto a la evaluación de los alimentos concentrados, se evidencia que el mejor resultado se obtuvo con el de 40% de proteína. Para el caso de *C. bocourti*, aunque acepta el alimento concentrado para camarón (34% de proteína), hay preferencia por el pescado fresco, probablemente debido a que, siendo este su alimento natural, presenta mayor atractabilidad para los ejemplares confinados.

El éxito en obtención de la jaiba suave radica en la buena selección de ejemplares, en especial, en la observación de las señales de ecdisis, mas

no se hace propuesta específica para el manejo de la alimentación durante el proceso de cautiverio (Reyes-Canino *et al.* 2003; Siam & Castelo, 2011). Sin embargo, estos autores no hacen propuestas específicas para el manejo de la alimentación durante el proceso de cautiverio. De igual manera, Cortés-Jacinto & Vega-Villasante (2009) resaltan que las señales de ecdisis en *C. arcuatus* son claves para el éxito del proceso dirigido a la obtención de jaiba suave.

En relación con el agregado de calcio al alimento natural, no parece haber incidencia con la disminución del tiempo de intermuda o con los eventos de ecdisis, dado que esta es un proceso natural en todos los crustáceos y podría estar más asociado a la secreción de hormonas como lo mencionan Lee *et al.* (1998).

En el presente estudio, se encontró que la dieta de pescado fresco y alimento concentrado para camarón guarda relación con el sexo (hembra) y la ecdisis, lo cual podría explicarse por el hecho de que las hembras necesitan mayor cantidad de energía que los machos, en los procesos de maduración sexual, requieren cantidad de glucógeno, lípidos y proteínas para la culminación de este proceso, así como para la generación del nuevo caparazón, eventos extremadamente costosos en términos de energía (Fernández-Luna, 1998; Fernández-Luna *et al.* 1999; Vega-Villasante *et al.* 1999; Charron *et*

al. 2014). En este estudio, el consumo de pescado fresco y de alimento concentrado para camarón por parte de *C. bocourti*, posiblemente, cubre las necesidades energéticas, por su alta calidad nutricional.

CONCLUSIÓN

La sobrevivencia a las condiciones de cultivo muestra que *C. bocourti* es una especie con dificultades para manejo en condiciones controladas, como es evidente en la baja sobrevivencia que mostraron los diferentes experimentos.

La sobrevivencia de *C. bocourti* durante el cultivo no dependió de la dieta, mas si parece que la dieta es un factor protector; es decir, ejemplares con una buena dieta presentan un menor riesgo de mortalidad.

Los resultados y la evaluación estadística demuestran que, posiblemente, el sexo juega un papel importante en la ecdisis de *C. Bocourti*; adicionalmente, evidencian que agregar Ca^{+} al alimento natural no tiene mayor implicación en el proceso de ecdisis y pueden estar más relacionados con variables ambientales y procesos hormonales, que con la ingesta de Ca^{+} como componente del alimento.

Por otro lado, el alimento concentrado para camarón fue parcialmente consumido por *C. bocourti*; sin embargo, muestra preferencia por el alimento natural, probablemente por

que es más atractivo y aceptado por parte de los ejemplares en el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Simón Bolívar y al departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS), entidad que financió el proyecto de investigación, en la convocatoria 669-2014. También agradecen al equipo de investigación y personal administrativo de la Universidad Simón Bolívar.

Karen Muñoz-Salas agradece a COLCIENCIAS y a la Gobernación del departamento del Atlántico, por el apoyo recibido en la convocatoria 673 (2014) de formación de capital humano de alto nivel para el departamento del Atlántico, capítulo de maestrías y doctorados nacionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Ary, Jr. R. D., Bartell, C. K. & Poirrier, M. A. (1987). The effects of chelotomy on molting in the blue crab, *Callinectes sapidus*. *J. Shell fish Res.*, 6, 103-108.
- Amador del Ángel, L. E., Lugo-Moreno, J. & Cabrera-Rodríguez, P. (noviembre, 1992). La quelotomía y la ablación ocular en la obtención de jaiba de concha suave *Callinectes sapidus*, Rathbun, en condiciones de laboratorio. Ponencia presentada en 45th Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Yucatán, México.

- Amador del Ángel, L. E., Lugo-Moreno, J. & Cabrera-Rodríguez, P. (1996). La remoción de los quelípedos en la inducción a la ecdisis de la jaiba azul *Callinectes sapidus* Rathbun en condiciones de laboratorio. *Rev. Invest. Mar.*, 17, 2-3.
- Cortés-Jacinto, E. & Vega-Villasante, F. (2009, enero). *La muda y la producción de jaiba suave Baja California Sur*. Ponencia presentada en Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo. La Paz, México.
- Correa-Daza, J. L. (2002). *Determinación y análisis de algunos parámetros biológicos de las jaibas (Callinectes sapidus y Callinectes bocourti), capturadas en la ciénaga de Santa Marta*. Informe técnico, documento interno). INPA, 1-41.
- Chang, E. & Mykles, D. (2011). Regulation of crustacean molting: A Review and our perspectives. *Rev. Gen. Comp. Endocrinol.*, 172, 323-330. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ygcen.2011.04.003>
- Chan, V. T. (2011). Procesos productivos para la obtención de jaiba de concha suave en un sistema cerrado. *Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui.*, 3, 137-142.
- Charron, L., Geffard, O., Chaumot, A., Coulaud, R., Jaffal, A., Gaillet, V. & Geffard, A. (2014). Influence of molting and starvation on digestive enzyme activities and energy storage in *Gammarus fossarum*. *Plos one.*, 9, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0096393>
- Ibarra, K. P., Gómez, M. C., Vilorio, E. A., Arteaga, E., Cuadrado, I., Martínez M. F., Nieto Y., Rodríguez, J. A., Licero, L. V., Perdomo, L. V., Chávez, S., Romero, J. A. & Rueda, M. (2014). *Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta*. Informe técnico. Santa Marta, Colombia: INVEMAR.
- Ibarra-Silva, L. I. & Santamaría-Gallegos, N. A. (1993). *Estudios para el semicultivo de jaiba y pescado blanco*. Tesis no publicada, Universidad Autónoma, Metropolitana-Unidad de Iztapalapa, México.
- Ibarra, L. E., Olivas, E., Partida, A. L. & Paredes, D. (2015). Generation of Added Value through the Process of Soft Shell Crab: A Sustainable Development Option in the Coastal Region of Sonora. *J. Manage. Sus.*, 5(2), 57. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0096393.10.5539/jms.v5n2p57>
- Jiménez, E., Pertuz, M., Silva, A. & Vence, A. (2002). *Gestión y evaluación de proyectos: Memoria de aprobación del proyecto (MAP)*. Universidad del Magdalena, Santa Marta.
- Fernández-Luna, I. (1998). *Enzimas Digestivas, Crecimiento y Acuicultura de Camarones Penaeus schmitti y Penaeus notialis*. Tesis no publicada. Museo Nacional de Historia Natural, Francia.
- Fernández-Luna, I., Chávez, M., Preciado, M., Oliva, M., López-López, S., Nolasco, H. & Vega-Villasante, F. (1999). Contribution to the knowledge on growth and molting of the crab *Callinectes arcuatus* Ordway (1863) in Nayarit, Mexico. *Rev. Invest. Mar.*, 20, 1-4.
- Lasso-Guzmán, N. D. & Ordóñez-Pardo, J. V. (1987). *Contribución al estudio biológico y ecológico de las jaibas (Género Callinectes, Stimpson) de la ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiana. Crustacea: Decapoda: Portunidae*. Tesis no publicada. Universidad Nacional de Colombia.

- Lee, K. J., Watson, R. D. & Roer, R. D. (1998). Molt-inhibiting hormone mRNA levels and ecdysteroid titer during a molt cycle of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Rev. Biochem. Bioph. Res. Co.*, 249(3), 624-627.
- Lozano-Beltrán, G., Reátiga-Aguilar, P., Alarcón-Peña, I. & Pacheco-Orozco, L. (noviembre, 2015). *Identificación de señales de ecdisis en la jaiba roja, (Callinectes bocourti, Milne-Edward, 1879)*. Ponencia presentada en 68th Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Panamá.
- Lozano-Beltrán, G. & De León-Martínez, G. (2008). *Análisis de los desembarques de jaiba en la planta de la pesquera LAROSA del Mar S. A.* Barranquilla, Colombia: Pesquera LAROSA del Mar Ltda.
- Morillo, N. (2006). *Manual de procedimiento industrial del cangrejo azul*. Maracay Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Maya de La Cruz, E., Chan-Vadillo, T., Gómez-Mendoza, G. & Arzola-González, J. (2007). Procesos productivos de la jaiba suave (*Callinectes sapidus*). *Industria Acuicola*, 3(4), 19-21
- Osterling, M. J. (1995). *Manual for Handling and Shedding Blue Crabs (Callinectes sapidus)*. Virginia, EE. UU.: Institute of Marine Science.
- Pérez-González, J. E. (2005). *Influencia de la salinidad y el alimento en el proceso de ecdisis de la jaiba verde Callinectes bellicosus (Stmpson, 1859) en un sistema de recirculación*. Tesis no publicada. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Reyes, R., Siam, C. & Jiménez, E. (2009). La jaiba suave, estudio de factibilidad para una pesquería sostenible. *Rev. ACPA*, 3, 38-40.
- Reyes-Canino, R., Siam, C. & Jiménez-Hurtado, E. (junio, 2003). La producción de jaiba suave y su incidencia en la sostenibilidad de la biodiversidad en la costa norte de Villa Clara. Ponencia presentada en el XIII Forum de Ciencia y Técnica. Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba.
- Schleske-Morales, I. C. (2008). *El semicultivo de jaiba (Callinectes sp.) como alternativa de inversión dentro de las explotaciones pecuarias*. Tesis no publicada, Universidad Veracruzana, México.
- Sánchez-Páez, H., Álvarez-León, R., Pinto-Nolla, F., Sánchez-Alfárez, A., Pino-Rengifo, J. C., García-Hansen, I. & Acosta-Peñalosa, M. T. (1997). *Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente.
- Siam, C. & Castelo, R. (2011). Reconocimiento de la premuda en la jaiba azul, *Callinectes sapidus*, Rathbun (1896). *Rev. ACPA*, 1, 47-49.
- Stagg, C. & Whilden, M. (1997). Perspectiva histórica de la pesquería y del manejo del cangrejo azul (*Callinectes sapidus*): En la Bahía de Chesapeake. *Rev. Inv. Mar.*, 25, 93-104.
- Valencia-Cuellar, M. J. (1994). *Aspectos de la dinámica poblacional de jaibas Callinectes sapidus y C. bocourti de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano (Crustacea: Decapoda: Portunidae)* Tesis no publicada, Universidad Javeriana, Colombia.
- Valencia-Cuellar, M. J. & Campos-Campos, N. (1994). Aspectos biológicos de las jaibas *Callinectes sapidus* y *C. bocourti* de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano (Crustacea: Decapoda: Portunidae). *Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, 19(75), 730-740.
- Vega-Villasante, F., Fernández, I., Preciado, R. M., Oliva, M., Tovar, D. & Nolasco,

- H. (1999). The activity of digestive enzymes during the molting stages of the arched swimming *Callinectes arcuatus* Ordway, 1863 (Crustacea: Decapoda: Portunidae). *Bull. Mar. Sc.*, 65(1), 1-9.
- Vega-Villasante, F., Cortés, J. E., Reyes, J. A. & Cupul, M. F. (2006). *Manual técnico para la producción de jaiba suave en el pacífico mexicano*. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Williams, A. B. (1974). The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda Portunidae). *Fish. Bull.*, 70(3), 685-798.
- Zheng-Junying, L., Chi-Ying, L. & Douglas-Watson, W. R. (2006). Molecular cloning of a putative receptor guanylyl cyclase from Y-organs of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Rev. Gen. Comp. Endocrinol.*, 143, 329-336.

Confirmación de la presencia del tiburón cadena, *Scyliorhinus retifer* (Garman, 1881), en el suroeste del Golfo de México

Confirmation of the presence of *Scyliorhinus retifer* (Garman, 1881) in the southwestern Gulf of Mexico

Luis Fernando Del Moral-Flores^{1*} y Sheila Paleo-Delgado¹

RESUMEN

El tiburón cadena, *Scyliorhinus retifer*, es una especie demersal ovípara del Atlántico noroccidental, el límite sur de distribución no es preciso. En el Golfo de México la mayoría de sus registros corresponden al área nororiental, con registros esporádicos. Reportamos la presencia de la especie y su morfometría con base en dos especímenes macho maduros, 518 y 527 mm de longitud total, capturados en la costa suroccidental del Golfo de México.

Palabras clave: Chondrichthyes, Carcharhiniformes, *Scyliorhinus*, Atlántico, México

ABSTRACT

The chain catshark, *Scyliorhinus retifer*, is an oviparous demersal species from the northwestern Atlantic. The southern limit of distribution of this species is not clearly established. In the Gulf of Mexico, most of its records correspond to the northeastern area and are sporadic. The presence of the species and its morphometry is reported here based on two mature male specimens, 518 and 527 mm in total length, captured on the southwestern coast of the Gulf of Mexico.

Keywords: Chondrichthyes, Carcharhiniformes, *Scyliorhinus*, Atlantic, Mexico

INTRODUCCIÓN

La familia Scyliorhinidae es conocida como los tiburones pejetao, está representada por 69 especies y 9 géneros (Frike *et al.* 2018). De ellos, el género *Scyliorhinus* Blainville, 1816 es el segundo más diverso

con 16 especies, y se caracteriza por presentar: dos aletas dorsales, el origen de la primera dorsal ligeramente anterior a la parte posterior de base de la aleta pélvica; aleta pectoral pequeña con esquinas redondeadas; aleta anal pequeña, con inicio anterior al origen de la segunda aleta dorsal;

1 Laboratorio de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). delmorfalfer@comunidad.unam.mx*, sheila.paleodel@gmail.com

hocico corto con punta redondeada; cuarta y quinta hendiduras branquiales por encima de la base de la aleta pectoral; fosas nasales cercanas a la boca; surco labial de la mandíbula inferior pequeño y ausencia del surco labial superior; crestas supraorbitales presentes, además de un patón de coloración representado por manchas a manera de silla de montar, manchas oscuras o claras (Nakaya, 1975; Springer, 1979; Compagno, 1984).

En el litoral atlántico de México, se han registrado tres especies del género *Scyliorhinus*: *S. hesperius* Springer, 1966, *S. meadi* Springer, 1966 y *S. retifer* (Garman, 1881) (Del Moral-Flores *et al.* 2015). Esta última es conocida como tiburón cadena, es una especie demersal ovípara, cuya alimentación incluye poliquetos, calamares, peces óseos y crustáceos (Castro *et al.* 1988). Es una especie endémica del Atlántico noroccidental, su límite norteño se restringe a los bancos de Nueva Escocia, Canadá, mientras que el límite sureño de distribución aún no es preciso, aunque se ha señalado a las aguas de Nicaragua (Gilhen *et al.* 2003; Castro, 2011).

En el Golfo de México la mayoría de sus registros corresponden al área nororiental (Castro, 2011). Hasta el momento solo existen tres registros esporádicos, con base en ejemplares depositados en colecciones, en la región suroeste de este mar (Del Moral-Flores *et al.* 2015). Como objetivo

queremos presentar la evidencia de un registro adicional y la morfometría completa de dos ejemplares de *S. retifer* capturados en la plataforma continental de Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el mes de diciembre de 2017, se capturaron incidentalmente dos ejemplares de la especie *Scyliorhinus retifer*, dentro de la pesca tiburonera realizada por los pescadores ribereños de la localidad de Antón Lizardo, municipio de Alvarado, Veracruz, México. El ejemplar fue capturado por medio de palangre de fondo sobre una profundidad cercana a los 20 m, en la plataforma continental de Veracruz, en un área cercana a la Isla Santiaguillo (19° 08' 19.4" N, 95° 47' 43.1" W), Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Fig. 1).

Los ejemplares fueron donados y depositados bajo los números de catálogo CIFI 1409 y CIFI 1410 en la Colección Ictiológica de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (CIFI), Universidad Nacional Autónoma de México. Se corroboró su identidad mediante las claves de Springer (1979) y Castro (2011). Se les determinó el sexo, así como la madurez mediante la calcificación del mixopterigio (Colonello *et al.* 2011). Se obtuvieron en total 75 medidas morfométricas de acuerdo con Compagno (2001).



Fig. 1. Registros previos de *Scyliorhinus retifer* en el suroeste del Golfo de México y nueva localidad, en México

Fig. 1. Previous records of *Scyliorhinus retifer* in the Southwestern Gulf of Mexico and new location in Mexico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los dos ejemplares capturados fueron identificados como *S. retifer*, especímenes macho maduros (518 y 527 mm de longitud total), y fueron reconocidos por la siguiente combinación de características: cuerpo alargado y hocico triangular, con un distintivo patrón de coloración a manera de cadena color marrón o negro en todo

el cuerpo; ojos grandes y ovalados; aletas dorsales lobuladas y cercanas a la aleta caudal; aleta caudal asimétrica y con muescas; pliegues nasales no alcanzan el borde del labio superior; dientes triangulares, con una gran cúspide central bordeada por una cúspide pequeña a cada lado; presencia de crestas supraoculares (Fig. 2). Las medidas morfométricas y proporciones corporales de los dos ejemplares

(Cuadro 1) corresponden a los valores señalados para otras poblaciones a lo largo de su distribución (Gilhen *et al.* 2003; Castro, 2011).



Fig. 2. Vista dorsal (A), ventral (B) y lateral (C) de un ejemplar de tiburón cadena, *Scyliorhinus retifer* (macho, 527 mm de LT) capturado en el suroeste del Golfo de México

Fig. 2. Dorsal (A), ventral (B) and lateral (C) view of a chain catshark, *Scyliorhinus retifer* (male, 527 mm TL) collected in the Southwestern Gulf of Mexico

Cuadro 1. Medidas morfométricas (mm) de los organismos de *Scyliorhinus retifer* capturados en el Suroeste del Golfo de México

Table 1. Morphometric measurements (mm) of the *Scyliorhinus retifer* organisms captured in the Southwestern Gulf of Mexico

Morfometría (mm)	CIFI 1409	CIFI 1410
Sexo	Macho	Macho
Longitud total	527	518
Longitud precaudal	420	405
Longitud predorsal, segunda dorsal	360	355
Longitud predorsal, primera dorsal	267	267

Morfometría (mm)	CIFI 1409	CIFI 1410
Sexo	Macho	Macho
Longitud precloacal	235	219
Longitud prepélvica	220	215
Longitud prepectoral	119	90.7
Longitud cefálica	80.1	76
Longitud hocico-primera hendidura branquial	104.8	107
Longitud preespiracular	57.07	53
Longitud preorbital	36.89	33.9
Longitud prenasal externa	23.17	21.8
Longitud preoral	27.18	26.7
Longitud prenasal interna	22.8	20.8
Espacio internasal-labial	28.2	20.6
Ancho de boca	37.29	33.2
Surco labial	5.4	4.2
Espacio internasal	25.42	24
Interorbital	31.9	31.3
Longitud del ojo	14.5	14.3
Altura del ojo	3.7	2.4
Ancho máximo del espiráculo	1.7	2.3
Altura primer hendidura branquial	9.6	9
Altura quinta hendidura branquial	5.6	6
Longitud interdorsal	57.1	46
Longitud dorsal-caudal	26.1	23.4
Distancia pélvico-pectoral	92.9	90.6
Distancia pélvico-caudal	146.1	141.1
Longitud extensión de la primera dorsal	47.9	46.6
Margen anterior de la primer dorsal	51.2	48.8
Base de la primer dorsal	32.4	31.1
Altura de la primer dorsal	28.4	26.2
Margen interno de primer dorsal	14.2	15.3
Margen posterior de la primer dorsal	27.2	25.1
Longitud extensión de la segunda dorsal	39.6	38.7
Margen anterior segunda dorsal	36.8	36.1
Base de la segunda dorsal	28.2	27.4
Altura de la segunda dorsal	15.5	15.4

Morfometría (mm)	CIFI 1409	CIFI 1410
Sexo	Macho	Macho
Margen interno de la segunda dorsal	13.7	12.1
Margen posterior de la segunda dorsal	16.4	14.6
Margen anterior de la pectoral	71.6	67.3
Margen interno de la pectoral	31.2	32.2
Base de la pectoral	30.9	31.8
Margen posterior de la pectoral	50.6	49.7
Longitud extensión de la aleta pélvica	63.4	61.8
Altura de la pélvica	11.6	12.7
Margen interno de la pélvica	24.1	24.1
Longitud del lóbulo caudal superior	111	109.5
Longitud del lóbulo caudal inferior	24.7	42.4
Distancia horquilla caudal al ápice del lóbulo superior	40.9	35
Distancia horquilla caudal al ápice del lóbulo inferior	54.5	51.6
Longitud perpendicular de la horquilla caudal al lóbulo superior	18.3	17.8
Longitud perpendicular de la horquilla caudal al lóbulo inferior	73.3	73.3
Anchura cefálica en el nivel de las fosas nasales	37.7	33.1
Anchura cefálica en el nivel del margen anterior de la boca	61.2	33
Anchura cefálica en el nivel de la quinta hendidura branquial	58.6	53.8
Ancho del tronco	50.3	47
Ancho del abdomen	21.3	20
Ancho del cuerpo en el nivel de la inserción de la aleta pélvica	37.1	29.9
Ancho del pedúnculo caudal	9.6	9.7
Altura cefálica en el nivel de la quinta hendidura branquial	50	44.8
Altura del tronco	48.9	52.5
Altura del abdomen	30.3	34.3
Altura corporal en el nivel de la inserción de la aleta pélvica	35.3	31.5
Altura del pedúnculo caudal	15	13.3
Longitud exterior del mixopterigio	24.1	20.9

Morfometría (mm)	CIFI 1409	CIFI 1410
Sexo	Macho	Macho
Longitud interior de mixopterigio	31.3	27
Ancho de la base de mixopterigios	6.2	4.4
Longitud extensión de la aleta anal	49.3	48.7
Altura de la aleta anal	37.4	35.9
Base de la aleta anal	38.5	35.2
Altura de la aleta anal	20.7	19.1
Margen interno de la aleta anal	15.3	17.8
Margen posterior de la aleta anal	26.4	26.7
Distancia preanal	327	317

Aunque esta especie ha sido registrada en el Atlántico central occidental, ha sido de manera esporádica e irregular, ya que los adultos prefieren terrenos irregulares que les proporcionan refugio (Kyne *et al.* 2012). La presencia de organismos maduros puede indicar la posibilidad de zonas propias para su reproducción en áreas colindantes del Golfo de México. Se ha sugerido que *S. retifer* deposita sus huevos en hábitats estructurados que suelen servir como áreas de crianza después de la eclosión (Able & Fletcher, 1991). Al ser el sustrato un factor determinante para la distribución de ciertas especies de condriictios ovíparas (Ellis *et al.* 2004).

Las condiciones oceanográficas presentes en el Sistema Arrecifal Veracruzano, cerca del área de captura de este registro, son complejas: plataforma continental en forma de arco, estrecha (aproximadamente de 30 km), con una profundidad promedio de

70 m; topografía heterogénea por la presencia de bancos de arena, zonas arrecifales e islas que forman entre sí una serie de canales (Salas-Pérez & Granados-Barba, 2008). Existe, además aporte terrígeno por la descarga de los principales ríos de La Antigua, Jamapa y Papaloapan (Krutak, 1997). Con respecto a los procesos oceánico-atmosféricos, como las corrientes marinas, varían a lo largo del año, incluso con una marea de tipo diurna. Los frentes atmosféricos, conocidos localmente como “nortes” producen importantes mezclas en la columna de agua, y conducen a conexiones entre los elementos pelágicos y bentónicos (Gallucci & Netto, 2004; Salas-Pérez & Granados-Barba, 2008). Este conjunto de condiciones puede servir como zonas de refugio, con fines reproductivos o ambas.

Los recientes registros de condriictios en el Atlántico central occidental, propios de zonas templadas,

como es el caso de *Mitsukurina owstoni* (Parsons *et al.* 2002; Driggers III *et al.* 2014), *Zameus squamulosus* (Villalobos *et al.* 2016) y *S. hesperius* en Guatemala (Hacohen-Domené *et al.* 2016), nos pueden indicar que al igual que *S. retifer*, los intervalos de distribución pueden ser mayores al considerar la continuidad térmica y la baja temperatura, que ocurre a mayor profundidad en la zona tropical. Esta relación batimétrica puede explicar las discontinuidades y las variaciones geográficas de *S. retifer* a lo largo de su distribución. En latitudes norteñas es abundante cerca de la plataforma continental en aguas poco profundas, cercana a los 73 m, aunque su intervalo batimétrico se encuentra debajo de 450 m en la pendiente continental (Compagno *et al.* 2005). En cambio, en latitudes sureñas, sus registros son ocasionales y tienden a corresponder a aguas más profundas de las laderas continentales, entre los 550 m a 754 m de profundidad (Springer & Sadowsky, 1970; Able & Flescher, 1991; Compagno *et al.* 2005).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la cooperación de los pescadores locales, en especial a Leonel Sánchez Ramos, por su ayuda en la fase de muestreo y la donación de los ejemplares del presente estudio. Asimismo, a los revisores anónimos

Luis Fernando Del Moral-Flores y Sheila Paleo-Delgado

por sus comentarios que ayudaron a mejorar el manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Able, K. W. & Flescher, D. (1991). Distribution and habitat of chain dogfish, *Scyliorhinus retifer*, in the Mid-Atlantic Bight. *Copeia*, 1991(1), 231-234.
- Castro, J. I. (2011). *The sharks of North America*. New York, EE. UU.: Oxford University Press.
- Castro, J., Overstrom, N. & Bubucis, P. (1988). The Reproductive Biology of the Chain Dogfish, *Scyliorhinus retifer*. *Copeia*, 1988(3), 740-746.
- Colonello, J. H., Christiansen, H. E. & Macchi, G. J. (2011). Escala de madurez sexual para peces cartilaginosos de la Plataforma Continental Argentina. En O. C. Wöhler, P. Cedrola & M. B. Cousseau (Ed.), *Contribuciones sobre la biología, pesca y comercialización de tiburones en la Argentina. Aportes para la elaboración del Plan de Acción Nacional* (pp. 115-128). Buenos Aires, Argentina: Consejo Federal Pesquero.
- Compagno, L. J. V. (1984). *Vol. 4. Sharks of the world: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes*. Rome, Italy: FAO.
- Compagno, L. J. V. (2001). *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes)*. Rome, Italy: FAO.
- Compagno, L. J. V., Dando, M. & Fowler, S. L. (2005). *Sharks of the World*. Princeton, EE. UU.: Princeton University Press.

- Del Moral-Flores, L. F., Morrone, J. J., Alcocer-Durand, J., Espinosa-Pérez, H. & Pérez-Ponce De León, G. (2015). Lista patrón de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Arx. Misc. Zool.*, 13, 47-163.
- Driggers III, W. B., Davis, K. S., Moore, C. & Carlson, J. K. (2014). New record of a globin shark *Mitsukurina owstoni* (Lamniformes: Mitsukurinidae) in the western North Atlantic Ocean. *Mar. Biodivers. Rec.*, 7, e96. <https://doi.org/10.1017/S1755267214000876Pu>
- Ellis, J. R., Cruz-Martínez, A., Rackham, B. D. & Rogers, S. I. (2004). The distribution of Chondrichthyan fishes around the Bristis Isles and Implications for conservation. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 35, 195-213.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Fong, J. D. (2018). Species by family/subfamily. Recuperado en octubre 3, 2018. disponible en <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>.
- Gallucci, F. & Netto, S. A. (2004). Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 281, 79-92. <https://doi.org/10.3354/meps281079>
- Gilhen, J., Coad, B. W. & Hebda, A. (2003). The chain dogfish, *Scyliorhinus retifer* (Garman, 1881), new to the Canadian Atlantic ichthyofauna. *Can. Field Nat.*, 117(3), 475-477.
- Hacohen-Domené, A., Polanco-Vázquez, F. & Graham, R. T. (2016). First report of the whitesaddled catshark *Scyliorhinus hesperius* (Springer 1966) in Guatemala's Caribbean Sea. *Mar. Biodivers. Rec.*, 9, 101. <https://doi.org/10.1186/s41200-016-0103-9>
- Krutak, P. R. (1997). Petrography and provenance of siliciclastic sediments, Veracruz-Antón Lizado Reefs, México. *Ocean Polar Res.*, 19(3), 231-243.
- Kyne, P. M., Carlson, J. K., Ebert, D. A., Fordham, S. V., Bizzarro, J. J., Graham, R. T., Kulka, D. W., Tewes, E. E., Harrison, L. R. & Dulvy, N. K. (2012). *The Conservation Status of North American, Central American, and Caribbean Chondrichthyans*. Vancouver, Canada: IUCN Species Survival Commission Shark Specialist Group.
- Nakaya, K. (1975). Taxonomy, comparative anatomy and phylogeny of Japanese catsharks, Scyliorhinidae. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 23(1), 1-94
- Parsons, G. R., Ingram Jr., G. W. & Haward, R. (2002). First record of the globin shark *Mitsukurina owstoni*, Jordan (Family Mitsukurinidae) in the Gulf of Mexico. *Southeast. Nat.*, 1(2), 189-192.
- Salas-Pérez, J. J. & Granados-Barba, A. (2008). Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. *Atmósfera*, 21(3), 281-301.
- Springer, S. (1979). A revision of the catsharks, Family Scyliorhinidae. *NOAA Tech. Rep. NMFS, Circ.*, 422, 1-97.
- Springer, S. & Sadowsky, V. (1970). Subspecies of the western Atlantic catshark, *Scyliorhinus retifer*. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 83, 83-98.
- Villalobos, E., Martínez, A., Lambarri, C. & Espinosa, H. (2016). New record of *Zameus squamulosus* (Chondrichthyes: Squaliformes: Somniosidae) in the Southern Gulf of México. *Mar. Biodivers. Rec.*, 9, 1-6. <https://doi.org/10.1186/s41200-016-0047-0>

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 revcienciamarycos@gmail.com. Alternativamente puede ser enviada vía correo postal a las siguientes direcciones:

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

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

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

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

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

4. Sistema de arbitraje

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

5. Pruebas y reimpresos

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

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

**EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE
ESCHERICHIA COLI EN *CRASSOSTREA GIGAS*...**

**EVALUATION OF *ESCHERICHIA COLI*
CONCENTRATIONS IN *CRASSOSTREA GIGAS* ...**

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

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

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

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

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

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

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

RESUMEN

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

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

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

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

ABSTRACT

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

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

INTRODUCCIÓN

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

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

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

Cita para publicaciones de 1 autor.

Cita para publicaciones de más de 2 autores.

Cita para diferentes publicaciones del mismo autor y año.

Cita para publicaciones de 2 autores.

MATERIALES Y MÉTODOS

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

Los cuadros y figuras deben entregarse por separado.

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

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

Los miles deben indicarse con un espacio.

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

BIBLIOGRAFÍA

Utilizar &

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

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

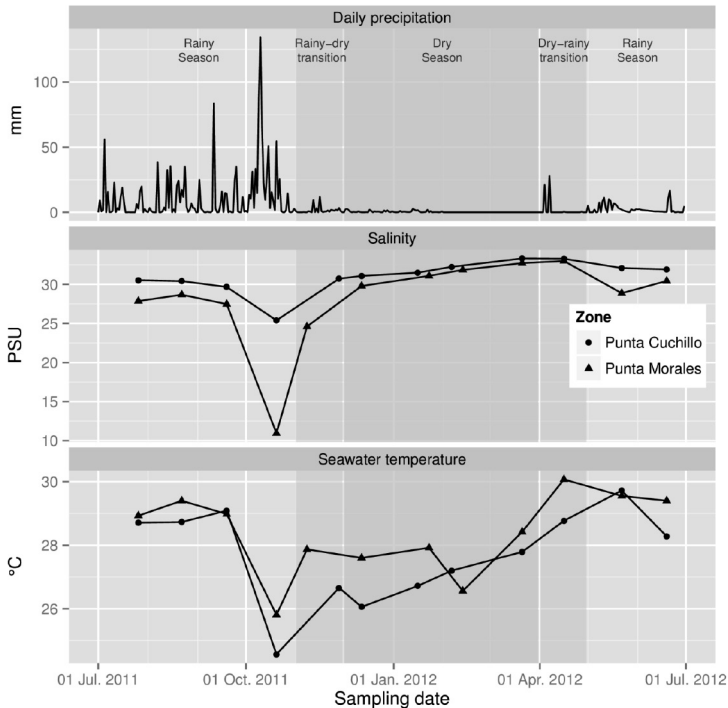


Fig. 3. Precipitación diaria (mm) y salinidad (UPS) y temperatura (°C) mensual registradas de julio de 2011 a junio de 2012 en las zonas de cultivo de *Crassostrea gigas* de Punta Cuchillo y de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Se representan la estación seca, la estación lluviosa y los meses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

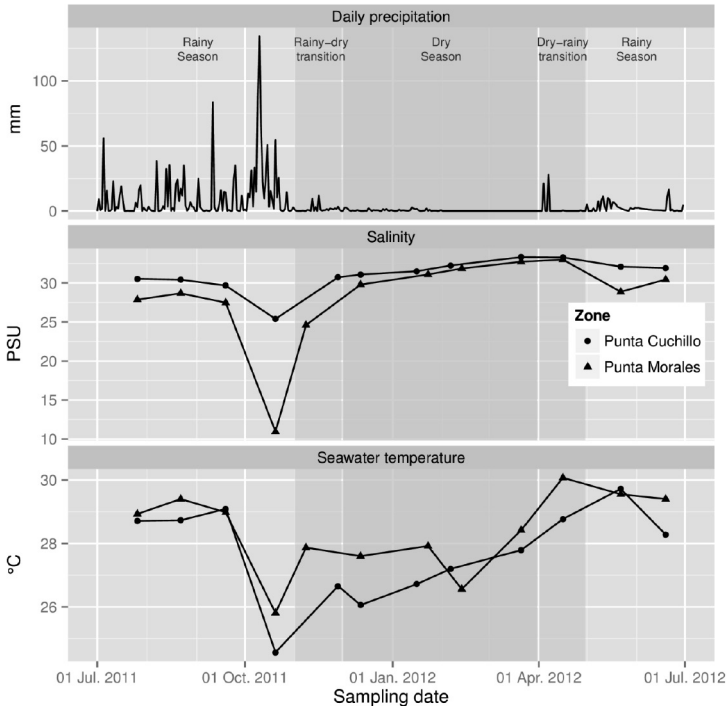


Fig. 3. Precipitación diaria (mm) y salinidad (UPS) y temperatura (°C) mensual registradas de julio de 2011 a junio de 2012 en las zonas de cultivo de *Crassostrea gigas* de Punta Cuchillo y de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Se representan la estación seca, la estación lluviosa y los meses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

Esta revista se imprimió en el 2019 en el Programa de Publicaciones e Impresiones de la Universidad Nacional, consta de un tiraje de 100 ejemplares, en papel bond y cartulina barnizable.

0111-19-PUNA