

ESTUDIOS MARINOS Y PESQUEROS en el **Pacífico mexicano**

Alfredo Pérez Morales
Marco Antonio Galicia Pérez
Aramis Olivos Ortiz
(coordinadores)

ESTUDIOS MARINOS Y PESQUEROS en el **Pacífico mexicano**



UNIVERSIDAD DE COLIMA

ESTUDIOS MARINOS Y PESQUEROS en el **Pacífico mexicano**

enfoque académico

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Dr. Christian Jorge Torres Ortiz Zermeño, Rector

Mtro. Joel Nino Jr., Secretario General

Mtra. Vianey Amezcua Barajas, Coordinadora General de Comunicación Social

Mtra. Gloria Guillermina Araiza Torres, Directora General de Publicaciones

ESTUDIOS MARINOS Y PESQUEROS en el **Pacífico mexicano**

Alfredo Pérez Morales
Marco Antonio Galicia Pérez
Aramis Olivos Ortiz

Coordinadores



UNIVERSIDAD DE COLIMA

© UNIVERSIDAD DE COLIMA, 2022
Avenida Universidad 333
Colima, Colima, México
Dirección General de Publicaciones
Teléfonos: (312) 31 61081 y 31 61000, ext. 35004
Correo electrónico: publicaciones@ucol.mx
<http://www.ucol.mx>

ISBN: 978-607-8814-20-6

Derechos reservados conforme a la ley
Impreso en México / *Printed in Mexico*

Proceso editorial certificado con normas Iso desde 2005
Dictaminación y edición registradas en el Sistema Editorial Electrónico PRED
Registro: LI-011-21
Recibido: Agosto de 2021
Publicado: Junio de 2022

Índice

Introducción	7
Fitoplancton marino de Bahía de Banderas con una revisión de los florecimientos algales nocivos en la región	9
<i>María del Carmen Cortés-Lara, Amílcar Leví Cupul-Magaña, Ana Mercedes Cupul-Velázquez</i>	
Ictiofauna en 24 sistemas costeros del Pacífico tropical mexicano: Un enfoque ecorregional	32
<i>Emilio Ismael Romero-Berny, Ever Eduardo Pascasio-Pablo, Juan Antonio Toledo-González, Salvador Santamaría-Damián</i>	
Canibalismo en organismos acuáticos: Un reto para la acuicultura comercial	61
<i>César Antonio Sepúlveda-Quiroz, Graciela María Pérez-Jiménez, Claudia Ivette Maytorena-Verdugo, Carina Shianya Álvarez-Villagomez, Omar Mendoza-Porras, Emyr Saúl Peña-Marín, Rafael Martínez-García, Susana Camarrillo-Coop, Susana De la Rosa-García, Rocío Guerrero-Zárate, Alfredo Pérez-Morales, Carlos Alfonso Álvarez-González</i>	
Composición de la dieta del barrilete negro <i>Euthynnus lineatus</i> (Perciformes: Scombridae) de la costa central del Pacífico mexicano	82
<i>Diego García-Ulloa Gámiz, Manuel García-Ulloa Gámiz II, Bernabé Aguilar-Palomino, Armando Banda-Dávila, Manuel García-Ulloa</i>	
Gremios tróficos de la ictiofauna del sistema lagunar estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México	95
<i>Jesús Manuel López-Vila, Ghelen Mera-Ortiz, Ernesto Velázquez-Velázquez</i>	
Recurrencia trófica del tiburón tigre <i>Galeocerdo cuvier</i> , Péron & Lesueur, 1822, en la costa del Pacífico central mexicano	114
<i>Bernabé Aguilar-Palomino, Ingrid Ibarra-Navarrete, Salvador Hernández-Vázquez, Armando Banda-Dávila, Alonso Becerra-Gómez</i>	

Presencia de plásticos en el componente trófico del tiburón sedoso <i>Carcharhinus falciformis</i> Müller & Henle (1839)	127
<i>Bernabé Aguilar-Palomino, Sergio Alejandro Briones-Hernández, Armando Banda-Dávila, Alonso Becerra-Gómez, Carlos Alberto Amezcua-Gómez, Daniel Godínez-Siordia, José Ángel Hinojosa Larios</i>	
Fecundidad parcial y relativa de la jaiba azul <i>Callinectes arcuatus</i> en el litoral de Nayarit, México en 2015	138
<i>Manuel Garduño-Dionate, Pablo Alejandro Pérez-Velázquez, Francisco Javier De la Cruz-González, María Concepción Luna-Raya, José Alberto Rodríguez-Preciado</i>	
<i>Distaplia stylifera</i> : Contingencia ecológico-pesquera y perspectivas de aprovechamiento en Bahía de La Paz, Baja California Sur	153
<i>Ruth Noemí Águila-Ramírez, Víctor Hugo Cruz-Escalona, Mauricio Muñoz-Ochoa, Andrea Musuy Méndez-García, Betzabé Moreno-Dávila, Silvia Ramírez-Luna, Marco Antonio Medina-López</i>	
Metodología del marco lógico para el manejo de la pesquería de pargos en Colima	178
<i>Catherine Ramírez-Tenorio, Alejandro Pérez-Muñoz, Elaine Espino-Barr</i>	
¿Puede un algoritmo no-supervisado de <i>Machine Learning</i> identificar eventos extremos? Sedimentología de una playa arenosa con baja influencia antropogénica	204
<i>Alain Zuber, María del Carmen Álvarez, Miguel Díaz-Flores, Joel Bracamontes-Ramírez, José Luis Lorenzo-Paniahua</i>	
Conclusiones	226
Coordinadores	227
Autoras/autores.....	228

Introducción

Los océanos, estas grandes masas de agua que rodean los continentes son los mayores ecosistemas que rigen la vida del planeta, albergan diversas especies de organismos, desde diminutos ejemplares unicelulares hasta los mamíferos más grandes de la Tierra. Pese a los vastos estudios sobre estos colosos, aún queda mucho conocimiento por descubrir, desde temas básicos de biología, compuestos bioactivos, ecología, relaciones tróficas, pesquerías hasta aplicaciones de modelaje, entre muchos otros.

Estudios marinos y pesqueros en el Pacífico mexicano es una obra académica y de divulgación científica que se integra por 11 artículos originales o revisiones sobre aspectos relacionados en esta región del océano, abordan tópicos específicos como la distribución del fitoplancton en aguas costeras, canibalismo de organismos acuáticos, estudios de ecología trófica, contaminación marina, estudios pesqueros tanto de escama como de crustáceos, planes de manejo de pesquerías y modelación costera. Todos ellos son investigaciones de vanguardia que aportan nuevo conocimiento para el mejor entendimiento de lo que sucede en el océano Pacífico mexicano. Sabemos que muchas líneas de investigación quedaron fuera del alcance de este libro, no obstante, los trabajos aquí presentados son ejemplos claros del esfuerzo que se lleva a cabo en México para explorar este gran ecosistema.

La Universidad de Colima, pendiente de acercar el conocimiento y de dar a conocer las investigaciones científicas y tecnológicas desarrolladas en México, ofrece este libro que es resultado del importante y trascendental esfuerzo académico multidisciplinario y colaborativo entre diferentes dependencias del sector gubernamental y universitario, integrado por investigadores, profesores, estudiantes y colaboradores diversos, para hacer partícipe a la sociedad con lenguaje claro y sencillo del uso y buenas prácticas del manejo que requieren nuestros mares para su óptimo cuidado, aprovechamiento y uso sustentable.

Las investigaciones de vanguardia aquí abordadas en esta obra marcan un precedente para formar a futuros estudiantes y para que se continúen desarrollando estudios en estas líneas de investigación.

Fitoplancton marino de Bahía de Banderas con una revisión de los florecimientos algales nocivos en la región

María del Carmen Cortés-Lara
Amílcar Leví Cupul-Magaña
Ana Mercedes Cupul-Velázquez

Resumen

Se identificaron 186 especies de fitoplancton: 114 diatomeas, 61 dinoflagelados, 3 silicoflagelados, 5 cianobacterias, 1 euglenofita, 1 ciliado y 1 rafidoficea; a partir de esta revisión, se determinó que 39.34% fueron registros nuevos. La observación de los florecimientos algales nocivos (FAN) y la identificación de las especies dominantes en Bahía de Banderas durante dos décadas, permite conocer su variabilidad interanual en condiciones de invierno-primavera y verano-otoño. Los resultados de años de muestreo indican que los FAN son variables con máximos en invierno y primavera, semejantes a la sucesión fitoplanctónica de regiones templadas. Se observaron un total de 90 proliferaciones algales, agrupadas en 21 tóxicas y 69 nocivas, y se determinaron 29 especies causantes de las proliferaciones en seis grupos taxonómicos. Sobresalen las notables abundancias de *Margalefidinium polykrikoides*, *Gymnodinium catenatum* y *Mesodinium rubrum* por su permanencia, magnitud y recurrencia. Desde una perspectiva ecológica y de salud, los resultados de este programa de monitoreo servirán para atender la problemática FAN en la localidad y en la costa de Jalisco.

Palabras clave

Fitoplancton, Jalisco, Nayarit, florecimientos algales, Pacífico mexicano.

Marine Phytoplankton in Bahía de Banderas with a Revision of Harmful Algae Blooms in the Region

Abstract

186 species of phytoplankton were identified, comprised by 114 diatoms, 61 dinoflagellates, 3 silicoflagellates, 5 cyanobacteria, 1 euglenophyta, 1 ciliata and 1 raphidophyte. From this review, it was determined that 39.34% of them were new registers. The observation of the harmful algae blooms (FAN as abbreviated in Spanish) and the identification of the dominant species in Bahía de Banderas for two decades allow us to learn of their interannual variability in winter-spring and summer-autumn conditions. The results indicate that the FAN, through the sampling years, are highly variable with maximum levels in winter and spring, similar to the phytoplanktonic succession of temperate regions. A total of 90 algae blooms were observed and grouped in 21 toxic and 69 harmful types, and 29 species were determined to cause the bloom proliferation in 6 taxonomic groups. The remarkable abundance of *Margalefidinium polykrikoides*, *Gymnodinium catenatum* and *Mesodinium rubrum* stand out for their permanence, magnitude, and recurrence in the bay. From an ecological and health perspective, the results of this monitoring program will serve to address the FAN problem in the locality and along the Jalisco coast.

Keywords

Phytoplankton, Jalisco, Nayarit, HAB, Mexican Pacific.

Introducción

El fitoplancton es una comunidad biológica diversa, compleja y presente en el océano; la mayoría de vida libre (planctónica) está constituida por alrededor de 3444 a 4375 especies, descritas formalmente a finales de los años ochenta (Sournia *et al.*, 1991; Tett y Barton 1995; Simon *et al.*, 2009). En México, el número estimado de taxones (especies, formas y variedades) se aproxima a los 1488, —incluidos

211 géneros, que representa 33-42% del total calculado para todo el mundo— (Hernández-Becerril, 2003). Particularmente, el fitoplancton de Bahía de Banderas, Jalisco, es estudiado desde la década de los noventa por Bravo-Sierra (1999), hasta las más recientes comparaciones de Meave del Castillo (2006) entre diferentes bahías del Pacífico mexicano, donde incluyó a Bahía de Banderas con elevados valores de riqueza y diversidad (376 taxa).

Con relación a los florecimientos algales del área de estudio, antes del año 2000 la investigación era escasa y rezagada (Cortés-Altamirano *et al.*, 1996, 1997; Gómez-Aguirre, 1998; Mee *et al.*, 1986); sin embargo, en ese particular año se realizó la primera descripción de *Margalefidinium polykrikoides*, especie que causó mortandad considerable de peces (>5 toneladas) en esta zona costera. Alarmados por este intenso evento, se impulsó fuertemente el programa de monitoreo de florecimientos algales nocivos (FAN) en donde se reconoce la presencia de *M. polykrikoides* como el principal dinoflagelado ictiotóxico de la bahía, por los impactos provocados, su abundante biomasa (>10 millones de céls/l), área invadida, intensidad y producción de especies reactivas del oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) (Cortés-Lara *et al.*, 2004, 2008, 2012, 2015 y 2018). Considerando este antecedente, posteriormente se confirma a *Gymnodinium catenatum* como uno de los dinoflagelados tóxicos más importantes en el área, en términos de abundancia (>8,000 céls/l) y de intoxicación paralítica en humanos (PSP) (Cortés-Lara *et al.*, 2012; Pérez de Silva *et al.*, 2018). De igual forma, los muestreos rutinarios de este programa de monitoreo documentaron la notable presencia de otras microalgas potencialmente tóxicas, como *Fibrocapsa japonica* en la Bahía de Matanchén, Nayarit (4-6 millones de céls/l), *Alexandrium* sp. (>3 millones de céls/l), *Eutreptiella marina* (Cortés-Lara *et al.*, 2003, 2004, 2010), así como a *Dinophysis acuminata* y *D. caudata* var. *peduncululata* con 314×10^3 y 34×10^3 céls/l respectivamente, asociadas a la producción de toxinas lipofílicas (Cortés-Lara *et al.*, 2019).

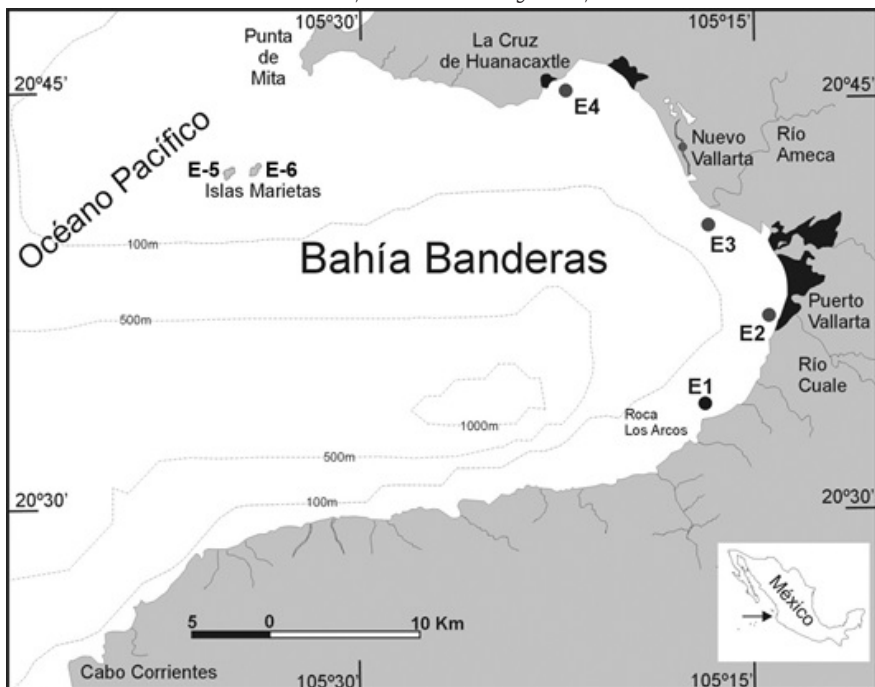
El presente trabajo tiene como objetivo presentar la composición de especies de fitoplancton en los litorales de Bahía de Banderas con información reciente. Asimismo, se registra y analiza la variabilidad interanual y decadal de los florecimientos algales en el área de estudio para comprender mejor su presencia, dinámica, grupos responsables y las ficotoxinas asociadas.

Metodología

Area de estudio

Bahía de Banderas se localiza en el extremo sur oriental del golfo de California, en una zona influenciada por una compleja circulación oceánica debida a la corriente de California (CC), las aguas del golfo de California (AGC) y la corriente costera de Costa Rica (CCR) (Wyrski, 1967). Con sus 1 407 km² de superficie, es conocida como una de las grandes bahías del litoral centro occidente del Pacífico mexicano. Territorialmente comprende la parte suroeste y noroeste de los estados de Nayarit y Jalisco, respectivamente (figura 1). Se ubica entre los 20°15' a 20°47' °N y los 105°15' a 105°42' °O teniendo como límites naturales a Punta de Mita, Nayarit (al norte) y Cabo Corrientes Jalisco (al sur).

Figura 1
Sitios de muestreo ubicados en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México



La variación anual de la temperatura del mar en esta zona es de 18 y 35 °C, y la salinidad de 32.7 y 37.1 ups; tienen una estrecha relación con eventos locales, tales como surgencias en el sur de la bahía provocadas por los vientos del noroeste, calentamiento superficial y la mezcla de zonas someras entre otros (Kelly-Gutiérrez, 2010). La precipitación promedio anual oscila entre los 930.8 a 1 668.0 mm, presentándose la máxima incidencia de lluvias en septiembre y la mínima en abril. En su costa se localizan 32 cuerpos de agua (ríos, arroyos, esteros y lagunas) y alrededor de 127 escurrimientos temporales, ubicados en su mayoría en las zonas centro y sur de la bahía. Desembocan los ríos Ameca, Pitillal, Cuale, Los Horcones, Mismaloya, Tuito y La Puerta, con un caudal importante la mayor parte del año, además de arroyos temporales (Kelly-Gutiérrez, 2010).

Materiales y métodos

Para este trabajo se usaron los datos del programa de monitoreo FAN de abundancia fitoplanctónica y número de florecimientos algales, recopilados para la Bahía de Banderas desde 2000 hasta abril de 2021. Las muestras de fitoplancton se tomaron en diferentes épocas climáticas (lluvias, sequía y de transición) mediante arrastres horizontales superficiales fijados con formol a 4%. Se colectaron muestras de fitoplancton superficial, en envases de plástico fijadas con Lugol y otras *in vivo*. Los organismos se identificaron y cuantificaron usando un microscopio de luz (ML) Leica DME con aumentos 10x y 40x. Las colectas se realizaron en seis estaciones de muestreo (figura 1) situadas de sur a norte: E-1: Arcos de Mismaloya, E-2: Desembocadura del río Cuale, E-3: Desembocadura del río Ameca, E-4: Cruz de Huanacastle y E-5: Parque nacional Islas Marietas. Los valores de la abundancia celular se estimaron usando una cámara Sedgewick Rafter, y algunos organismos fueron fotografiados con microscopía electrónica de barrido (MEB) en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (ICML-UNAM). Finalmente, se midieron datos de temperatura (°C), salinidad (ups) y transparencia del agua con un disco de Secchi (metros) para el periodo de monitoreo.

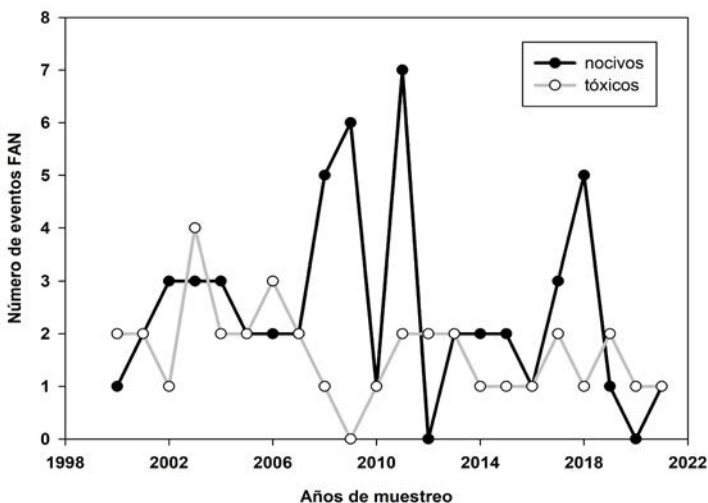
Resultados

Composición del fitoplancton

Se identificaron un total de 186 especies pertenecientes a diferentes taxones: 114 Bacillariophyceae (diatomeas), 61 Dinoflagellata (dinoflagelados), 3 Ochrophyta (silicoflagelados), 5 Cyanophyta (cianobacterias), 1 Euglenophyceae (euglena), 1 Ciliophora (ciliado) y 1 Raphycea. A partir de esta actualización taxonómica se determinó que 72 especies son nuevos registros: 24 diatomeas, 45 dinoflagelados, 2 cianobacterias y 1 silicoflagelado; lo que representa un notable incremento de 39.34% en la riqueza de fitoplancton en el área de estudio.

Figura 2

Florecimientos algales tóxicos y nocivos en Bahía de Banderas Jalisco, 2000-2021



Eventos de floraciones algales

Hasta el momento se tiene referencia de 90 eventos FAN entre los años de muestreo (2000-2021), los cuales fueron agrupados en 21 tóxicos y 69 nocivos, como se aprecia en la figura 2, en donde también están representados los patrones de variación interanual, sobresaliendo el año 2011 con nueve florecimientos algales y abundancias celulares $>10^6$

céls/l. Se observan grandes diferencias en el número de FAN con tendencia general a incrementar los eventos nocivos y una declinación de los eventos tóxicos. El florecimiento algal más reciente se observó en marzo de 2021, mismo que cubrió grandes extensiones de la bahía y fue causado por *Triplos balechii* f. *balechii* con abundancias de 455×10^5 céls/l (anexo I). Con respecto a las especies dominantes, el cuadro 1 muestra con detalle a los 29 organismos que han desarrollado florecimientos microalgales; adicionalmente se indica su abundancia, efectos y sitios donde se detectó el FAN dentro de Bahía de Banderas.

Cuadro 1

Organismos fitoplanctónicos que desarrollan floraciones algales en Bahía de Banderas indicando las especies nocivas, tóxicas y las localidades donde se observaron

Especie	Localidad	Abundancia máxima Cél/l	Efecto	Referencia
Diatomeas				
<i>Leptocyldrus danicus</i> (N)	PNIM	$3\,374 \times 10^6$	Sin efectos	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Haslea gretharum</i> (N)	M	267×10^3	Sin efectos	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Skeletonema costatum</i> (N)	PNIM, BT, PSH	$3\,843 \times 10^6$	Sin efectos	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Chaetoceros curvisetus</i> (N)	PNIM	$1\,824 \times 10^6$	Sin efectos	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Pseudonitzschia</i> sp. (T)	M	No registrado	Especie productora de ácido domoico. Veda sanitaria-Sector Salud (SS)	Este trabajo
<i>Pseudonitzschia pseudodelicatissima</i> (T)	PNIM, LC, PB	$7\,179 \times 10^6$	Veda sanitaria-SS y gran mortandad de peces (sardinas)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Pleurosigma elegans</i> (N) y <i>Pleurosigma nicobarium</i> (N)	M	$2\,010 \times 10^6$	Presencia de abundante espuma	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Nitzschia sigmaidea</i> (N)	PNIM	$1\,401 \times 10^6$	Sin efectos	Este trabajo
<i>Cyclotella closterium</i> (N)	Y	—	Sin efectos	Este trabajo
Dinoflagelados				
<i>Prorocentrum koreanum</i> (N)	M	$10\,127 \times 10^6$	Alteración de la coloración del agua (marrón)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012

Continúa en la página 15

Viene de la página 15

Especie	Localidad	Abundancia máxima Cél/l	Efecto	Referencia
<i>Prorocentrum minimum</i> (T)	NV	Sin datos	Abundante espuma	Sierra Beltrán <i>et al.</i> , 2005b
<i>Margalefidinium polykrikoides</i> (N)	MAR, PNIM, NV, Bu, LC	15 799 x 10 ⁶	>6 toneladas de peces muertos. Alteración de la coloración del agua (rojo oxido)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2004, 2014 y 2018
<i>Noctiluca scintillans</i> (T)	NV	Sin datos	Alteración de la coloración del agua (anaranjado)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Gymnodinium catenatum</i> (T)	Q, M, LA, PdM, MAR, DP, PSH, D, PNIM	2917 x 10 ⁶	Veda sanitaria-SS por altos niveles de saxitoxina. Alteración de coloración del agua	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2014, 2017
<i>Tripes balechii</i> f <i>balechii</i> (N)	NV, D, PNIM	734 x 10 ³	Alteración de la coloración del agua (rojo oxido)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Akashiwo sanguinea</i> (N)	PNIM, M	2980 x 10 ⁶	Alteración de la coloración del agua (rojo oxido). Condiciones de anoxia	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Peridinium quadridentatum</i> (N)	M y G	2588 x 10 ⁶	Alteración de la coloración del agua (rojo)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Alexandrium</i> sp. (T)	TH	6 167 x 10 ⁶	Veda sanitaria-SS	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Lingulodinium polyedra</i> (T)	PSH, D, PM, PG	636 x 10 ³	Alteración de la coloración del agua (marrón)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
<i>Dinophysis acuminata</i> (T)	NG	314 x 10 ³	Alteración de la coloración del agua (rojo)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2019
<i>Dinophysis caudata</i> var. <i>pedunculata</i> (T)	M	314	Veda sanitaria-SS	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2019
<i>Pentaparsodinium dalei</i> (N)	M, PNIM	3 746 x 10 ⁶	Alteración de la coloración del agua (verde oscuro)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2018

Continúa en la página 17

Viene de la página 16

Especie	Localidad	Abundancia máxima Cél/l	Efecto	Referencia
<i>Levanderina fissa</i> (N)	Y	872 x 10 ³	Alteración de la coloración del agua (rojo)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2018
Ciliados				
<i>Mesodinium rubrum</i> (N)	Bu, LC, D, M	8 240 x 10 ⁶	Alteración de la coloración del agua (rojo oxidado)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2012
Rafidoficeas				
<i>Fibrocapsa japonica</i> (T)	BM	5 688 x 10 ⁶	Alteración de la coloración del agua (rojo)	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2003, 2012
Euglenofitas				
<i>Eutreptiella marina</i> (N)	CH, DP, Y, BT, PM, M	2 779 x 10 ⁶	Alteración de la coloración del agua (verde claro). Gran cantidad de peces muertos, principalmente ojotones	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2010 y 2012
Silicoflagelados				
<i>Dictyocha californica</i> (N)	Bu y NV	809 x 10 ³	Gran cantidad de peces muertos, principalmente sardina del Pacífico	Cortés-Lara <i>et al.</i> , 2011 y 2012
Cianobacterias				
<i>Trichodesmium erythraeum</i> (N)	Y	1 658 x 10 ⁶	Mortandad de sardinas	Este trabajo

N: nocivas | T: tóxicas | Localidades: CH: Chocota, Y: Yelapa, TH: Tehuamixtle, MAR: Marina de Puerto Vallarta, M: Malecón de P. Vallarta, PdM: Playa de los Muertos, PG: Playas Gemelas, NG: Nogalitos, Q: Quimixto, LA: Los Arcos, PM: Palo María, DP: Dársena Portuaria de Puerto Vallarta, PSH: Playa Hotel Sheraton, PNIM: Parque Nacional Islas Marietas, BT: Boca de Tomates, LC: La Cruz de Huanacastle, PB: Piedra Blanca, NV: Nuevo Vallarta, BU: Bucerías, D: Destiladeras, G: Guayabitos, BM: Bahía de Matanchén.

Se muestra que 10 especies corresponden a diatomeas (8 nocivas y 2 tóxicas), 14 a dinoflagelados (8 nocivos y 6 tóxicos), una ciliado (nocivo), una rafidoficea (tóxica), una euglenofita (nociva), una cianobacteria (tóxica) y una silicoflagelado (nocivo). De igual forma, en las figuras 3 y 4 se consideran los porcentajes de contribución por grupos algales, en donde los dinoflagelados han sido responsables de 70% de los FAN tóxicos, seguido de las diatomeas (20%) y las rafidoficeas (10%); en cambio, durante los FAN

nocivos los dinoflagelados fueron de nuevo responsables, pero en 43.75%, seguido por las diatomeas (37.5%) y en menor proporción los ciliados, euglenofitas y silicoflagleados (cada uno con 6.25%).

Figura 3

Porcentaje de contribución por grupos algales en los FAN tóxicos en Bahía de Banderas, 2000-2021



Figura 4

Porcentaje de contribución por grupos algales en los FAN nocivos en Bahía de Banderas, 2000-2021

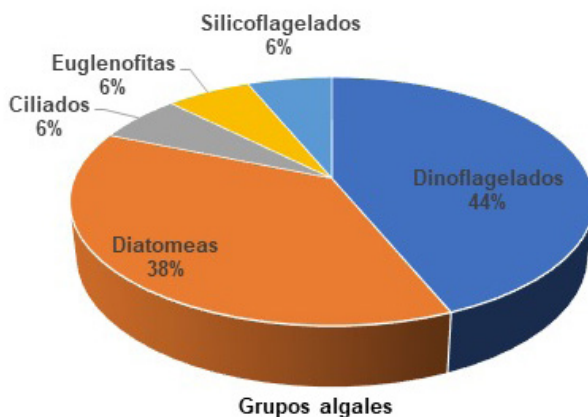
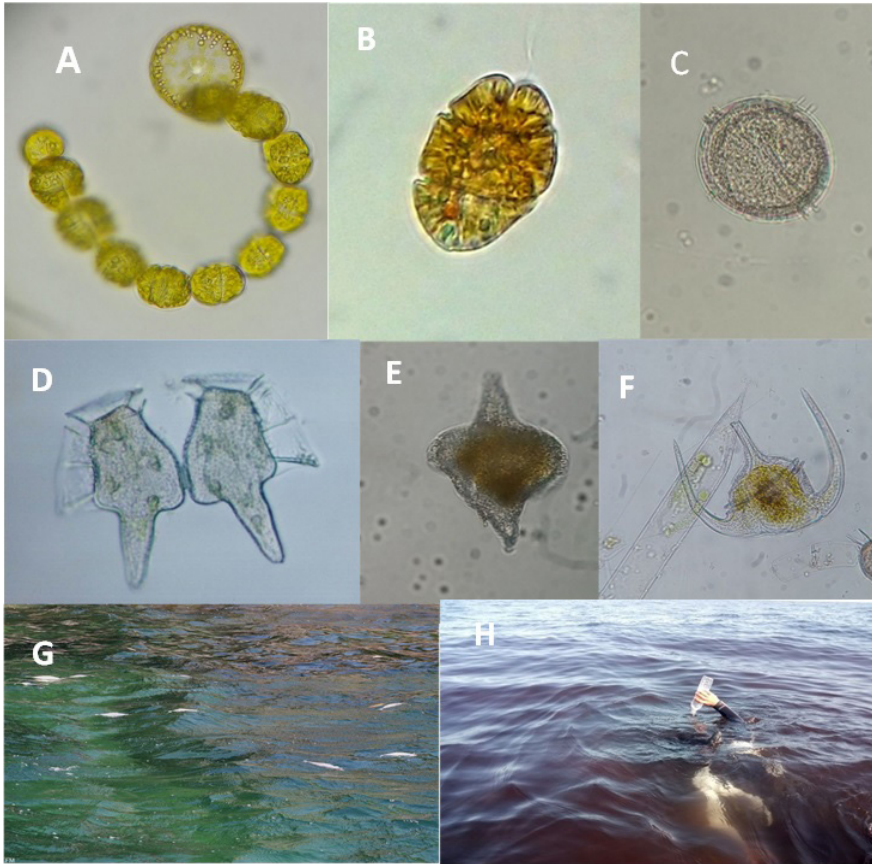


Figura 5
Microalgas presentes en Bahía de Banderas



A) *Gymnodinium catenatum*, B) *Margalefidinium polykrikoides*, C) *Protoperidinium quarnerense* (nuevo registro), D) *Dinophysis caudata*, E) *Spiraulax kofoidii* (nuevo registro), F) *Tripos humilis* (nuevo registro), G) Mortandad de peces causada por un FAN de *Levanderina fissa*.

Fotos de Ma. Carmen Cortés Lara.

Efectos nocivos de los FAN en Bahía de Banderas

Entre los efectos nocivos más notorios están la proliferación de cierto tipo de algas (figura 5 A-F); el deterioro de la estética de la playa con cambios en el color de la columna de agua, con tonali-

dades rojizo, anaranjado, marrón o verde limón (figuras 5G y 5H); mal olor; condiciones de anoxia en la columna de agua y abundante presencia de mucus o espuma (figura 6 A-C). Asimismo, impacta la economía local la presencia de altos niveles de saxitoxina en el ostión de roca *Crassostrea iridiscens*. Adicionalmente, existen reportes de nadadores en aguas abiertas de la bahía con seria irritación en la piel al entrar en contacto con el agua de un evento de FAN.¹ Otros registros también señalan que las microalgas que se presentaron se convierten en organismos problemáticos no conocidos, como son las especies acuáticas no indígenas (EANI), como lo cita Okolodkov (2007), principalmente al ocasionar extensas epizootias o muerte de organismos marinos como peces y tortugas.

Figura 6

Presencia de espuma y mucus en un FAN de *Gymnodinium catenatum* en el área del malecón de Puerto Vallarta, Jalisco (Bahía de Banderas, enero de 2021)



Fotos de Ma. Carmen Cortés Lara.

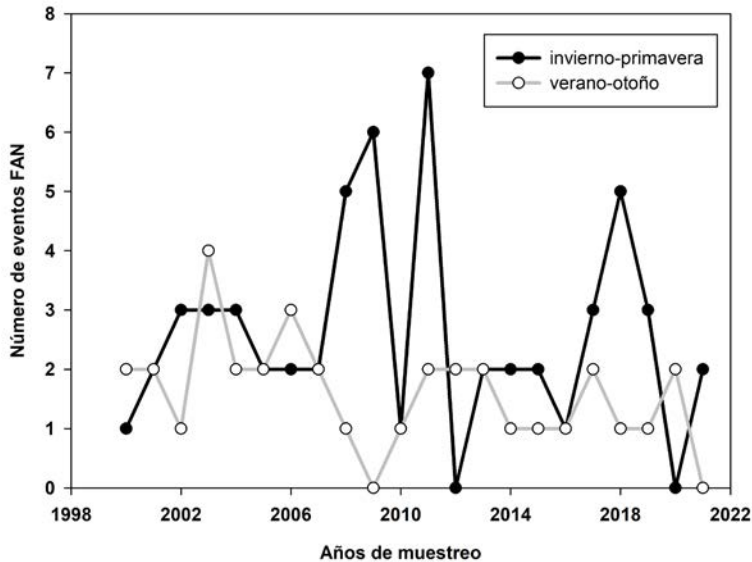
1 Dr. Rafael Núñez, en comunicación personal.

Variabilidad interanual

La figura 7 muestra claramente los patrones de variación interanual y decadal del número de FAN por época climática con un comportamiento muy variable, destacando dos condiciones bien diferenciadas: invierno-primavera (I-P) y verano-otoño (V-O), con máximos en invierno-primavera y mínimos en condiciones de verano-otoño.

Figura 7

Variabilidad interanual del número de FAN en Bahía de Banderas por época climática, 2000-2021

*Mortandad de organismos marinos*

En su mayoría fueron peces alcanzando biomásas con intervalos de 2-6 toneladas los que estuvieron principalmente relacionados con proliferaciones de *Margalefidinium polykrikoides*, *Eutreptiella marina*, *Mesodinium rubrum*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *Trichodesmium erythraeum* y *Dictyocha californica* (véase cuadro 1). En el momento de la epizootia, no siempre se pudo evaluar el tipo

de toxinas en los organismos afectados, aunque sí se realizaron los análisis de fitoplancton. En otros incidentes similares, es factible que las setas de *Chaetoceros curvisetus* hayan penetrado la membrana del tejido de las branquias causando muerte por hemorragias, disfunción en el intercambio de gases en branquias, sofocación por la sobreproducción de mucus o infecciones secundarias del tejido dañado (Cortés Lara *et al.*, 2012). A estos efectos se debe sumar la obstrucción de las branquias por causa de la biomasa fitoplanctónica, la excreción de sustancias hemolíticas, la presencia de especies reactivas del oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), ácidos grasos libres y neurotoxinas (Cortés Lara *et al.*, 2008).

Las especies de peces más afectadas en la bahía fueron *Apterichtus equatorialis* (tieso equatorial), *Letharchus rosenblatii* (tieso negro), *Xenistius californiensis* (ojotones), sardinas y *Diodon holocanthus* (pez erizo o globo), sugiriendo que estos peces fueron altamente vulnerables a la migración vertical de *Margalefidinium polykrikoides* dentro de la columna de agua y a sus concentraciones (Cortés-Lara *et al.*, 2004). De igual importancia, en febrero y marzo de 2011, la empresa Maricultura de la Bahía S.A de C.V. reportó en su informe técnico gran mortandad de botete diana (*Sphoeroides annulatus*) en las jaulas flotantes de la localidad de Chimo en Cabo Corrientes, Jalisco, así como de ejemplares de pargo lunajero (*Lutjanus guttatus*) y medregal limón o palometa o almaco Jack (*Seriola rivoliana*), así como 60 000 semillas de ostiones. Todos ellos se relacionaron con la presencia de un notable florecimiento de *Mesodinium rubrum* en la zona (2'774 000 a 801 000 céls/l).

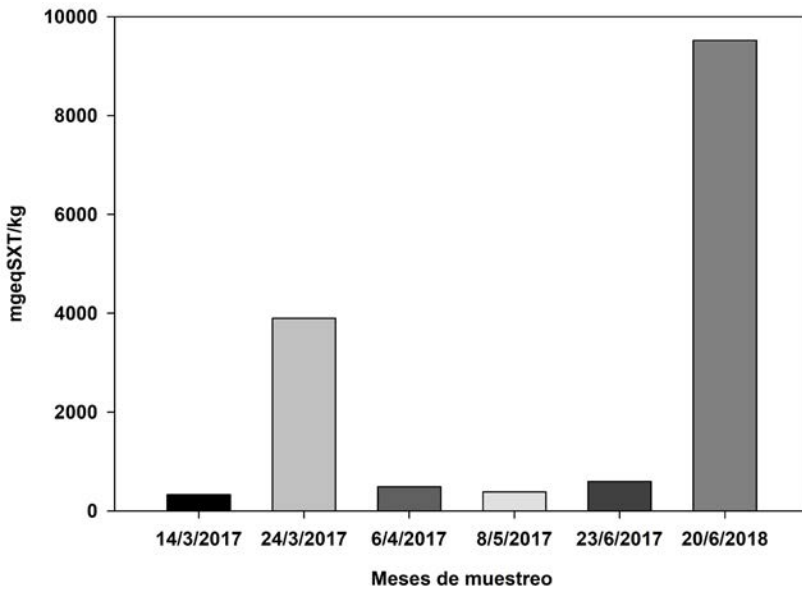
¿Qué tipo de toxinas se han evaluado en el área de estudio?

Si bien se ha confirmado la presencia de microalgas causantes de intoxicación paralizante, amnésica, diarreica, intoxicación por azaspirácidos, ciguatera y toxinas lipofílicas, los FAN de 2017 y 2018 causados por *Gymnodinium catenatum* (figura 8) registraron por primera vez excepcionales niveles de saxitoxina en ostión de roca (*Crassostrea iridiscens*) con valores máximos de 3 898 a 9 519 µgSTXeq/kg, superando el límite máximo permisible para la salud (800 µgSTXeq/kg) (NOM-242-SSA1-2009), por lo que existe un riesgo potencial de intoxicación paralizante de origen algal.

En lo que se refiere a la ciguatoxina, el informe de Halstead (1967) puso de manifiesto una intoxicación por ciguatera en 1962 en la localidad de Puerto Vallarta, Jalisco, presumiblemente después de consumir *wahoo fish* o sierra golfina (*Acanthocybium solandri*), especie de la familia Scombridae (Núñez-Vázquez *et al.*, 2018); sin embargo, no se sabe con exactitud la verdadera dimensión del problema en el área de estudio.

Figura 8

Concentración de saxitoxina en ostión de roca (*Crassostrea iridiscens*) en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit



Discusión

En el presente trabajo fue posible detectar dos cambios sustanciales: el primero en el ámbito de la taxonomía de las especies, que forman la comunidad fitoplanctónica, ya que algunos nombres científicos han caído en desuso, como ejemplo ilustrativo: *Margalefidinium polykrikoides* (antes *Cochlodinium polykrikoides*), *Tripes balechii* (antes *Ceratium balechii* y *Neoceratium balechii*),

Prorocentrum koreanum (antes *Prorocentrum micans*) y *Peridinium quadridentatum* (antes *Peridinium quinquecorne*, *Proto-peridinium quinquecorne* o *Blixaea quinquecornis*). El segundo cambio relevante es la inclusión de tres nuevos registros de microalgas (*Levanderina fissa*, *Pentapharsodinium dalei* y *Trichodesmium erythraeum*) no contenidas en la *Guía de Florecimientos Microalgales (2000-2011) causantes de mareas rojas en la Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit* (Cortés-Lara et al., 2012). Se presentan 72 microalgas como nuevos registros, con lo que se amplía su distribución conocida hacia los litorales de Bahía de Banderas.

Este trabajo ha permitido conocer la variación interanual, intra-anual y decadal de las proliferaciones algales y su efecto en el área de estudio, destacando los FAN de *Mesodinium rubrum*, *Margalefidinium polykrikoides*, *Gymnodinium catenatum*, *Pentapharso-dinium dalei*, *Eutreptiella marina*, *Fibrocapsa japonica*, *Dinophysis caudata*, *Levanderina fissa*, *Dictyocha californica* y *Trichodesmium erythraeum*.

Si se comparan las figuras 3 y 4 puede notarse el porcentaje de contribución a los florecimientos por grandes grupos algales, con mayor participación de los dinoflagelados; es decir, es más alta la cantidad de individuos presentes, tanto para los eventos tóxicos (70%) como para los nocivos (43.75%), siendo superiores a las diatomeas para toda el área.

Se sugiere que la intensidad de los florecimientos algales de Bahía de Banderas está asociada a la variación de la época climática regional, en donde las condiciones de invierno-primavera muestran temperaturas menores y procesos de surgencia con incrementos en la disponibilidad de nutrientes en la columna de agua, activando el crecimiento del fitoplancton y favoreciendo la ocurrencia de los FAN primaverales (García-Hansen, 2001, 2004; López-Sandoval et al., 2009; Kelly-Gutiérrez, 2010; Escalante et al., 2013). En cambio, la condición de verano-otoño junto con los aportes de nutrientes de ríos, lluvias temporales, escorrentías costeras y tormentas tropicales, así como por una mayor temperatura superficial en la columna de agua, favorecen el desarrollo de otro tipo de especies (García-Hansen, 2001, 2004; López-Sandoval et al., 2009; Kelly-Gutiérrez, 2010).

De acuerdo con López-Sandoval *et al.* (2009), la región de Cabo Corrientes colindante con Bahía de Banderas es una zona de fertilidad alta durante primavera, en ella se presentan tres periodos hidrográficos: de surgencia intensa en primavera con tasas de productividad primaria y biomasa de fitoplancton relativamente altas, otra de relajamiento de surgencias (a finales de primavera y principios de verano) con las tasas máximas de productividad primaria, y un periodo de verano-otoño con valores mínimos de clorofila *a* y productividad primaria; lo que podría explicar la variabilidad reflejada en nuestros datos.

A futuro, este programa de monitoreo deberá orientarse hacia temas de investigación más integrales, como el reconocimiento de especies invasoras y al aumento o disminución de especies bioindicadoras potenciales (García-Hansen, 2001, 2004; Ochoa, 2003). Asimismo, deberá desarrollar información relacionada con la variabilidad del fitoplancton en respuesta a los eventos de El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) en sus dos fases oceánicas: de calentamiento atípico (El Niño) y de enfriamiento atípico (La Niña), debido a la sensibilidad que tiene el fitoplancton marino y la producción biológica con la sucesión de este tipo de fenómenos climáticos (García-Hansen, 2001, 2004; Ochoa, 2003), ya que el área en general está fuertemente influenciada por ambos eventos climáticos ENSO (Rilov y Treves, 2010; Wang *et al.*, 2016), activando o limitando el movimiento del fitoplancton del océano.

Los valores máximos en 2011 del número de eventos FAN pudieron haber estado relacionados con la presencia de un evento La Niña, de moderado a fuerte, reportado para ese año (NOAA, 2021), pero se requieren más datos para probarlo. Se recomiendan los factores ambientales asociados, como nutrientes, clorofila y continuar con los estudios a largo plazo en la localidad de fitoplancton y tomando en cuenta *a*, turbidez, irradiancia solar, pH y oxígeno disuelto (datos no presentados en este trabajo).

Finalmente, es importante considerar que no existen planes o alternativas reales que permitan eliminar los FAN en una localidad; no obstante, los programas de monitoreo científico de manera continua han mejorado considerablemente el conocimiento sobre estos problemas, según lo señaló Mancera-Pineda (en comunicación per-

sonal), y permitirán obtener resultados cada vez más confiables; así como continuar con este tipo de trabajos para incluir a futuro otros grupos, como son los flagelados, dinoflagelados desnudos, formas nanoplanctónicas (2-20 μ) y las cianobacterias, entre otros.

Conclusiones

La costa norte de Jalisco y sur de Nayarit se ubica en un ambiente fluvial-marino de alta variabilidad y se determina por corrientes oceánicas y desembocaduras de ríos de variado caudal, lo que representa una alta variabilidad en las condiciones ambientales y, a su vez, una amplia diversidad de especies fitoplanctónicas.

Se documentaron un total de 90 eventos FAN y 29 microalgas dominantes, entre las más sobresalientes están las diatomeas, seguidas de los dinoflagelados, cianobacterias, silicoflagelados, euglenofitas y los ciliados.

De las especies identificadas, 39.34% fueron nuevos registros en la localidad, con lo que se actualiza la información de estudios previos con datos disponibles hasta abril de 2021.

Por otra parte, el problema de mortandad masiva de peces y organismos marinos es un fenómeno frecuente debido a la situación FAN del área de estudio. En los últimos años se ha determinado la presencia de diversos tipos de toxinas de origen fitoplanctónico que no habían sido detectadas, principalmente saxitoxina y toxinas de tipo lipofílico (ácido okadaico, pectenotoxinas, iminas cíclicas, como espirolidos y gimnodiminas, aunque en muy bajas concentraciones).

Desde una perspectiva ecológica y de salud, estos resultados son relevantes para poder atender el estudio de la problemática FAN en la costa de Jalisco.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades del CUCOSTA-UdeG, por el apoyo financiero asignado al CA-UDG-942 Ecología de Comunidades Arrecifales para realizar este programa de monitoreo; así como a la Dra. Alma Paola Rodríguez T., por su valioso apoyo en los muestreos; a la Región Sanitaria #8 de Puerto Vallarta Jalisco, a

través de la Dra. Alina Quintero Ramírez; a la QFB. Marcela Villa Estrada por su apoyo y colaboración y al Lab. FICOTOX del CICESE por la determinación de las toxinas lipofílicas.

Literatura citada

- Bravo-Sierra E. 1999. *Composición del fitoplancton de red en Bahía de Banderas, México, 1990-1991*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 104.
- Cortés Altamirano, R.; Alonso Rodríguez, R.; Peña Ramírez, I.; Aguilar-Rosas, L.E.; Aguilar-Rosas, M.A.; Aguilar-Rosas, R.; Mendoza-González, A.C.; Aguilar, C.S.; Godínez-Domínguez, E.; Ramos, G.E.; Ríos, R.; Salgado-Barragán, J.; Hendrickx, M.E.; Ribeiro Da-Silva, E.; Nova Coelho, L.B.; Ribeiro Da-Silva, E.; Ochoa-López, E.; Villavicencio-Garayzar, C.; Ruiz-Gaitán, A.; Villavicencio Garayzar, C.J.; Estrada Aguero, G. y Downton Hoffmann, C. (1996). Primer registro de marea roja debida a *Mesodinium rubrum* (Protozoa: Ciliata) en Bahía de Banderas, México. *Revista de Biología Tropical*, 45(1): 675-690.
- Cortés-Lara, M.C.; Cortés-Altamirano, R.; Cupul-Magaña, A.L.; Rodríguez Nava, L.V. y Vega-Villasante, F. (2012). *Guía de florecimientos microalgales (2000-2011) causantes de mareas rojas en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit*. México: Universidad de Guadalajara. pp. 112.
- Cortés-Lara, M.C.; Gárate-Lizárraga, I.; Cupul-Magaña, A.L. y Rodríguez-Troncoso, A.P. (2018). Florecimientos algales durante la temporada invierno-primavera del 2018 en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. En: L.F. Navarro-Olache y C. Peynador (Eds.), *Memorias del XX Congreso Nacional de Oceanografía* (p. 14). Mérida, Yucatán, del 18 al 21 de septiembre.
- Cortés-Lara, M.C.; Villa-Estrada, M.; Quintero-Ramírez, A.; Cupul-Magaña, A.L.; Rodríguez-Troncoso, A.P. y Kelly-Gutiérrez, L.D. (2017). *Primera veda sanitaria en Bahía de Banderas por detección de STX en Crassostrea iridiscens asociado a un florecimiento de Gymnodinium catenatum en el 2017*. México: Memorias del IV Congreso Nacional de la SOMEFAN. Del 23 al 27 de octubre. Cancún, Quintana Roo.
- Cortés-Lara, M.C.; Quintero-Ramírez, A.; Villa-Estrada, M.; Cupul-Magaña, A.L. y Rodríguez-Troncoso, A.P. (2017). First Evidence of High Saxitoxin Concentration in *Crassostrea iridiscens* Associated with *Gymnodinium catenatum* Blooms at Banderas Bay, Jalisco, México. *Harmful Algae News*, 58: 8-9.
- Cortés-Lara, M.C.; Quintero-Ramírez, A.; Villa-Estrada, M.; Cupul-Magaña, A.L.; Rodríguez-Troncoso, A.P.; Sánchez-Bravo, Y. y García-Mendoza,

- E. (2019). *Evaluación decadal de la presencia de Dinophysiales asociados a toxinas lipofílicas en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México*. México: Memorias del V Congreso Nacional de la SOMEFAN. Del 23 al 27 de septiembre. Puerto Vallarta, Jalisco.
- Cortés-Lara, M.C.; Cupul-Magaña, A.L.; Rodríguez-Troncoso, A.P. y Cortés-Altamirano, R. (2015). Harmful Algae Blooms in Bandera Bay, Jalisco, México, 2013. *Harmful Algae News*, 51: 6-7.
- Cortés-Lara, M.C.; Cortés-Altamirano, R. y Cupul-Magaña, A.L. (2003). First Record of *Fibrocapsa* cf. *japonica* in Matanchen Bay, Nayarit, Mexican Pacif Coast. *Harmful Algae News*, 24(1): 3-4.
- Cortés-Lara, M.C.; Cortés-Altamirano, R. y Sierra-Beltrán, A.P. (2004). Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodiniales: Gymnodiniaceae) en mareas rojas de Bahía de Banderas, Pacífico mexicano. *Revista Biología Tropical*, 52 (Supl. 1): 35-49.
- Cortés-Lara, M.C.; Cortés-Altamirano, R.; Cupul-Magaña, A.L. y Rodríguez-Troncoso, A.P. (2014). *Resultados del Programa de Monitoreo FAN de Bahía de Banderas en relación a los eventos del 2013*. México: Memorias del XVIII Congreso Nacional de Oceanografía. Del 4 al 6 de junio. La Paz, Baja California.
- Cortés-Lara, M.C.; Cortés-Altamirano, R.; Cupul-Magaña, A.L. (2011). First Kill by *Dictyocha californica* in Banderas Bay, Jalisco México. *Harmful Algae News*, 43: 14-15.
- Cortés-Lara, M.C.; Cortés-Altamirano, R.; Sierra-Beltrán, A.P. y Cupul-Magaña, A.L. (2008). Especies de microalgas reactivas al oxígeno (ROS) en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. En: H. Bustos-Serrano y L.M. López-Acuña (Eds.), *Memorias del XV Congreso Nacional de Oceanografía* (pp. 117-123). Xalapa y Boca del Río, Veracruz.
- Cortés-Lara, M.C.; Cortés-Altamirano, R.; Alonso-Rodríguez, R. y Cupul-Magaña, A.L. (2010). *Eutreptiella marina* (Euglenophyceae) Bloom Causes Significant Fish Kills in Banderas Bay, Jalisco, México. *Harmful Algae News*, 42: 12-13.
- Escalante, F.; Valdez-Holguín, J.E.; Álvarez-Borrego, S. y Lara-Lara, J.R. (2013). Variación temporal y espacial de temperatura superficial del mar, clorofila a y productividad primaria en el golfo de California. *Ciencias Marinas*, 39(2): 203-215.
- García-Hansen, I. (2001). Efecto de los eventos El Niño y La Niña sobre la comunidad de fitoplancton al interior de la Ensenada de Tumaco 1997-2000. *Boletín Científico CCCP*, 8: 15-21.
- García-Hansen, I. (2004). Dynamics of Diatoms and Dinoflagellates in Tumaco Bay (Colombia) under the influence of climatic changes du-

- ring the period 1995-2001. Abstract. *Journal of the Mississippi Academy of Sciences*, 49(2): 182.
- Gómez-Aguirre, S. (1998). Red Tide Occurrences Recorded in Mexico from 1980 to 1992. Universidad Nacional Autónoma de México. *Anales del Instituto de Biología*, Serie Zoología, 69(1): 13-22.
- Hernández-Becerril, D.U. (2003). La diversidad del fitoplancton marino de México: Un acercamiento actual. En: M.T. Barreiro, M.E. Meave del Castillo, M. Signoret-Poillon y M.G. Figueroa-Torres (Eds.), *Planctología mexicana* (pp. 1-17). México: Sociedad Mexicana de Planctología (SOMPAC), Universidad Autónoma Metropolitana.
- Kelly-Gutiérrez, L.D. (2010). *Variación espacio-temporal de la calidad del agua en la zona de mayor influencia continental en la Bahía de Banderas, México*. Tesis doctoral. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. Pp. 201.
- López-Sandoval, D.; Lara-Lara, R.; Álvarez-Borrego, S.; Gaxiola-Castro, G. (2009). Productividad primaria en el Pacífico oriental tropical adyacente a Cabo Corrientes, México. *Ciencias Marinas*, 35(2): 169-182.
- Meave-del Castillo, M.E. (2006). *Diatomeas (Bacillariophyceae), Dinoflagelados (Dinophyceae) y Silicoflagelados (Dictyochophyceae) marinos del Pacífico Mexicano, con énfasis en la porción tropical*. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BA008. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfBA008%20parte%201.pdf>
- Mee, L.D.; Espinosa, M.; Díaz, G. (1986). Paralytic Shellfish Poisoning with a *Gymnodinium catenatum* Red Tide on the Pacific Coast of Mexico. *Marine. Environmental Research*, 19(1): 77-92.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2021). National Weather Service. Climate Prediction Center. Recuperado de: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Norma Oficial Mexicana (NOM) (2009). NOM-242-SSA1-2009, Productos y Servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. México, Secretaría de Salud.
- Núñez-Vázquez, E.; Almazán-Becerril, A.; López-Cortés, D.; Heredia-Tapia, A.; Hernández-Sandoval, F.; Band-Schmidt, C.; Bustillos-Guzmán, J.J.; Gárate-Lizárraga, I.; García-Mendoza, E.; Salinas-Zavala, C.A. y Cordero-Tapia, A. (2018). Ciguatera in Mexico (1984-2013). *Marine Drugs*, 17(1): 13. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/md17010013>

- Ochoa, J.L. (2003). ENSO Phenomenon and Toxic Red Tides in Mexico. *Geofísica Internacional*, 42(3): 505-515.
- Okolodkov, Y.B.; Bastida-Zavala, R.; Ibáñez, A.L.; Chapman, J.W.; Suárez-Morales, E.; Pedroche, F.; Gutiérrez-Mendieta, F.J. (2007). Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar*, 11(32): 29-67.
- Pérez de Silva, C.V.; Cortés-Lara, M.C.; Cupul-Magaña, A.L. y Rodríguez-Troncoso, A.P. (2018). Efecto de las variables oceanográficas (T, CL-A, K Y PP) sobre las abundancias celulares del dinoflagelado tóxico *Gymnodinium catenatum* en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit (2008-2018). En: L.F. Navarro-Olache y C. Peynador (Eds.), *Memorias del XX Congreso Nacional de Oceanografía* (p. 45). México: Asociación de Oceanólogos de México. Del 18 al 21 de septiembre, Mérida, Yucatán.
- Rilov, G. y Treves, H. (2010). Climate Change Effects on Marine Ecological Communities. En: A. Israel, R. Einav y J. Seckbach (Eds.), *Seaweeds and their Role in Globally Changing Environments* (pp. 51-68). Dordrecht, Holanda: Springer.
- Sierra-Beltrán, A.P.; Cortés-Altamirano, R. y Cortés-Lara, M.C. (2005). Occurrences of *Prorocentrum minimum* (Pavillard) in México. *Harmful Algae*, 4(3): 507-517. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2004.08.018>
- Simon, N.; Cras, A.L.; Foulon, E. y Lemée, R. (2009). Diversity and evolution of marine phytoplankton. *Comptes Rendus Biologies*, 332(2-3): 159-170.
- Sournia, A.; Chrétiennot-Dinet, M.J. y Ricard, M. (1991). Marine phytoplankton: How many species in the world ocean? *Journal of Plankton Research*, 13: 1093-1099.
- Tett, P. y Barton, E.D. (1995). Why are there about 5000 species of phytoplankton in the sea? *Journal of Plankton Research*, 17(8) 1693-1704. Recuperado de: <https://doi.org/10.1093/plankt/17.8.1693>
- Wang, C.; Deser, C.; Yu, J-Y.; DiNezio, P. y Clement, A. (2016). El Niño-Southern Oscillation (ENSO): A review. En: P. Glynn, D. Manzello and I. Enochs (Eds.), *Coral reefs of the Eastern Pacific* (pp. 85-106). Países Bajos: Springer.
- Wyrtki, K. (1967). Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *International Journal of Oceanology and Limnology*, 1: 117-147.

Anexo I

Florecimiento de *Tripes balechii f balechii* en Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, marzo de 2021 (455 x 103 cél/l)



Fotografías de Ma. Carmen Cortés Lara y A. Paola Rodríguez Troncoso.

Ictiofauna en 24 sistemas costeros del Pacífico tropical mexicano: Un enfoque ecorregional

Emilio Ismael Romero-Berny
Ever Eduardo Pascasio-Pablo
Juan Antonio Toledo-González
Salvador Santamaría-Damián

Resumen

Analizamos el patrón ecorregional en la costa subtropical-tropical del Pacífico mexicano, definido a partir de la ictiofauna de 24 sistemas estuarinos e integrada con base en listados publicados y actualizada con catálogos en línea. La ictiofauna estuvo representada por dos clases, 33 órdenes, 73 familias, 162 géneros y 288 especies. Sciaenidae, Carangidae, Engraulidae, Gobiidae y Haemulidae son las familias mejor representadas en número de especies. Para una matriz de presencia/ausencia, el análisis de ordenación por categoría mostró una agrupación espacial significativa de los sistemas para las tres ecorregiones asignadas (corteziana, Pacífico tropical mexicano y Chiapas-Nicaragua). Una prueba de validación cruzada mostró un 83.3% de éxito en la asignación del factor ecorregional a los 24 sistemas costeros y la ecorregión corteziana mostró 100% de éxito en la asignación de sus sistemas, lo que refleja mayor predictibilidad de su ictiofauna. Los resultados soportan la existencia de las unidades ecorregionales en ambientes estuarinos, se sugiere considerar el posible sesgo derivado de diferencias en las características e intensidad de los muestreos.

Palabras clave

Peces estuarinos, lagunas costeras, estuarios, ecorregiones, Pacífico oriental tropical.

Ichthyofauna in 24 Estuarine Systems of the Tropical Mexican Pacific: An Ecoregional Approach

Abstract

We analyzed the ecoregional pattern in the subtropical-tropical coast of the Mexican Pacific from the ichthyofaunal of 24 estuarine systems. A checklist of fish species was complete based on published checklists. The checklist was updated using online catalogs. Sciaenidae, Carangidae, Engraulidae, Gobiidae and Haemulidae were the most specious families. For a presence/absence matrix, the category-based ordination analysis showed a significant spatial grouping of the systems for the three assigned ecoregions (Corteziana, Pacific Tropical Mexico and Chiapas-Nicaragua). A cross-validation test showed an 83.3% success in assigning the ecoregional factor to the 24 coastal systems. Specifically, the Cortesian ecoregion showed 100% success in the allocation of its systems, reflecting a greater predictability of its ichthyofauna. Although the results of this study support the existence of ecoregional units in estuarine environments, it is suggested to consider the possible bias derived from differences in the characteristics and intensity of the sampling.

Keywords

Estuarine fishes, coastal lagoons, estuaries, ecoregions, Tropical Eastern Pacific.

Introducción

Desde una aproximación hidrológica, los sistemas estuarinos son los cuerpos acuáticos costeros en donde confluyen masas de agua de origen marino y continental, incluyen geoformas como las lagunas costeras, estuarios y deltas, entre otras (Contreras-Espinosa, 2010). Se trata de sistemas clave para la estructura de las comunida-

des ícticas, debido a su función como sitios de vivero, alimentación y tránsito de especies marinas, estuarinas y algunas dulceacuícolas (Elliott *et al.*, 2007).

A escalas locales son conocidas las variables ambientales (*p.e.*, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura, profundidad) que definen la estructura ecológica de las comunidades de peces en sistemas estuarinos; sin embargo, a escalas regionales, otros factores ligados a procesos geomorfológicos pueden definir firmas biogeográficas que reflejen el patrón faunístico en un conjunto de sistemas espacialmente cercanos (Vasconcelos *et al.*, 2015). De acuerdo a Spalding *et al.* (2007), las ecorregiones son unidades biogeográficas de escala menor a las provincias y relativamente homogéneas con respecto a su composición de especies.

El Pacífico oriental tropical es una región biogeográfica marina que va desde el sur de la península de Baja California y el Mar de Cortés en México hasta la caleta de Cabo Blanco en Perú (Briggs, 1974). En términos bióticos, se considera una región relativamente bien estudiada (Robertson y Allen, 2015) y homogénea debido a su alto endemismo. Aunque se ha señalado que en esta región solamente son diferenciables dos provincias zoogeográficas: la corteziana y la panámica, por lo que la heterogeneidad ambiental que existe en muchas áreas de la franja continental, podría dar lugar a unidades ecorregionales bióticamente diferenciables unas de otras (Zapata y Robertson, 2007; Robertson y Cramer, 2009).

La costa subtropical-tropical del Pacífico mexicano (aproximadamente entre los 24°-14° Norte y los 102°-92° Oeste) es una zona de colisión con abundantes superficies estuarinas. Además del acentuado ciclo anual de lluvias y secas que afecta su hidrología y su estable temperatura, estos sistemas estuarinos son considerados ambientalmente más homogéneos que los del golfo de México, siendo relativamente más pequeños, someros y de comunicación intermitente con el mar (De la Lanza-Espino *et al.*, 2013). Los estudios sobre riqueza y composición íctica en los sistemas estuarinos son relativamente escasos; algunos han sido más estudiados que otros, pero existen notables vacíos de información para muchas áreas, lo cual dificulta el desarrollo de estudios a escalas regionales y se desconocen la validez de la teoría ecorregional y la

concordancia de las unidades biogeográficas con otras clasificaciones espaciales de tipo geomorfológico.

Debido a lo anterior, el objetivo principal de esta investigación fue comprobar la existencia de firmas ecológico-evolutivas potenciales para diferenciar tres ecorregiones costeras del Pacífico subtropical-tropical mexicano a partir de una lista taxonómica actualizada de peces en 24 sistemas estuarinos.

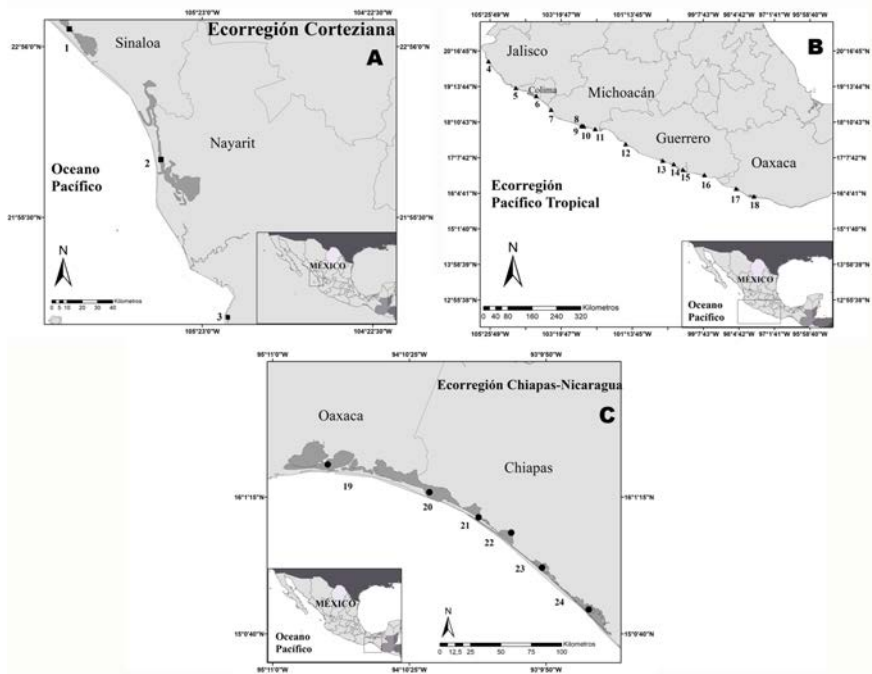
Metodología

Fuente de los datos

Se integró una lista taxonómica de los peces con distribución en 24 sistemas estuarinos de la costa subtropical-tropical del Pacífico de México para tres ecorregiones marino-costeras propuestas por Spalding *et al.* (2007) (figuras 1A-C), a partir de la información disponible en Amezcua-Linares (1977), Warburton (1978), Yáñez-Arancibia (1978), Chávez (1979), Álvarez-Rubio *et al.* (1986), Tapia-García *et al.* (1998), Castro-Aguirre *et al.* (1999), Peralta Meixueiro (2001), Raz-Guzmán y Huidobro (2002), Cabral-Solís y Espino-Barr (2004), Mariscal-Romero y Gaspar-Dillanes (2004), Gil López y Labastida Che (2005), Tapia-García y Mendoza-Rodríguez (2005), Díaz-Ruiz *et al.* (2006), Benítez Valle *et al.* (2007), Mendoza *et al.* (2009), Gómez-González *et al.* (2013), González-Sansón *et al.* (2014), Sandoval-Huerta *et al.* (2014), González-Díaz *et al.* (2015), Hernández-Roque *et al.* (2018), Romero-Berny *et al.* (2018) y López-Vila *et al.* (2019). Se excluyeron del listado las especies exóticas registradas en varios sistemas como *Oreochromis* spp; por otra parte, la actualización de los taxones se realizó utilizando los catálogos en línea de Fricke *et al.* (2019) y Froese y Pauly (2019), mientras que el arreglo sistemático de la lista fue de acuerdo a Nelson *et al.* (2016).

Figura 1

Sistemas costeros del Pacífico mexicano integrados en tres ecorregiones marinas: A) corteziana, B) Pacífico tropical mexicano y C) Chiapas-Nicaragua



A) Ecorregión corteziana: 1. Sistema lagunar Huizache-Caimanero, 2. Sistema lagunar Teacapán-Agua Brava-Marismas nacionales, 3. Estero El Custodio.

B) Ecorregión Pacífico tropical mexicano: 4. Sistema lagunar Agua Dulce-El Ermitaño, 5. Laguna Barra de Navidad, 6. Laguna Cuyutlán, 7. Laguna Salinas del Padre, 8. Barra de Nexpa, 9. Barra de Teolán, 10. Caleta de Mexcalhuacán, 11. Laguna El Caimán-Barra de Pichi, 12. Laguna El Potosí, 13. Laguna Mitla, 14. Laguna de Coyuca, 15. Laguna Tres Palos, 16. Laguna Chautengo, 17. Sistema lagunar Corralero-Alotengo, 18. Sistema lagunar Chachagua-Pastoría.

C) Ecorregión Chiapas-Nicaragua: 19. Sistema lagunar Huave, 20. Sistema lagunar Mar Muerto, 21. Sistema lagunar La Joya-Buenavista, 22. Sistema lagunar Los Patos-Solo Dios, 23. Sistema lagunar Carretas-Pereyra, 24. Sistema lagunar Chantuto-Panzacola.

Análisis estadístico

La similitud ictiofaunística entre los 24 sistemas costeros se calculó con el índice de Kulczynski, en una matriz de presencia/ausencia de las especies basada en la lista taxonómica generada (Henning y Hausdorf, 2006). La matriz triangular obtenida se representó gráficamente en un análisis canónico de coordenadas principales (CAP, con 9999 permutaciones), categorizando cada sistema en función de las ecorregiones correspondientes al área analizada: corteziiana, Pacífico tropical mexicano y Chiapas-Nicaragua (Spalding *et al.*, 2007). Asimismo, con la finalidad de detectar posibles diferencias potenciales en las firmas evolutivas y ecológicas entre las tres ecorregiones, se utilizó una prueba de validación cruzada siguiendo la rutina LOOCV en el programa PERMANOVA+ para PRIMER v.6 (Anderson *et al.*, 2008).

Resultados

La ictiofauna de los 24 sistemas costeros evaluados se encontró integrada por dos clases, 33 órdenes, 73 familias, 162 géneros y 288 especies (cuadro 1). Basada en su riqueza específica, las familias mejor representadas fueron Sciaenidae (21 spp.), Carangidae (20 spp.), Engraulidae (17 spp.), Gobiidae (17 spp.) y Haemulidae (15 spp.).

De acuerdo con la revisión realizada, los sistemas costeros de mayor riqueza íctica fueron los lagunares del Mar Muerto (174 spp.), Chantuto-Panzacola (147 spp.) y Huave (135 spp.), coincidentes con el área de la ecorregión Chiapas-Nicaragua. A nivel ecorregional, en esta misma se encontró el mayor número de especies (245 spp.), seguida de la del Pacífico tropical mexicano (172 spp.) y el menor número para la ecorregión corteziiana (125 spp.).

Cuadro 1

Lista taxonómica de los peces registrados y su distribución en tres ecorregiones y 24 sistemas costeros del Pacífico mexicano

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLASE CHONDRICHTHYES																								
ORDEN Heterodontiformes																								
Familia HETERODONTIDAE																								
1. <i>Heterodontus francisci</i>																								
2. <i>Heterodontus mexicanus</i>																								
ORDEN Orectolobiformes																								
Familia GYNGLIMOSTOMATIDAE																								
3. <i>Gynglimostoma unami</i>																								
ORDEN Carcharhiniformes																								
Familia CARCHARHINIDAE																								
4. <i>Carcharhinus cerdale</i>																								
5. <i>Carcharhinus leucas</i>																								
6. <i>Carcharhinus limbatus</i>																								
7. <i>Negaprion brevirostris</i>																								
8. <i>Rhizoprionodon longurio</i>																								
Familia SPHYRNIDAE																								
9. <i>Sphyrna tiburo</i>																								
ORDEN Torpediniformes																								
Familia NARCINIDAE																								
10. <i>Narcine vermiculata</i>																								

Continúa en la página 39

Viene de la página 38

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ORDEN Pristiophoriformes																								
Familia PRISTIDAE																								
11. <i>Pristis pristis</i>	■															■			■	■				
Familia RHINOBATIDAE																								
12. <i>Pseudobatos glaucostigma</i>	■				■														■	■				
13. <i>Pseudobatos leucorhynchus</i>																			■	■				
14. <i>Pseudobatos productus</i>					■	■													■					
ORDEN Myliobatiformes																								
Familia UROLOPHIDAE																								
15. <i>Urobatis halleri</i>		■	■		■							■												
Familia DASYATIDAE																								
16. <i>Hypanus longus</i>																			■	■	■		■	■
Familia POTAMOTRYGONIDAE																								
17. <i>Styracura pacifica</i>																			■	■	■		■	■
Familia GYMNURIDAE																								
18. <i>Gymnura crebripunctata</i>																			■					
19. <i>Gymnura mar morata</i>																				■				
Familia UROTRYGONIDAE																								
20. <i>Urotrygon aspidura</i>												■							■	■				
21. <i>Urotrygon chilensis</i>																■			■	■				
22. <i>Urotrygon munda</i>	■	■										■				■			■	■				
23. <i>Urotrygon nana</i>	■											■							■	■				
24. <i>Urotrygon rogersi</i>																			■	■				
Familia MYLIOBATIDAE																								
25. <i>Actobatus laticeps</i>					■																			■
26. <i>Rhinoptera steindachneri</i>	■																			■				■

Continúa en la página 40

Viene de la página 39

Taxón	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano														Chiapas-Nicaragua						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLASE OSTEICHTHYES																								
ORDEN Lepisosteiformes																								
Familia LEPISTOSTEIDAE																								
27. <i>Atractosteus tropicus</i>																								
ORDEN Elopiformes																								
Familia ELOPIDAE																								
28. <i>Elops affinis</i>																								
ORDEN Albuliformes																								
Familia ALBULIDAE																								
29. <i>Albula esuncula</i>																								
30. <i>Albula nemoptera</i>																								
ORDEN Anguilliformes																								
Familia SYNAPHOBRANCHIDAE																								
31. <i>Synbranchus marmoratus</i>																								
Familia MURAENIDAE																								
32. <i>Gymnothorax dovii</i>																								
Familia OPHICHTHIDAE																								
33. <i>Bascanichthys bascanoides</i>																								
34. <i>Ethadophis byrnei</i>																								
35. <i>Myrichthys xysturus</i>																								
36. <i>Myrophis vafer</i>																								
37. <i>Ophichthus longipenis</i>																								
38. <i>Ophichthus zophochir</i>																								
Familia MURAENESOCIDAE																								
39. <i>Cynoponticus coniceps</i>																								

Continúa en la página 41

Viene de la página 40

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ORDEN Clupeiformes																								
Familia PRISTIGASTERIDAE																								
40. <i>Ilisha fuerthii</i>																								
41. <i>Odontognathus panamensis</i>																								
42. <i>Opisthopterus dovii</i>																								
43. <i>Plotesotoma lutipinnis</i>																								
Familia ENGRAULIDAE																								
44. <i>Anchoa analis</i>																								
45. <i>Anchoa argenti vittata</i>																								
46. <i>Anchoa compressa</i>																								
47. <i>Anchoa curta</i>																								
48. <i>Anchoa exigua</i>																								
49. <i>Anchoa ischana</i>																								
50. <i>Anchoa lucida</i>																								
51. <i>Anchoa mundeola</i>																								
52. <i>Anchoa mundeoloides</i>																								
53. <i>Anchoa nasus</i>																								
54. <i>Anchoa panamensis</i>																								
55. <i>Anchoa scofieldi</i>																								
56. <i>Anchoa spinifer</i>																								
57. <i>Anchoa starksi</i>																								
58. <i>Anchoa walkeri</i>																								
59. <i>Anchovia macrolepidota</i>																								
60. <i>Cetengraulis mysticetus</i>																								
Familia CLUPEIDAE																								
61. <i>Dorosoma smithi</i>																								
62. <i>Harengula thrissina</i>																								
63. <i>Lile gracilis</i>																								
64. <i>Lile nigrofasciata</i>																								

Continúa en la página 42

Viene de la página 41

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
65. <i>Lile stolifera</i>																								
66. <i>Opisthonema libertate</i>																								
67. <i>Opisthonema medirastre</i>																								
68. <i>Sardinops sagax</i>																								
ORDEN GONORYNCHIFORMES																								
Familia CHANIDAE																								
69. <i>Chanos chanos</i>																								
ORDEN CHARACIFORMES																								
Familia CHARACIDAE																								
70. <i>Astyanax aeneus</i>																								
71. <i>Roeboides bouchellei</i>																								
ORDEN Siluriformes																								
Familia ARIIDAE																								
72. <i>Ariopsis guate-malensis</i>																								
73. <i>Ariopsis seemanni</i>																								
74. <i>Bagre panamensis</i>																								
75. <i>Bagre pinnimaculatus</i>																								
76. <i>Cathorops fuerthii</i>																								
77. <i>Cathorops liropus</i>																								
78. <i>Cathorops steindachneri</i>																								
79. <i>Notarius kessleri</i>																								
80. <i>Notarius planiceps</i>																								
81. <i>Notarius troschelii</i>																								
82. <i>Sciades dowii</i>																								
Familia HEPTAPTERIDAE																								
83. <i>Rhamdia laticauda</i>																								
ORDEN Aulopiformes																								
Familia SYNODONTIDAE																								
84. <i>Synodus scituliceps</i>																								

Continúa en la página 43

Viene de la página 42

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ORDEN Beryciformes																								
Familia BERYCIDAE																								
85. <i>Myripristis leiognathus</i>																								
ORDEN Brachoidiformes																								
Familia BATRACHOIDIDAE																								
86. <i>Batrachoides boulengeri</i>																								
87. <i>Batrachoides waltersi</i>																								
88. <i>Porichthys greeni</i>																								
ORDEN Gobiiformes																								
Familia ELEOTRIDAE																								
89. <i>Dormitor latifrons</i>																								
90. <i>Eleotris picta</i>																								
91. <i>Erotelis armiger</i>																								
92. <i>Gobiomorus maculatus</i>																								
93. <i>Guavina micropus</i>																								
Familia GOBIIDAE																								
94. <i>Aboma etheostoma</i>																								
95. <i>Awaous transandeanus</i>																								
96. <i>Barbulifer mexicanus</i>																								
97. <i>Bathygobius andrei</i>																								
98. <i>Bathygobius ramosus</i>																								
99. <i>Ctenogobius sagittula</i>																								
100. <i>Evermannia zosterura</i>																								
101. <i>Evorthodus minutus</i>																								
102. <i>Gobioides peruanus</i>																								

Continúa en la página 44

Viene de la página 43

Taxón	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
103. <i>Gobionellus liolepis</i>																								
104. <i>Gobionellus microdon</i>																								
105. <i>Gobiosoma paradoxum</i>																								
106. <i>Microgobius emblematicus</i>																								
107. <i>Microgobius miraflorensis</i>																								
108. <i>Microgobius tabogensis</i>																								
109. <i>Parrella lucretiae</i>																								
110. <i>Sicydium multipunctatum</i>																								
Familia POMACENTRIDAE																								
111. <i>Abudefduf declivifrons</i>																								
112. <i>Abudefduf troschelii</i>																								
113. <i>Stegastes flavilatus</i>																								
ORDEN Mugiliformes																								
Familia MUGILIDAE																								
114. <i>Dajaus monticola</i>																								
115. <i>Mugil cephalus</i>																								
116. <i>Mugil hospes</i>																								
117. <i>Mugil setosus</i>																								
ORDEN Cichliformes																								
Familia CICHLIDAE																								
118. <i>Amphilophus trimaculatus</i>																								
119. <i>Astatheros ma cracanthus</i>																								
ORDEN Atheriniformes																								
Familia ATHERINOPSIDAE																								
120. <i>Atherinella crystallina</i>																								

Continúa en la página 45

Viene de la página 44

Taxón	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana		Pacífico tropical mexicano																Chiapas-Nicaragua					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
121. <i>Atherinella guatemalensis</i>																								
122. <i>Atherinella panamensis</i>																								
123. <i>Membras gilberti</i>																								
ORDEN Beloniformes																								
Familia HEMIRAMPHIDAE																								
124. <i>Hyporhamphus gilli</i>																								
125. <i>Hyporhamphus naos</i>																								
126. <i>Hyporhamphus rosae</i>																								
127. <i>Hyporhamphus snyderi</i>																								
128. <i>Hyporhamphus unifasciatus</i>																								
Familia BELONIDAE																								
129. <i>Tylosurus fodiator</i>																								
130. <i>Strongylura exilis</i>																								
ORDEN Cyprinodontiformes																								
Familia ANABLEPIDAE																								
131. <i>Anableps dowei</i>																								
Familia POECILIIDAE																								
132. <i>Poecilia butleri</i>																								
133. <i>Poecilia nelsoni</i>																								
134. <i>Poecilia sphenops</i>																								
135. <i>Poeciliopsis fasciata</i>																								
136. <i>Poeciliopsis latidens</i>																								
137. <i>Poeciliopsis pleurospilus</i>																								
138. <i>Poeciliopsis turrubarensis</i>																								

Continúa en la página 46

Viene de la página 45

Taxón	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano														Chiapas-Nicaragua						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ORDEN Carangiformes																								
Familia NEMATISTIIDAE																								
139. <i>Nematistius pectoralis</i>																								
Familia CARANGIDAE																								
140. <i>Carangoides otrynter</i>																								
141. <i>Carangoides vinctus</i>																								
142. <i>Caranx caballus</i>																								
143. <i>Caranx caninus</i>																								
144. <i>Caranx melampygus</i>																								
145. <i>Caranx sexfasciatus</i>																								
146. <i>Chloroscombrus orqueta</i>																								
147. <i>Gnathanodon speciosus</i>																								
148. <i>Hemicaranx leucurus</i>																								
149. <i>Hemicaranx zelotes</i>																								
150. <i>Oligoplites altus</i>																								
151. <i>Oligoplites refulgens</i>																								
152. <i>Oligoplites saurus</i>																								
153. <i>Selar crumenophthalmus</i>																								
154. <i>Selene brevoortii</i>																								
155. <i>Selene orstedii</i>																								
156. <i>Selene peruviana</i>																								
157. <i>Trachinotus kennedyi</i>																								
158. <i>Trachinotus paitensis</i>																								
159. <i>Trachinotus rodhopus</i>																								
Familia SPHYRAENIDAE																								
160. <i>Sphyraena ensis</i>																								

Continúa en la página 47

Viene de la página 46

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ORDEN Pleuronectiformes																								
Familia PARALICHTHYIDAE																								
161. <i>Citharichthys gilberti</i>																								
162. <i>Citharichthys stigmaeus</i>																								
163. <i>Cyclopsetta panamensis</i>																								
164. <i>Cyclopsetta querna</i>																								
165. <i>Etropus cros-sotus</i>																								
166. <i>Etropus peru-vianus</i>																								
167. <i>Paralichthys californicus</i>																								
168. <i>Paralichthys woolmani</i>																								
169. <i>Syacium lati-frons</i>																								
170. <i>Syacium ovale</i>																								
Familia BOTHIDAE																								
171. <i>Bothus leopar-dinus</i>																								
Familia ACHIRIDAE																								
172. <i>Achirus klun-zingeri</i>																								
173. <i>Achirus mazat-lanus</i>																								
174. <i>Achirus scutum</i>																								
175. <i>Achirus zebrinus</i>																								
176. <i>Trinectes fim-briatus</i>																								
177. <i>Trinectes fons-ensis</i>																								
Familia CYNOGLOSSIDAE																								
178. <i>Symphurus atricauda</i>																								
179. <i>Symphurus chabanaudi</i>																								

Continúa en la página 48

Viene de la página 47

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
180. <i>Symphurus elongatus</i>																								
181. <i>Symphurus leorum</i>																								
182. <i>Symphurus melanurus</i>																								
ORDEN Singnathiformes																								
Familia SYNGNATHIDAE																								
183. <i>Hippocampus ingens</i>																								
184. <i>Pseudophallus starksii</i>																								
185. <i>Syngnathus auliscus</i>																								
Familia FISTULARIIDAE																								
186. <i>Fistularia com mersoni</i>																								
ORDEN Scombriformes																								
Familia SCOMBRIDAE																								
187. <i>Scomberomorus sierra</i>																								
Familia TRICHIURIDAE																								
188. <i>Trichiurus lepturus</i>																								
189. <i>Trichiurus nitens</i>																								
Familia STROMAETIDAE																								
190. <i>Peprilus snyderi</i>																								
ORDEN Labriformes																								
Familia LABRIDAE																								
191. <i>Halichoeres aestuaricola</i>																								
192. <i>Halichoeres dispilus</i>																								
Familia SCARIDAE																								
193. <i>Nicholsina denticulata</i>																								

Continúa en la página 49

Viene de la página 48

Taxón	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ORDEN Perciformes																								
Familia CENTROPOMIDAE																								
194. <i>Centropomus armatus</i>																								
195. <i>Centropomus medius</i>																								
196. <i>Centropomus nigrescens</i>																								
197. <i>Centropomus robalito</i>																								
198. <i>Centropomus unionensis</i>																								
199. <i>Centropomus viridis</i>																								
Familia GERREIDAE																								
200. <i>Diapterus brevi rostris</i>																								
201. <i>Eucinostomus currani</i>																								
202. <i>Eucinostomus dowii</i>																								
203. <i>Eucinostomus entomelas</i>																								
204. <i>Eucinostomus gracilis</i>																								
205. <i>Eugerres axillaris</i>																								
206. <i>Eugerres lineatus</i>																								
207. <i>Gerres simillimus</i>																								
Familia MULLIDAE																								
208. <i>Pseudupeneus grandisquamis</i>																								
Familia KYPHOSIDAE																								
209. <i>Kyphosus elegans</i>																								
210. <i>Kyphosus vaigiensis</i>																								
Familia SERRANIDAE																								
211. <i>Alphestes multi-guttatus</i>																								

Continúa en la página 50

Viene de la página 49

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
212. <i>Dermatolepis dermatolepis</i>																								
213. <i>Diplectrum pacificum</i>																								
214. <i>Epinephelus analogus</i>																								
215. <i>Epinephelus labriformis</i>																								
216. <i>Epinephelus quinquefasciatus</i>																								
217. <i>Mycteroperca xenarcha</i>																								
218. <i>Rypticus bicolor</i>																								
219. <i>Rypticus nigripinnis</i>																								
Familia CHAETODONTIDAE																								
220. <i>Chaetodon humeralis</i>																								
Familia HAEMULIDAE																								
221. <i>Conodon serrifer</i>																								
222. <i>Genyatremus dovii</i>																								
223. <i>Genyatremus pacifici</i>																								
224. <i>Haemulon flaviguttatum</i>																								
225. <i>Haemulopsis axillaris</i>																								
226. <i>Haemulopsis elongatus</i>																								
227. <i>Haemulopsis leuciscus</i>																								
228. <i>Haemulopsisnitida</i>																								
229. <i>Orthopristis chalceus</i>																								
230. <i>Pomadasys branickii</i>																								
231. <i>Pomadasys bayanus</i>																								
232. <i>Pomadasys empherus</i>																								

Continúa en la página 51

Viene de la página 50

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
233. <i>Pomadasys macracanthus</i>																								
234. <i>Rhencus panamensis</i>																								
235. <i>Xenichthys xanti</i>																								
Familia LUTJANIDAE																								
236. <i>Hoplopagrus guentherii</i>																								
237. <i>Lutjanus aratus</i>																								
238. <i>Lutjanus argenti-ventris</i>																								
239. <i>Lutjanus colorado</i>																								
240. <i>Lutjanus guttatus</i>																								
241. <i>Lutjanus jordani</i>																								
242. <i>Lutjanus nove-mfasciatus</i>																								
Familia POLYNEMIDAE																								
243. <i>Polydactylus approximans</i>																								
244. <i>Polydactylus opercularis</i>																								
Familia DACTYLOSCOPIDAE																								
245. <i>Dactyloscopus amnis</i>																								
246. <i>Dactyloscopus lunaticus</i>																								
Familia MICRODESMIDAE																								
247. <i>Microdesmus dipus</i>																								
248. <i>Microdesmus dorsipunctatus</i>																								
249. <i>Microdesmus suttkusi</i>																								
Familia EPHIPPIDAE																								
250. <i>Chaetodipterus zonatus</i>																								
251. <i>Parapsettus panamensis</i>																								

Continúa en la página 52

Viene de la página 51

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ORDEN Scorpaeniformes																								
Familia SCORPAENIDAE																								
252. <i>Scorpaena mystes</i>																								
Familia TRIGLIDAE																								
253. <i>Bellator xenisma</i>																								
254. <i>Prionotus horrens</i>																								
255. <i>Prionotus ruscarius</i>																								
ORDEN Acanthuriformes																								
Familia SCIAENIDAE																								
256. <i>Bairdiella armata</i>																								
257. <i>Bairdiella ensifera</i>																								
258. <i>Bairdiella icistia</i>																								
259. <i>Cynoscion albus</i>																								
260. <i>Cynoscion reti-culatus</i>																								
261. <i>Cynoscion stolz-manni</i>																								
262. <i>Cynoscion xanthulus</i>																								
263. <i>Elattarchus archidium</i>																								
264. <i>Isopisthus remifer</i>																								
265. <i>Larimus acclivis</i>																								
266. <i>Larimus effulgens</i>																								
267. <i>Menticirrhus elongatus</i>																								
268. <i>Menticirrhus panamensis</i>																								
269. <i>Micropogonias altipinnis</i>																								
270. <i>Micropogonias ectenes</i>																								
271. <i>Nebris occidentalis</i>																								
272. <i>Paralonchurus goodei</i>																								
273. <i>Stellifer walkeri</i>																								
274. <i>Stellifer winters-teenorum</i>																								

Continúa en la página 53

Viene de la página 52

	ECORREGIONES / SISTEMAS ESTUARINOS																							
	Cor-teziana			Pacífico tropical mexicano															Chiapas-Nicaragua					
Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
275. <i>Umbrina roncadore</i>																								
276. <i>Umbrina xanti</i>																								
Familia ACANTHURIDAE																								
277. <i>Acanthurus xanthopterus</i>																								
ORDEN Spariformes																								
Familia LOBOTIDAE																								
278. <i>Lobotes pacificus</i>																								
ORDEN Tetraodontiformes																								
Familia TETRAODONTIDAE																								
279. <i>Arothron hispidus</i>																								
280. <i>Arothron meleagris</i>																								
281. <i>Sphoeroides angusticeps</i>																								
282. <i>Sphoeroides annulatus</i>																								
283. <i>Sphoeroides lobatus</i>																								
284. <i>Sphoeroides rosenblatti</i>																								
285. <i>Sphoeroides sechurae</i>																								
Familia BALISTIDAE																								
286. <i>Pseudobalistes naufragium</i>																								
Familia DIODONTIDAE																								
287. <i>Diodon holocanthus</i>																								
288. <i>Diodon hystrix</i>																								

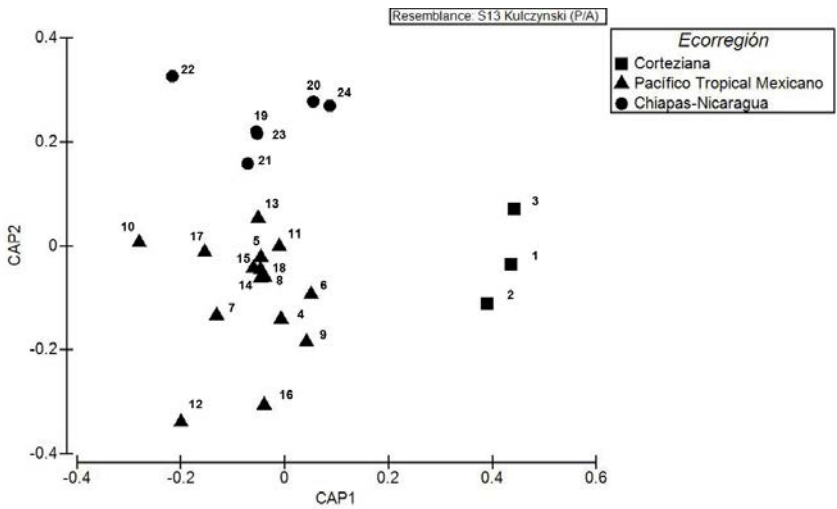
Los números de las columnas indican a cada sistema de acuerdo a la figura 1.

El diagrama de ordenación del CAP clasificó de forma significativa ($\delta^2 = 0.78$, $p < 0.05$) los sistemas costeros, agrupándolos y separándolos espacialmente en función de cada ecorregión (figura 2). La prueba de validación cruzada indicó 83.3% de éxito en la asignación del factor ecorregional. La corteziana mostró 100% de predictibilidad en función de su ictiofauna, mientras que las ecorregiones Chia-

pas-Nicaragua y Pacífico tropical mexicano presentaron 83 y 80% de predictibilidad, respectivamente. Del total de muestras incluidas, 20 sistemas fueron asignados correctamente a su ecorregión perteneciente, mientras que cuatro presentaron una asignación *perdida*: laguna Barra de Navidad, laguna Mitla, sistema lagunar Corralero-Alo-tengo (erróneamente asignados a la ecorregión Chiapas-Nicaragua) y sistema lagunar Huave (erróneamente asignado a la ecorregión Pacífico Tropical Mexicano).

Figura 2

Diagrama del Análisis Canónico de Coordenadas Principales (CAP) con la ordenación de 24 sistemas costeros del Pacífico mexicano en función de un factor ecorregional



Los números de los símbolos indican a cada sistema de acuerdo a la figura 1.

Discusión

La riqueza íctica registrada en los 24 sistemas analizados del Pacífico subtropical-tropical mexicano representa aproximadamente 52.6% del componente continental (548 spp.) y 21.2% de la ictiofauna costera (1 358 spp.) reportada para el Pacífico oriental tropical (Robertson y Allen, 2015). Debido al alto grado de endemismo en esta

región biogeográfica marina, la mayoría de las especies registradas fueron conspicuas para los 24 sistemas evaluados, no obstante, las diferencias encontradas tanto ambientales como de posibles sesgos en el diseño de este análisis.

Respecto a los procedimientos para delinear regiones biogeográficas, una forma eficaz de ganar robustez en el análisis es utilizar matrices de presencia/ausencia (Legendre y Legendre, 1998), para ello es necesario considerar las desventajas que implica el uso de bases de datos provenientes de información bibliográfica. Cada estudio puede plantear el uso de diferentes métodos de recolecta que consideran distintos artes de pesca, grado de selectividad y variaciones asociadas al esfuerzo de muestreo (tipos de hábitat y temporadas) (Pérez-Hernández y Torres-Orozco, 2000). Un patrón observado en este análisis es mayor riqueza aparente en los sistemas de gran tamaño (*p.e.* Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales, Huave y Mar Muerto).

El área de un estuario, la salinidad y temperatura media pueden ser variables relacionadas positivamente con la riqueza de especies (Vasconcelos *et al.*, 2015); no obstante, también se trata de sistemas que han sido frecuentemente monitoreados, lo cual resulta en algunos inventarios más completos que otros. Por otro lado, los sistemas de menor tamaño (*p.e.* Chantuto-Panzacola) pueden albergar mayor riqueza en función de su heterogeneidad de hábitats, como manglares, pantanos, lagunas costeras, canales de marea, entre otros (Gómez-González *et al.*, 2013); aunque se ha demostrado que la ecorregión corteziana puede presentar una riqueza íctica costera mucho mayor (González-Acosta *et al.*, 2018). Un menor número de especies se reportó en este análisis debido a que sólo se incluyeron tres sistemas del bajo golfo de California, coincidentes con la región geomorfológica costera "D" propuesta por Lankford (1977).

Por otro lado, los resultados de este análisis aportan evidencia para validar la existencia de ecorregiones, como reflejo de la historia evolutiva y ecológica de la comunidad. El espacio costero está sujeto a diferentes procesos geológicos, oceanográficos y climáticos. Áreas con marcada similitud a otras pueden constituir unidades regionales bióticas con una firma característica u homo-

geneidad biogeográfica (Zapata y Robertson, 2007), en concordancia con el concepto de ecorregión propuesto por Spalding *et al.* (2007) para las zonas costeras.

Tomando como caso de estudio los 24 sistemas costeros analizados aquí, sus grupos ictiofaunísticos pudieron ser separados con cierta consistencia a las ecorregiones corteziense, Pacífico tropical mexicano y Chiapas-Nicaragua. Las costas mexicanas se clasificaron previamente en función de criterios geomorfológicos y tectónicos. Lankford (1977), en su propuesta, agrupó a las lagunas costeras del Pacífico subtropical-tropical ubicadas entre los estuarios de Uriás (Sinaloa) y Suchiate (Chiapas) dentro de la región D, reconociéndoles un origen geomorfológico común. Por otro lado, Carranza-Edwards *et al.* (1975), consideran que la porción central del Pacífico mexicano que va de Cabo Corrientes (Jalisco) a las Bahías de Huatulco (Oaxaca) es morfotectónicamente distinta al golfo de Tehuantepec (oriente de Oaxaca y Chiapas), separándolas dentro de las unidades costeras VIII y IX, en mayor correspondencia con las ecorregiones. Esta teoría se sustenta con lo propuesto por Matamoros *et al.* (2012), quienes delinearon provincias biogeográficas para peces dulceacuícolas, encontrando un patrón zoogeográfico concordante con la ecorregión Chiapas-Nicaragua de Spalding *et al.* (2007).

Conclusiones

En este estudio se reconocen unidades espaciales con características bióticas afines que sugieren la existencia de firmas biogeográficas que sustentan la propuesta ecorregional reflejada en ambientes estuarinos del Pacífico mexicano. Se sugiere que la riqueza y composición de la ictiofauna para cada ecorregión es distinta entre cada una, debido a factores ecológicos y evolutivos, y siendo coincidente con unidades geomorfológicas costeras para el Pacífico mexicano; sin embargo, se recomienda incrementar el número de estudios que incluyan técnicas genéticas y sistemas estuarinos para definir, de forma más precisa, las ecorregiones presentes, tanto con el componente taxonómico como funcional de la ictiofauna.

Literatura citada

- Álvarez-Rubio, M.; Amezcua-Linares, F. y Yáñez-Arancibia, A. (1986). Ecología y estructura de las comunidades de peces en el sistema lagunar Teacapan-Agua Brava, Nayarit, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 13: 185-242.
- Amezcua-Linares, F. (1977). Generalidades ictiológicas del sistema lagunar costero de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 6: 1-25.
- Anderson, M.J.; Gorley, R.N. y Clarke, K.R. (2008). *PERMANOVA + for PRIMER 6: Guide to software and statistical methods*. Plymouth: PRIMER-E.
- Benítez Valle, C.; Ruiz Velazco, A.J.M.; Peña Messina, E.; Blanco y Correa, M.; López Riva, C. *et al.* (2007). Diversidad y abundancia de la comunidad de peces del estero El Custodio, municipio de Compostela, Nayarit, México. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 8 (5): 1-13.
- Briggs, J.C. (1974). *Marine Zoogeography*. New York: McGraw Hill.
- Cabral-Solis, E.G. y Espino-Barr, E. (2004). Distribución y abundancia espacio-temporal de los peces en la laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Oceánides*, 19: 19-27.
- Carranza-Edwards, A.; Gutiérrez, M. y Rodríguez, R. (1975). Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 2: 82-88.
- Castro-Aguirre, J.L.; Espinosa Pérez, H. y Schmitter-Soto, J.J. (1999). *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. México: Limusa.
- Contreras Espinosa, F. (2010). *Ecosistemas costeros mexicanos. Una actualización*. México: UAM-I.
- Chávez, E. (1979). Análisis de la comunidad de una laguna costera en la costa sur occidental de México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 6: 15-44.
- De la Lanza-Espino, G.; Ortiz-Pérez, M.A. y Carbajal-Pérez, J.L. (2013). Diferenciación hidrogeomorfológica de los ambientes costeros del Pacífico, del golfo de México y del mar Caribe. *Investigaciones Geográficas*, 81: 33-50.
- Díaz-Ruiz, S.; Aguirre-León, A. y Cano-Quiroga, E. (2006). Evaluación ecológica de las comunidades de peces en dos sistemas lagunares estuarinos del sur de Chiapas, México. *Hidrobiológica*, 16 (2): 197-210.
- Elliott, M.; Whitfield, A.K.; Potter, I.C.; Blaber, S.J.M.; Cyrus, D.P., *et al.* (2007). The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: A global review. *Fish and Fisheries*, 8: 241-268. doi.10.1111/j.1467-2679.2007.00253.x

- Fricke, R.; Eschmeyer, W.N. y van del Laan, R. (2019). *Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, species, references*. Recuperado de: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcat-main.asp>
- Froese, R. y Pauly, D. (2019). *FishBase. Version 02/2019*. Recuperado de: <http://www.fishbase.org>
- Gil-López, A.H. y Labastida Che, A. (2005). *Catálogo de peces del sistema lagunar Huave, Oaxaca*. México: INAPESCA.
- Gómez-González, A.E.; Velázquez-Velázquez, E.; Rodiles-Hernández, R.; González-Díaz, A.A.; González-Acosta, A.F. et al. (2013). Lista sistemática de la ictiofauna en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 674-686. doi.10.7550./rmb.24468
- González-Acosta, A.F.; Balart, E.F.; Ruíz-Campos, G.; Espinoza-Pérez, H.; Cruz-Escalona, V.H. et al. (2018). Diversidad y conservación de los peces de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89: 705-740. doi.10.22201/ib.20078706e.2018.3.2145
- González-Díaz, A.A.; Soria-Barreto, M.; Martínez-Cárdenas, L. y Blanco y Correa, M. (2015). Fishes in lower San Pedro Mezquital River, Nayarit, Mexico. *Check List*, 11(6): 1-11. doi.10.15560/11.6.1797
- González-Sansón, G.; Aguilar-Betancourt, C.; Kosonoy-Aceves, D.; Lucano-Ramírez, G.; Ruíz-Ramírez, S. et al. (2014). Species and size composition of fishes in Barra de Navidad lagoon, Mexican Central Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 62(1): 129-144. doi.10.15517/rbt.v62i1.10001
- Henning, C. y Hausdorf, B. (2006). A robust distance coefficient between distribution areas incorporating geographic distances. *Systematic Biology*, 55: 170-175. doi.10.1080/10635150500581523
- Hernández-Roque, J.A.; Romero-Berny, E.I. y López-Vila, J.M. (2018). Ictiofauna de descarte en la pesca artesanal de camarones (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) en la laguna costera Mar Muerto, golfo de Tehuantepec, México. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 10(2): 51-76. doi.10.15359/revmar.10-2.3
- Lankford, R.R. (1977). Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. En: M. Wiley (Ed.), *Estuarine processes. circulation, sediments and transfer of material in the estuary* (pp. 182-215). New York: Academic Press.
- Legendre, P. y Legendre, L. (1998). *Numerical ecology*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier.

- López-Vila, J.M.; Schmitter-Soto, J.J.; Velázquez-Velázquez, E.; Barba-Macías, E. y Salgado-Ugarte, I.H. (2019). Young does not mean unstable: A trophic model for an estuarine lagoon system in the Southern Mexican Pacific. *Hydrobiologia*, 827: 225-246. doi.10.1007/s10750-018-3770-1
- Mariscal-Romero, J. y Gaspar-Dillanes, M.T. (2004). Asociaciones de peces del sistema lagunar estuarino Agua Dulce-El Ermitaño, Jalisco: Consideraciones ecológicas para su manejo. En: M.L. Lozano-Vilano y A.J. Contreras-Balderas (eds.), *Homenaje al doctor Andrés Reséndez Medina: Un ictiólogo mexicano* (pp. 63-90). México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Matamoros, W.A.; Kreiser, B.R. y Schaefer, J.F. (2012). A delineation of nuclear middle america biogeographical provinces based on river basin faunistic similarities. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22: 351-365. doi.10.1007/s.11160-011-9232-8
- Mendoza, E.; Castillo-Rivera, M.; Zárate-Hernández, R. y 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. *Ichthyological Research*, 56: 330-339. doi.10.1007/s10228-009-0102-5
- Nelson, J.S.; Grande, T.C. y Wilson, M.V.H. (2016). *Fishes of the World*. 5th ed. Hoboken: Wiley.
- Peralta-Meixueiro, M.A. (2001). *Cambios en las comunidades de peces por la apertura de las bocanarras de tres lagunas costeras de Oaxaca, México*. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar, Oaxaca, México.
- Pérez-Hernández, M.A. y Torres-Orozco, B.R.E. (2000). Evaluación de la riqueza de especies de peces en las lagunas costeras mexicanas: Estudio de un caso en el golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 48: 425-438.
- Raz-Guzmán, A. y Huidobro, L. (2002). Fish communities in two environmentally different estuarine systems of Mexico. *Journal of Fish Biology*, 61: 182-195. doi.10.1111/j.1095-8649.2002.tb01770.x
- Robertson, D.R. y Allen, G.R. (2015). Shore fishes of the tropical eastern pacific: Online information system. Recuperado de: <http://www.biogeodb.stri.si.edu/sftep/en/pages>
- Robertson, D.R. y Cramer, K.L. (2009). Shore fishes and biogeographic subdivisions of the tropical Eastern Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 380: 1-17. doi.10.3354/meps07925
- Romero-Bermy, E.I.; Velázquez-Velázquez, E.; Anzueto-Calvo, M.J.; Urbina-Trejo, E. y Schmitter-Soto, J.J. (2018). The fish fauna of three la-

- goon-estuarine systems of the Northeastern Gulf of Tehuantepec, Mexican South Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89: 84-98. doi.10.1016/j.rmb.2018.01.001
- Sandoval-Huerta, E.R.; Madrigal-Guridi, X.; Escalera-Vázquez, L.H.; Medina-Nava, M. y Domínguez-Domínguez, O. (2014). Estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 1184-1196. doi.10.7550/rmb.42105
- Spalding, M.D.; Fox, H.E.; Allen, G.R.; Davidson, N.; Ferdaña, Z.A. *et al.* (2007). Marine Ecoregions of the World: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57: 573-583. doi.10.1641/B570707
- Tapia-García, M. y Mendoza-Rodríguez, R. (2005). Composición y abundancia de la ictiofauna de las lagunas Superior e Inferior, Oaxaca, México. *Actualidades Biológicas*, 27: 57-65.
- Tapia-García, M.; Suárez-Núñez C.; Cerdanars L. de Guevara, G.; Macuitl Montes, M.C. y García Abad, M.C. (1998). Composición y distribución de la ictiofauna en la laguna del Mar Muerto, Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 46 (2): 277-284.
- Vasconcelos, R.P.; Henriques, S.; França, S.; Pasquaudo, S.; Cardoso, I. *et al.* (2015). Global patterns and predictors of fish species richness in estuaries. *Journal of Animal Ecology*, 84(5): 1331-1341. doi.10.1111/1365-2656.12372
- Warburton, K. (1978). Community structure, abundance, and diversity of fish in a Mexican Coastal lagoon system. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 7: 497-519.
- Yáñez-Arancibia, A. (1978). Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. *Publicaciones Especiales-Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 2: 1-306.
- Zapata, F.A. y Robertson, D.R. (2007). How many species of shore fishes are there in the Tropical Eastern Pacific? *Journal of Biogeography*, 34: 38-51. doi.10.1111/j.1365-2669.2006.01586.x

Canibalismo en organismos acuáticos: Un reto para la acuicultura comercial

César Antonio Sepúlveda-Quiroz
Graciela María Pérez-Jiménez
Claudia Ivette Maytorena-Verdugo
Carina Shianya Álvarez-Villagomez
Omar Mendoza-Porras
Emyr Saúl Peña-Marín
Rafael Martínez-García
Susana Camarrillo-Coop
Susana De la Rosa-García
Rocío Guerrero-Zárate
Alfredo Pérez-Morales
Carlos Alfonso Álvarez-González

Resumen

Los avances tecnológicos y científicos de la acuicultura y maricultura han permitido un crecimiento notable en estas actividades económicas a nivel global. Asimismo, este desarrollo ha impulsado que más especies, principalmente nativas, con potencial biológico, económico y nutricional, se cultiven de manera comercial; sin embargo, un factor limitante para el crecimiento de estas industrias es el canibalismo, lo cual causa una alta tasa de mortalidad en etapas larvales de peces y crustáceos cultivados. El canibalismo afecta la calidad general del cultivo por la pérdida de población y por las mutilaciones remanentes. Los organismos afectados pueden presentar deficiencias nutricionales derivadas de un nado o movilidad limitada que les impide alimentarse correctamente y puede comprometer la respuesta del sistema inmunológico y facilitar la

aparición y propagación de enfermedades entre organismos sanos del cultivo. En general, el canibalismo afecta considerablemente el rendimiento económico, ya que genera altos costos al tratar de mitigar dicho comportamiento en especies que se cultivan actualmente. Los retos que la acuicultura debe resolver son desarrollar estrategias para eliminar o reducir el canibalismo intracohorte y entender la biología y la etología en cada especie con respecto a este comportamiento. De esta manera, se contribuiría a que la acuicultura sea una actividad más diversificada, menos riesgosa y económicamente más rentable.

Palabras clave

Canibalismo intracohorte, mitigación, comportamiento, cultivo larvario, etología, maricultura.

Cannibalism in Aquatic Organisms: A Challenge for Commercial Aquaculture

Abstract

Advances in science and technology have led to remarkable growth in aquaculture and mariculture across the globe evidenced by the commercial culture of a wider range of species, mostly native, with greater biological potential, economic, or nutritional value. However, cannibalism has negatively impacted growth across the industry by causing high mortality rates in fish and crustaceans during larval stages. Population losses and mutilation in surviving fish are a direct effect of cannibalism with mutilated organisms presenting nutritional deficiencies due to inappropriate feeding and limited swimming ability. Nutritional deficiencies compromise animal health and immunity and increase the likelihood of diseases across healthy individuals in the same rearing system. Overall, cannibalism negatively impacts the economic performance of aquaculture and mariculture and creates challenges for aquaculture to develop strategies to mitigate or reduce cannibalism and increase the understanding of

cannibalism biology and ethology. Achieving this would allow aquaculture to be diversified, less risky, and more profitable.

Keywords

Intracohort cannibalism, mitigation, behavior, larval culture, ethology, mariculture.

Introducción

El desarrollo de tecnología por la industria especializada y estudios científicos en las principales brechas del conocimiento en el cultivo de peces y crustáceos permiten que la acuicultura y la maricultura generen alrededor de 80.1 millones de toneladas de productos, que se traducen en aproximadamente en \$238 000 millones de dólares (US\$) en esta actividad, misma que se posicionó dentro de las actividades económicas con mayor crecimiento en el año 2017 (4.9%), superando al crecimiento económico de la pesca de 3.5% (FAO, 2019). Algunos factores que influyen en el avance de esta actividad son el mejoramiento en el bienestar animal, la inocuidad y que, tanto la acuicultura como la maricultura, han modificado sus prácticas dirigiéndose a ser actividades más sostenibles y cuidadosas del medio ambiente, ganando la aceptación de la población. Por tal razón, se debe generar el desarrollo de políticas públicas en diversos países que regulen su actividad.

El enfoque de recientes investigaciones en peces y crustáceos abarca principalmente desarrollos en reproducción, nutrición y dietas específicas, técnicas de cultivo, selección y expresión de genes de interés, rentabilidad económica y cultivo larval. Este último, engloba la mayoría de las problemáticas a resolver en la acuicultura y maricultura, ya que un buen cuidado de las larvas es clave para el éxito del cultivo de varias especies de gran interés económico (Conceicao y Tandler, 2018).

El canibalismo es un ejemplo de la problemática, ya que es una condición que afecta la óptima producción de gran número de especies potencialmente cultivables (Naumowicz *et al.*, 2017; Bleakley, 2018; Król *et al.*, 2021). Se define como el acto de asesinar e ingerir una porción o el organismo completo entre individuos de una misma especie (Smith y Reay, 1991; Pfennig, 1997). En la natu-

raleza, el canibalismo ha sido descrito en diversos grupos de animales, presentando dicho comportamiento tanto en vida silvestre como en cautiverio; entre otros están insectos, como arañas (*Latrodectus Hesperus*) (Johnson *et al.*, 2016), y reptiles, como las salamandras (*Hynobius retardatus*) (Nishimura, 2018). En el medio acuático han registrado canibalismo los crustáceos (*Gammarus zaddach*) (Ironsides *et al.*, 2019), peces (*Gadus morhua*) (Folkvord, 1997), pulpos (*Octopus insularis*) (Rosas-Luis *et al.*, 2019) y diferentes mamíferos marinos como la foca gris (*Halichoerus grypus*) (van Neer *et al.*, 2019), al igual que algunos gasterópodos como el caracol invasor (*Rapana venosa*) (Yu *et al.*, 2018), por mencionar algunos.

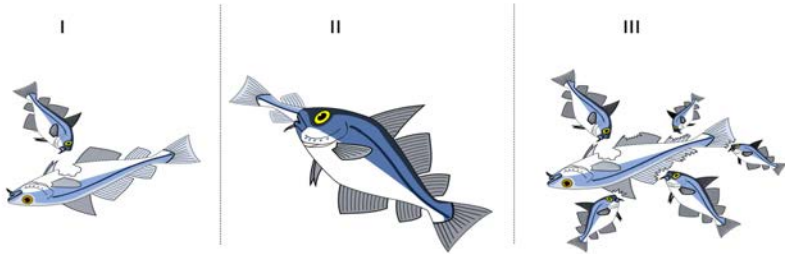
En peces se han registrado aproximadamente 390 especies que muestran algún tipo de canibalismo y, de éstas, sólo 150 tienen este comportamiento en cautiverio. En la mayoría de las especies el canibalismo suele presentarse en todo su periodo de vida y en otras sólo durante las primeras etapas de desarrollo (larva o juvenil) (Pereira *et al.*, 2017); sumado a los múltiples retos que se presentan en dichos estadios, limitan de manera considerable el éxito del cultivo.

Dentro de las teorías que tratan de explicar el comportamiento canibal en los organismos, se encuentra el catalogar dicha conducta como una adaptación de estrategia evolutiva, que permite a los organismos habitar exitosamente en ambientes pocos favorables para su crecimiento o en ambientes que comprometen su desarrollo (Nishimura y Hoshino, 1999). En un contexto ecológico, el canibalismo está relacionado con la regulación de la población de dichos organismos dentro de un entorno particular (Kohlmeier y Ebenhoh, 1995). Otra de las teorías fundamentales que tratan de explicar el canibalismo se basa en la biodisponibilidad de alimento o presas; en otras palabras, los organismos que presentan canibalismo pueden estar relacionados a la facilidad o dificultad para obtener alimento, lo que se traduce directamente en un gasto energético empleado al momento de cazar o alimentarse: teoría del forrajeo óptimo (Dong y Polis, 1992).

En general, existen tres tipos de canibalismo reportados: en el tipo 1, el individuo canibal es de menor tamaño y se presenta una ingesta incompleta; en el tipo 2, el individuo canibal ingiere

completamente al individuo presa; y en el tipo 3, varios individuos caníbales desmiembran la presa y la consumen (Baras y Jobling, 2002; Baras, 2013) (figura 1).

Figura 1
Esquema de los tipos de canibalismo en peces



En peces existen siete tipos de canibalismo basados en la relación caníbal-presa, agrupados en tres criterios: estado de desarrollo de la presa, relación genética de la presa y el caníbal, y relación por edad de la presa y el caníbal (Smith y Reay, 1991) (cuadro 1).

El canibalismo filial ocurre en gran número de especies, principalmente en peces en donde el cuidado de las crías involucra a los machos; tal es el caso del gobio común (*Pomatoschistus microps*), cuyo cuidado de las crías es una actividad extensiva por parte de los progenitores y el canibalismo filial es frecuente debido a que los machos compiten arduamente contra su competencia por sitios de nido y por atraer a las hembras. Los peces más agresivos presentan mayor canibalismo que los menos agresivos (Vallon *et al.*, 2016), lo que incluye al comportamiento de los animales como otra de las causas. El canibalismo en machos puede tener dos tipos de comportamiento; por ejemplo, en el sapo cabezón (*Porichthys notatus*), los machos tipo I son los guardianes, de mayor tamaño y pelean por territorio, construyen nidos, cortejan a las hembras y cuidan de su descendencia; mientras que los machos tipo II son parásitos, de menor tamaño, no construyen ni pelean por sitios de anidación, no cortejan a las hembras ni cuidan de su descendencia y tienen mayor comportamiento caníbal. Los dos tipos de machos pueden consumir su propia descendencia, pero proporcionalmente los machos tipo I

lo hacen menos que los machos tipo II, lo que sugiere que el canibalismo filial puede estar causado no sólo por la paternidad sino por otros factores que aún no están claros (Bose *et al.*, 2019).

Cuadro 1
Tipos de canibalismo determinado
en la relación caníbal-presa

Criterio	Término	Definición
Etapa de desarrollo de la presa	Canibalismo de huevos	Canibalismo de óvulos fecundados sin eclosionar
	Canibalismo de larvas, juveniles y adultos (canibalismo post-eclosión)	Canibalismo de las etapas posteriores a la eclosión
Relación genética de caníbal a presa	Canibalismo filial	Canibalismo por padres
	Canibalismo entre hermanos	Canibalismo completo entre hermanos
	Canibalismo no familiar	Canibalismo de individuos presuntamente no relacionados
Relación de edad entre caníbal y presa	Canibalismo intracohorte	Canibalismo de miembros de la misma cohorte de edad
	Canibalismo intercohorte	Canibalismo de miembros de una cohorte de edad diferente

Fuente: Smith y Reay, 1991.

Canibalismo y acuicultura

Algunas especies usadas en la acuicultura y maricultura que han reportado canibalismo son el bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*), el mero manchado (*Epinephelus coioides*) y el mero gigante (*E. lanceolatus*), el barramundi (*Lates calcarifer*), el robalo (*Centropomus undecimalis*), la perca del río (*Perca fluviatilis*) y el bagre africano (*Clarias gariepinus*), por mencionar algunas (Folkvord, 1992; Hseu, 2002; Hseu *et al.*, 2004; Qin *et al.*, 2004; Adams y Wolfe, 2006; Baras *et al.*, 2014; Król *et al.*, 2019) (véase cuadro 2).

Cuadro 2
Reportes recientes de canibalismo en larvas de peces
con potencial acuícola

Especie	Estadio	Tipo de canibalismo	Canibalismo (%)	Referencia
<i>Epinephelus lanceolatus</i>	Larvas (40 días post eclosión (DPE))	Intracohorte	20-30	Lv <i>et al.</i> , 2019.
<i>Cyprinodon diabolis</i>		Canibalismo de huevos		Burg <i>et al.</i> , 2019
<i>Lates calcarifer</i>	Larvas (16 DPE)	Intracohorte	15	Gora <i>et al.</i> , 2019
<i>Sander lucioperca</i>	Larvas (12 DPE; 2.8 ± 0.9 mg)	Intracohorte	16.4 ± 4.0	Ljubobratovi <i>et al.</i> , 2019
<i>Anabas testudineus</i>	Larvas (0.225 ± 0.02 g)	Intracohorte	6.33 ± 0.88	Dash <i>et al.</i> , 2019
<i>Perca fluviatilis</i>	Post larva (34 DPE)	Intracohorte	18	Król <i>et al.</i> , 2019
<i>Centropomus undecimalis</i>	Juveniles (36 DPE, 14.66 ± 0.67 mm)	Intracohorte	12	Hans <i>et al.</i> , 2019
<i>Thunnus thynnus</i>	Larvas	Intracohorte	Primer registro en organismos silvestres	Uriarte <i>et al.</i> , 2019
<i>Hoplias intermedius</i>	Juveniles (30 DPE, 0.84 ± 0.36 g 3.5 ± 0.2 cm)	Intracohorte	59.09 ± 11.73	Ramos <i>et al.</i> , 2018
<i>Fundulus grandis</i>	Juveniles (28 DPE, 51.6 ± 0.9 mg)	Relación de edad sin especificar	31.2 ± 5.9	Ofori-Mensah <i>et al.</i> , 2018
<i>Platax teira</i>	Larvas (8 DPE 4 mm)	Intracohorte	66.67 ± 5.44	Leu <i>et al.</i> , 2018
<i>Clarias gariepinus</i>	Larvas (4 DPE, 7.8 ± 0.5 mm, 2.8 ± 0.2 mg)	Intracohorte	8.8	Kawamura <i>et al.</i> , 2017
<i>Sebastes schlegelii</i>	Juveniles (20-60 mm)	Relación de edad sin especificar	$0.45 * \text{Canibalismo} = n / 10$ (n presas canibalizadas, 10 representa el número de canibales)	Xi <i>et al.</i> , 2017
<i>Rhamdia quelen</i>	Larvas (5 DPE)	Intercohorte	23.5	Morón-Alcain <i>et al.</i> , 2017
<i>Channa striatus</i>	Larvas (1.24 ± 0.01 mg; 6.4 ± 0.1 mm)	Intracohorte	16.32 ± 0.89	War y Altaff, 2014

Los factores reportados como posibles detonantes de canibalismo, descritos hasta el momento, son las altas densidades de cultivo, la variabilidad de tallas en la unidad de cultivo, alimento insuficiente, errores en la tasa de alimentación, raciones o alimento con bajo valor nutricional, intensidad luminosa y carencia de refugios (Qin y Fast, 1996). Asimismo, se ha registrado que el canibalismo puede reducir hasta 95% de la progenie en una semana, dependiendo de la especie (Qin, 2008); esto es un gran esfuerzo para conseguir la supervivencia del mayor número de organismos, que se traduce en poca rentabilidad y en el descarte de ciertas especies para fines de cultivo.

Acciones y estrategias para el control del canibalismo

Al utilizar los conocimientos que se tienen disponibles sobre el canibalismo en especies con potencial de cultivo, las investigaciones buscan estrategias para mitigar dicho comportamiento. Una de las ramas de la ciencia útiles para visualizar y caracterizar dicho comportamiento es la etología. Gran cantidad de trabajos sobre canibalismo se enfocan en la descripción del comportamiento mediante la etología, lo que ha permitido conocer las bases biológicas y las diferentes interacciones entre presa y canibal, la preferencia de tallas que tiene el organismo canibal por su presa, el tipo de ataque, el porcentaje de efectividad de dicho ataque, tiempo de seguimiento o persecución de la presa, además de la relación entre el gasto energético y la aplicación de la teoría del forrajeo óptimo (Rao, 2003; Baras *et al.*, 2014; Colchen *et al.*, 2019).

En el cultivo de organismos acuáticos es bien reconocido que la densidad es un factor importante para el desarrollo exitoso de dicha actividad, ya que permite a los organismos estar en un nivel óptimo (homeóstasis) para su crecimiento o reproducción. Esta información es de gran utilidad para el técnico acuícola, para tener mejor control sobre los organismos y su alimentación. En este sentido, la zootecnia ha aportado el conocimiento necesario para permitir el constante avance en los cultivos de peces y crustáceos, así como su manejo, lo que ha permitido la mitigación parcial del canibalismo.

Como ya se mencionó, el canibalismo intracohorte e intercohorta son los que más afectan al cultivo de peces y crustáceos; por ejemplo, en el caso del bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*), el canibalismo se presenta tanto en larvas como en juveniles y se ha observado que si la relación de talla supera 1:1.5 entre la presa y el canibal, se propicia mayor probabilidad de eventos caníbales en los organismos (Folkvord, 1997). Estos datos sugieren que, en un sistema de cultivo, la talla de los organismos debe ser homogénea como una medida precautoria. Otro ejemplo de que la diferencia de talla o los cultivos heterogéneos propician el canibalismo es el mero gigante (*Epinephelus lanceolatus*), donde una diferencia igual o superior a 30% en tamaño desencadena la aparición del canibalismo en las larvas (Hseu *et al.*, 2004). Algunas estrategias zootécnicas han permitido controlar el canibalismo en barramundi (*Lates calcarifer*), mediante la administración de un mayor número de raciones de alimento y cultivando los organismos a una menor densidad (Ribeiro *et al.*, 2015 a, b).

El tratar de solucionar dicho comportamiento incluye la administración de mitigantes en los alimentos, por lo que algunos trabajos señalan que el uso de triptófano —en concentraciones de 2, 4, y 6 ppm o de 2-3%— en la dieta disminuye significativamente el canibalismo, un 50% con relación al control (sin triptófano) en larvas de Pabda (*Ompok bimaculatus*) (Biswas *et al.*, 2018; Biswas *et al.*, 2019).

El triptófano es un aminoácido esencial precursor de 5-HT (5- hidroxitriptamina (serotonina)) (Leathwood, 1987), que al ser administrado en diversas proporciones reduce la agresividad en algunos peces como *Aequidens pulcher*, *Apteronotus leptorhynchus*, entre otros (Munro, 1986; Maler y Ellis, 1987). Por otra parte, se ha reportado que el uso del inhibidor de 5-HT (p-clorofenilalanina) aumenta la agresividad de manera significativa en *Cichlasoma meeki* (Adams *et al.*, 1996), lo que confirma la importancia entre la relación de 5-HT-triptófano y su conducta agresiva; además del triptófano, la utilización del ácido docosahexaenoico 22:6 n-3 (DHA) ha sido empleado como un posible mitigante del canibalismo en peces. Cabe mencionar que el DHA es un ácido graso poliinsaturado de cadena larga (n-3) y es considerado como un ácido graso esencial para el desarrollo óptimo de los peces (Watanabe, 1993). Se ha demostrado

que al adicionar ácidos grasos altamente insaturados (HUFA, por sus siglas en inglés), principalmente de ácido docosahexaenoico (DHA) en la dieta del mero (*Epinephelus coioides*), se disminuye notablemente el canibalismo debido al papel que juega el DHA en la regulación de 5-HT en el cerebro del organismo (Chang *et al.*, 2019).

En crustáceos, un efecto similar se observó en el langostino (*Macrobrachium rosenbergii*), al agregar 1% de triptófano y glicina a la dieta se suprimieron los valores de canibalismo sin que se afectara el crecimiento, debido a que ambos son aminoácidos esenciales que funcionan como precursores de 5-HT, por lo que reduce los niveles de agresividad (Suharyanto y Himawan, 2015). De igual manera, diferentes neurotransmisores como la dopamina, serotonina, octopamina o inhibidores como el fluoxetine (Prozac®) y tetralin (8-OH-DPAT) han sido estudiados en crustáceos por su relación con el canibalismo, ya que los organismos expuestos a estos compuestos presentaron diferentes efectos, como un aumento en la agresividad, postura dominante, sumisión y comportamiento de escape, por citar algunos (Romano *et al.*, 2016).

Para comprender más el canibalismo y plantear estrategias más eficientes para su control, estudios recientes abordan los genes relacionados a este comportamiento; se ha utilizado al pez cebra (*Danio rerio*) como organismo modelo, analizando un total de 40 genes relacionados con la agresividad, las regiones del cerebro con mayor expresión de genes (hipotálamo) y la diferencia que existe en los niveles de expresión de genes entre machos-hembras y dominantes-subordinados (Filby *et al.*, 2010). En este mismo organismo se demostró que el gen *fgfr1a* aumenta la agresión, audacia y la exploración en adultos, originado por la regulación de la histamina (Norton *et al.*, 2011). Así mismo, en un metaanálisis de genes tanto de pez cebra (*D. rerio*) como de ratón se pudieron identificar siete genes relacionados con la agresividad: *Fos*, *Dusp1*, *Hdac4*, *Ier2*, *Bdnf*, *Btg2*, y *Nr4a1* (Malki *et al.*, 2016).

No obstante, a pesar del esfuerzo por conocer los genes relacionados al canibalismo, hasta el momento no se ha identificado uno o algunos en específico. Todas las investigaciones se enfocan en las interacciones de varios genes con relación a comportamientos de agresividad, territorialidad, audacia y estrés; sin embargo,

se sigue acortando la brecha y se espera que pronto los estudios revelen resultados más específicos y alentadores al respecto.

Retos para el sector acuícola mexicano

Durante los últimos años, el sector acuícola en México ha reportado un crecimiento de 15%. En 2017, 56 000 personas desarrollaron esta actividad primaria, los cuales operaron en alrededor de 9 230 granjas y generaron, para ese mismo año, un promedio de 337 018 toneladas de producto (Cuéllar-Lugo *et al.*, 2018). En tal sentido, el desarrollo de la acuicultura y la maricultura en México hace atractivo la posibilidad de utilizar otras especies o de hacer más eficiente el cultivo de las ya empleadas. Aun cuando ambas posibilidades están limitadas por aspectos biológicos propios, como del avance en el conocimiento del manejo y de la zootecnia, siendo el canibalismo una de las principales condiciones a resolver.

En la actualidad, México cuenta con varios centros de investigación que estudian y reproducen organismos marinos y dulceacuícolas con enfoques comerciales; dichas investigaciones recaen principalmente en la producción de larvas o juveniles para su posterior engorde, como son: Lutjanidae (*Lutjanus guttatus*, *L. peru*, *L. argentiventris*, *L. aratus*, *L. colorado*), Serranidae (*Paralabrax maculatofasciatus*, *P. nebulifer*, *Epinephelus labriformis*, *Mycteroperca rosacea*), Sciaenidae (*Cynoscion othonopterus*, *C. nebulosa*, *Totoaba macdonaldi*), Carangidae (*Seriola rivoliana*, *S. lalandi*), Centropomidae (*Centropomus viridis*, *C. nigrescens*), Paralichthyidae (*Paralichthys californicus*) y Tetraodontidae (*Sphoeroides annulatus*) (Peña-Marín *et al.*, 2018). Particularmente, en el golfo de México el desarrollo del pejelagato (*Atractosteus tropicus*) (Frias-Quintana *et al.*, 2010), el pulpo (*Octopus maya*) (Rosas *et al.*, 2014) y el mero (*Epinephelus morio*) (Castillo *et al.*, 2017) son especies con relevantes avances en su forma de cultivo, reproducción y alimentación.

En los últimos años, el desarrollo de cultivo de peces marinos muestra un crecimiento notable y una de las especies que destaca dentro del territorio mexicano es la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), dirigida a preservar y mitigar los daños ecológicos de su pesca indiscriminada; se ha observado en juveniles de totoaba que la administración de triptófano en la dieta es efectiva para

regular el estrés de los organismos cultivados en altas densidades (Cabanillas-Gámez *et al.*, 2020), lo que abre una oportunidad para el desarrollo intensivo; sin embargo, aún hay camino por recorrer debido al canibalismo presentado en la fase larval (Mata-Sotres *et al.*, 2015), ya que afecta el porcentaje de supervivencia y limita el número de organismos que pueden llegar a estadios superiores.

Una de las pesquerías con mayor importancia tanto en el océano Pacífico como en el golfo de México (Yucatán y Quintana Roo) es el cultivo o captura de langosta (*Panulirus interruptus*, *P. argus*, *P. inflatus*, *P. gracilis*), organismos con registros de canibalismo (Briones-Fourzán *et al.*, 2008; Ley-Cooper *et al.*, 2013). La especie *P. argus* es de gran importancia en la costa del Caribe mexicano y se posiciona entre las cinco especies de langosta con mayor comercio a nivel mundial (Wahle *et al.*, 2020), razón por la cual es importante la búsqueda de estrategias de mitigación más específicas contra el canibalismo en estos organismos.

En general, los decápodos (camarones, cangrejos y langostas) utilizados en la acuicultura presentan canibalismo, y los factores que influyen son similares a los que se presentan los peces: densidad de cultivo, fotoperiodo, nutrición, tasas de alimentación, disponibilidad de refugios e intensidad lumínica, entre otras (Romano *et al.*, 2016).

El canibalismo también se observa en especies del golfo de México, como el pulpo *Octopus maya*. Reportes relacionados a esta conducta indican que el pulpo puede disminuir su supervivencia hasta un 10%, lo cual es directamente atribuido a los daños que se producen entre los organismos al mostrar canibalismo. Como una solución zootécnica para controlar esta conducta, se recomienda aumentar el número de raciones de alimento y tener como mínimo dos raciones por día (Domingues *et al.*, 2011; Rosas *et al.*, 2014). Otra estrategia comprobada para reducir dicho comportamiento y estrés es la implementación de refugios en los tanques de producción; en este sentido, se han utilizado conchas de caracol (*Melongenacorona*) a una densidad de tres refugios por organismo, una adecuación simple que puede reducir el canibalismo hasta llevarlo a un 5% (Moguel *et al.*, 2010; Rosas *et al.*, 2014).

El pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) es otra especie de importancia económica en el sureste de México que presenta canibalismo. Se ha reportado que esta conducta se manifiesta en etapa larval (10 días post eclosión) y se prolonga hasta la etapa juvenil, ya sea en ambientes naturales o de cautiverio (Márquez, 2000; Aguilera *et al.*, 2012). Frias-Quintana *et al.* (2017) reportan canibalismo en condiciones de laboratorio. Al intentar resolver este problema, se estudió el efecto de una coalimentación con una dieta comercial y *Artemia* durante la etapa larval; sin embargo, se registraron comportamientos caníbales desde los primeros días de eclosión con ingesta completa (a los 11 días post-eclosión) e incompleta (al día 21 post-eclosión), lo que disminuyó la supervivencia (Palma-Cancino *et al.*, 2019). También se ha observado que los caníbales, al realizar una ingesta completa, tienen alta probabilidad de morir por los daños ocasionados al intentar consumir a una presa de tamaño superior a lo que son capaces de tragar, y cuando logran consumir completamente una presa acorde a su tamaño, su crecimiento es favorable. No obstante, aún quedan muchos aspectos por reportar.

Finalmente, se recomienda que se preste mayor atención a esta problemática y se analicen estrategias para el desarrollo de estudios enfocados a entender y mitigar el canibalismo; así, la acuicultura y maricultura optimizarán su producción, en especial en las primeras etapas de crecimiento, lo cual limita su rentabilidad de varias especies con importancia económica y valor nutricional.

Conclusiones

Los avances en diversas áreas de la acuicultura y maricultura hacen evidente que el canibalismo es de las problemáticas más importantes a resolver, debido al interés del sector en diversificar el cultivo y satisfacer la demanda de la población. Los ejemplos que aquí se abordaron tienen la finalidad de concientizar sobre la problemática derivada del canibalismo e influir en la posibilidad de realizar futuras investigaciones, partiendo de estudios etológicos que sientan las bases biológicas para conocer el comportamiento de cada especie. Así mismo, el desarrollo de la zootecnia y los conocimientos sobre los factores bióticos y abióticos relacionados con dichas es-

pecies, pueden conducir a la mitigación del canibalismo de forma rápida y económica. La aplicación de posibles mitigantes, el conocimiento de sus efectos sobre los parámetros de crecimiento en los cultivos y el estudio de los genes relacionados con la agresividad, territorialidad y canibalismo, son también otras áreas por explorar. Seguir con este tipo de estudios permitirá que la rentabilidad de la acuicultura y maricultura aumente, progrese y permita el cultivo de mayor número de especies (algunas nativas), para catapultar esta actividad a escala industrial y a nivel nacional y global.

Literatura citada

- Adams, C.F.; Liley, N.R. y Gorzalka, B.B. (1996). PCPA Increases aggression in male firemouth. *Pharmacology*, 53(5): 328-330. doi:10.1159/000139446
- Adams, A.J. y Wolfe R.K. (2006). Cannibalism of juveniles by adult common snook (*Centropomus undecimalis*). *Gulf of Mexico Science*, 24(1): 11-13. doi: 10.18785/goms.2401.03
- Aguilera, C.; Mendoza, R.; Iracheta, I. y Márquez, G. (2012). Digestive enzymatic activity on tropical gar (*Atractosteus tropicus*) larvae fed different diets. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(3): 679-691. doi: 10.1007/s10695-011-9550-8
- Baras, E. y Jobling, M. (2002). Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. *Aquaculture Research*, 33(7): 461-479. doi: 10.1046/j.1365-2109.2002.00732.x
- Baras, E. (2013). Cannibalism in fish larvae: What have we learned? En: J.G. Qin (Ed.), *Larval Fish Aquaculture* (pp. 167-199). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Baras, E.; Dugué R. y Legendre M. (2014). Do cannibalistic fish forage optimally? An experimental study of prey size preference, bioenergetics of cannibalism and their ontogenetic variations in the African catfish *Heterobranchus longifilis*. *Aquatic Living Resources*, 27(2): 51-62. doi: 10.1051/alr/2014006
- Biswas, P.; Rawat, P.K.; Patel, A.B. y Jena, A. (2018). Dietary supplementation of L-tryptophan: Effect on growth and survival of Pabda, *Ompok bimaculatus* (Bloch) Fry. *Journal of Applied Aquaculture*, 31(4): 322-336. doi: 10.1080/10454438.2018.1545721
- Biswas, P.; Rawat, P.; Jena, A.K., Patel, A.B. y Pandey, P.K. (2019). Effect of L-tryptophan on growth and survival of Pabda fry, *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794). *Fishery Technology*, 56(1): 29-33.

- Bleakley, B. (2018). Cannibalism in crustaceans. En: G. Wellborn and M. Thiel (Eds.), *Life Histories: Natural History of the Crustacea*. New York: Oxford University Press.
- Bose, A.P.H.; Lau, M.J.; Cogliati, K.M.; Neff, B. y Balshine, S. (2019). Cannibalism of young is related to low paternity and nest take-overs in an intertidal fish. *Animal Behaviour*, 153: 41-48. doi: 10.1016/j.anbehav.2019.04.018
- Briones-Fourzan, P. y Lozano-Álvarez, E. (2008). The spiny lobster fisheries in Mexico. En: B. Phillips y J. Kittaka (Eds.), *Spiny Lobsters*. 2 ed. Hoboken, NJ: United States of America, Wiley.
- Burg, G.C.; Johnson, J.; Spataro, S.; O'Keefe, A.; Urbina, N.; Puente-dura, G.; Heuton, M.; Harris, S.; Hillyard, S.D. y van Breukelen, F. (2019). Care and propagation of captive pupfish from the genus *Cyprinodon*: Insight into conservation. *Environmental Biology of Fishes*, 102(8): 1015-1024. doi: 10.1007/s10641-019-00887-2
- Cabanillas-Gámez, M.; Bardullas, U.; Galaviz, M.A.; Rodríguez, S.; Rodríguez, V.M. y López L.M. (2020). Tryptophan supplementation helps totoaba (*Totoaba macdonaldi*) juveniles to regain homeostasis in high-density culture conditions. *Fish Physiology Biochemistry*, 46(2): 597-611. doi: 10.1007/s10695-019-00734-2
- Castillo, A.; Álvarez, A.; Cuzon, G.; Suárez, J. y Gaxiola, G. (2017). Glycemic response after glucose oral administration of wild juvenile red grouper *Epinephelus morio* fed two different diets. *Fish Physiology and Biochemistry*, 44(1): 219-226. doi: 10.1007/s10695-017-0426-4
- Chang, Y.; Lin, Y.; Hsieh, C. y Chen, Y. (2019). Aurantiochytrium dietary supplements reduce intra-cohort cannibalism among orange-spotted groupers (*Epinephelus coioides*) by modulating brain 5-HT and serum cortisol. *Aquaculture*, 502: 202-211. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.12.042
- Colchen, T.; Fontaine, P.; Ledoré, Y.; Teletchea, F. y Pasquet, A. (2019). Intra-cohort cannibalism in early life stages of pikeperch. *Aquaculture Research*, 50(3): 915-924. doi: 10.1111/are.13966
- Conceicao, L. y Tandler, A. (2018). *Success factors for fish larval production*. UK: Wiley-Blackwell.
- Cuéllar-Lugo, M.B.; Asiain-Hoyos, A.; Juárez-Sánchez, J.P.; Reta-Mendiola, J.L. y Gallardo-López, F. (2018). Evolución normativa e institucional de la acuicultura en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4): 541-564.
- Dash, L.; Kumar, R.; Mohanta, K.N.; Mohanty, U.L.; Pillai, B.R. y Sundaray, J.K. (2019). Effect of feeding frequency on growth, feed utilisation and cannibalism in climbing perch *Anabas testudineus*

- (Bloch 1792) fry. *Indian Journal of Fisheries*, 66(1): 106-111. doi: 10.21077/ijf.2019.66.1.82268-14
- Domingues, P.; López, N. y Rosas, C. (2011). Preliminary trials on the use of large outdoor tanks for the on growing of *Octopus maya* juveniles. *Aquaculture Research*, 43(1): 26-31. doi: 10.1111/j.1365-2109.2011.02797.x
- Dong, Q. y Polis G.A. (1992). The dynamics of cannibalistic populations: a foraging perspective. En: M.A. Elgar y B.J. Crespi (Eds.), *Cannibalism: Ecology and evolution among diverse Taxa* (pp. 13-37). Oxford: Oxford Science Publications.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019). FAO Yearbook. Fishery and aquaculture statistics 2017/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2017/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2017. Rome/Roma.
- Filby, A.L.; Paull, G.C.; Hickmore, T.F.A. y Tyler, C.R. (2010). Unravelling the neurophysiological basis of aggression in a fish model. *BMC Genomics*, 11(1): 498. doi: 10.1186/1471-2164-11-498
- Frías-Quintana, C.A.; Álvarez-González, C.A. y Márquez-Coutier, G. (2010). Design of microdiets for the larviculture of tropical gar *Atractosteus tropicus*, Gill 1863. *Universidad y Ciencia*, 26(2): 265-282.
- Frías-Quintana, C.; Álvarez-González, C.A.; Tovar-Ramírez, D.; Martínez-García, R.; Camarillo-Coop, S.; Peña, E. y Galaviz, M. (2017). Use of potato starch in diets of tropical gar (*Atractosteus tropicus*, Gill 1863) larvae. *Fishes*, 2(1): 3. doi: 10.3390/fishes2010003
- Folkvord, A. (1992). Ontogeny of cannibalism in larval and juvenile fishes with special emphasis on Atlantic cod. En: R.C. Chambers and E.A. Trippel (Eds.), *Early Life History and Recruitment in Fish Populations*. Fish and Fisheries Series, vol. 21. Springer, Dordrecht: Chapman & Hall.
- Folkvord, A. (1997). Ontogeny of cannibalism in larval and juvenile fishes with special emphasis on Atlantic cod. En: R.C. Chambers y E.A. Trippel (Eds.), *Early life history and recruitment in fish populations*. Fish and Fisheries Series, Vol. 21. Springer, Dordrecht: Chapman & Hall.
- Gora, A.H.; Ambasankar, K.; Sandeep, K.P.; Rehman, S.; Agarwal, D.; Ahmad, I. y Ramachandran, K. (2019). Effect of dietary supplementation of crude microalgal extracts on growth performance, survival and disease resistance of *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) larvae. *Indian Journal of Fisheries*, 66(1): 64-72. doi: 10.21077/ijf.2019.66.1.79076-09

- Hans, R.; Schloesser, R.; Brennan, N.; Ribeiro, F. y Main, K.L. (2019). Effects of stocking density on cannibalism in juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. *Aquaculture Research*, 51(2): 844-847. doi: 10.1111/are.14353
- Hseu, J. (2002). Effects of size difference and stocking density on cannibalism rate of juvenile grouper *Epinephelus coioides*. *Fisheries Science*, 68(6): 1384-1386. doi: 10.1046/j.1444-2906.2002.00578.x
- Hseu, J.R.; Hwang P.P. y Ting Y.Y. (2004). Morphometric model and laboratory analysis of intracohort cannibalism in giant grouper *Epinephelus lanceolatus* fry. *Fisheries Science*, 70(3): 482-486. doi: 10.1111/j.1444-2906.2004.00829.x
- Ironsides, J.E.; Dalgleish, S.T.; Kelly, S.J. y Payne, W. (2019). Sex or food? Effects of starvation, size and diet on sexual cannibalism in the amphipod crustacean *Gammarus zaddachi*. *Aquatic Ecology*, 53(1): 1-7. doi: 10.1007/s10452-018-9668-1
- Johnson, J.C.; Halpin, R. y Stevens II, D.R. (2016). Extreme developmental synchrony reduces sibling cannibalism in the black widow spider, *Latrodectus Hesperus*. *Animal Behaviour*, 120: 61-66. doi: 10.1016/j.anbehav.2016.07.017
- Kawamura, G.; Bagarinao, T.; Yong, A.S.K.; Sao, P.W.; Lim, L.S. y Senoo, S. (2017). Optimum low salinity to reduce cannibalism and improve survival of the larvae of freshwater African catfish *Clarias gariepinus*. *Fisheries Science*, 83(4): 597-605. doi: 10.1007/s12562-017-1088-y
- Król, J., Długoński, A., Błażejowski, M. y Hliwa, P. (2019). Effect of size sorting on growth, cannibalism, and survival in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. post-larvae. *Aquaculture International*, 27(4): 945-955. doi: 10.1007/s10499-018-00337-3
- Król, J.; Hliwa, P.; Woźniak, M.; Stabińska-Ułas, A.; Krejszeff, S.; Stabiński, R. y Czesny, S.J. (2021). Effect of various commercial diets on rearing performance, body chemical and fatty acid composition, liver histology and vertebral column anomalies in Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) post-larvae. *Aquaculture Reports*, 20: 100690. doi: 10.1016/j.aqrep.2021.100690
- Kohlmeier, C. y Ebenhoh W. (1995). The stabilizing role of cannibalism in a predator-prey system. *Bulletin of Mathematical Biology*, 57(3): 401-411.
- Leathwood, P.D. (1987). Tryptophan availability and serotonin synthesis. *Proceedings of the Nutrition Society*, 46(1): 143-156. doi: 10.1079/pns19870018
- Ley-Cooper, K.; De Lestang, S.; Phillips, B.F. y Lozano-Álvarez, E. (2013). Estimates of exploitation rates of the spiny lobster fishery for *Pa-*

- nulirus argus* from tagging within the Bahía Espíritu Santo 'Sian Ka'an' Biosphere Reserve, Mexican Caribbean. *Marine Biology Research*, 9(1): 88-96. doi: 10.1080/17451000.2012.727434
- Ljubobratovi, U.; Raškovi, B.; Balogh, E.; Lengyel, S.; Kovács, G.; Janurik, E.; Poleksic, V. y Rónyai, A. (2019). Gill histopathological indicators in pikeperch *Sander lucioperca* larvae reared in a flow-through system: Effect of clay-turbid water. *Aquaculture International*, 27(4): 1079-1091. doi: 10.1007/s10499-019-00393-3
- Leu, M.-Y.; Tai, K.-Y.; Meng, P.-J.; Tang, C.-H.; Wang, P.-H. y Tew, K.S. (2018). Embryonic, larval and juvenile development of the longfin batfish, *Platax teira* (Forsskal, 1775) under controlled conditions with special regard to mitigate cannibalism for larviculture. *Aquaculture*, 493: 204-213. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.05.006
- Lv, X.; Wang, Y.; Xiao, Z.; Liu, Q.; Xu, S.; Zhai, J. y Li, J. (2019). Skeletal ontogeny and deformity during the early fry culture process for *Epinephelus lanceolatus*. *Aquaculture*, 508: 113-126. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.04.059
- Maler, L. y Ellis, W.G. (1987). Inter-male aggressive signals in weakly electric fish are modulated by monoamines. *Behavioural Brain Research*, 25 (1): 75-81.
- Malki, K.; Rietz, E.D.; Crusio, W.E.; Pain, O.; Paya-Cano, J.; Karadaghi, R.L. y Tosto, M.G. (2016). Transcriptome analysis of genes and gene networks involved in aggressive behavior in mouse and zebrafish. *American Journal of Medical Genetics Part B*, 171 (6), 827-838. doi: 10.1002/ajmg.b.32451
- Márquez, C.G. (2000). Biología y tecnología para el cultivo del pejelagarto *Atractosteus tropicus* en el sureste de México. En: P. Álvarez, M. Guzmán, S. Contreras y A. Silva (Eds.), *Redes nacionales de investigación en acuicultura* (pp. 265-267). Memorias de la IV Reunión. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). México: Instituto Nacional de la Pesca.
- Mata-Sotres, J.A.; Lazo, J.P. y Baron-Sevilla, B. (2015). Effect of age on weaning success in totoaba (*Totoaba macdonaldi*) larval culture. *Aquaculture*, 437: 292-296. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.11.037
- Moguel, C.; Mascaró, M.; Avila-Poveda, O.H.; Caamal-Monsreal, C.; Sanchez, A.; Pascual, C. y Rosas, C. (2010). Morphological, physiological and behavioral changes during post-hatching development of *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda) with special focus on the digestive system. *Aquatic Biology*, 9(1): 35-48. doi: 10.3354/ab00234
- Morón-Alcain, E.; Mendia, A.C.; Muñoz, L.H.; Boaglio, A.C.; Cerutti, P.A.; Hernández, D.R.; López P.A. y Vigliano, F.A. (2017). Effects of

- heat and cold shock-induced triploidy on productive parameters of silver catfish (*Rhamdia quelen*) late-hatched in the reproductive season. *Aquaculture*, 473: 303-309. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.02.029
- Munro, A.D. (1986). Effects of melatonin, serotonin, and naloxone on aggression in isolated cichlid fish (*Aequidens pulcher*). *Journal of Pineal Research*, 3(3): 257-262. doi: 10.1111/j.1600-079x.1986.tb00748.x
- Naumowicz, K.; Pajdak, J.; Terech-Majewska, E. y Szarek, J. (2017). In-tracohort cannibalism and methods for its mitigation in cultured freshwater fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 27(1): 193-208. doi: 10.1007/s11160-017-9465-2
- Nishimura, K. (2018). An interaction-driven cannibalistic reaction norm. *Ecology and Evolution*, 8(4): 2305-2319. doi: 10.1002/ece3.3801
- Nishimura, K. y Hoshino N. (1999). Evolution of cannibalism in the larval stage of pelagic fish. *Evolutionary Ecology*, 13: 191-209.
- Norton, W.H.J.; Stumpenhorst, K.; Fauskessler, T.; Folchert, A.; Rohner, N.; Harris, M.P. y Bally-Cuif, L. (2011). Modulation of Fgfr1a signaling in zebrafish reveals a genetic basis for the aggression boldness syndrome. *The Journal of Neuroscience*, 31(39): 13796-13807. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2892-11.2011
- Ofori-Mensah, S.; Nunoo, F.K.E. y Atsu, D.K. (2018). Effects of stocking density on growth and survival of young Gulf killifish in recirculating aquaculture systems. *Journal of Applied Aquaculture*, 30(4): 297-311. doi: 10.1080/10454438.2018.1468295
- Palma-Cancino, D.J.; Martínez-García, R.; Álvarez-González, C.A.; Camarillo-Coop, S. y Peña-Marín, E.S. (2019). Evaluation of feeding strategies in tropical gar (*Atractosteus tropicus* Gill) larvae: Growth, survival and cannibalism. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17): 273-281. doi: 10.19136/era.a6n17.2092
- Peña-Marín, E.S.; Ibarra-Castro, L.; Martínez-Brown, J.M.; Tovar-Ramírez, D.; Asencio-Alcudia, G.G.; Pérez-Morales, A. y Álvarez-González, C.A. (2018). Cultivo de larvas de peces en el Pacífico mexicano: Problemáticas y perspectivas. En: A. Pérez-Morales y M.C. Álvarez-García (Eds.), *Estudios recientes en el océano Pacífico Mexicano* (pp.189-210). México: Universidad de Colima.
- Pereira, L.S.; Agostinho, A.A. y Winemiller, K.O. (2017). Revisiting cannibalism in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 27(3): 499-513. doi: 10.1007/s11160-017-9469-y
- Pfennig, D.W. (1997). Kinship and cannibalism. *Bioscience*, 47(10): 667-675.

- Ramos, S.E.; de Carvalho, A.F.S.; Castro, T.F.D.; Vasconcelos, A.C.N.; Veras, G.C.; Mourão Júnior, C.A. y Murgas, L.D.S. (2018). Cannibalism, growth performance, and body composition of giant trahira juveniles under different photoperiods. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53(6): 664-672. doi: 10.1590/s0100-204x2018000600002
- Rao, T.R. (2003). Ecological and ethological perspectives in larval fish feeding. *Journal of Applied Aquaculture*, 13(1-2): 145-178. doi: 10.1300/J028v13n01_06
- Romano, N. y Zeng, C. (2016). Cannibalism of decapod crustaceans and implications for their aquaculture: A review of its prevalence, influencing factors, and mitigating methods. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 25(1): 42-69. doi: 10.1080/23308249.2016.1221379
- Rosas, C.; Gallardo P.; Mascaró, M.; Caamal-Monsreal, C. y Pascual, C. (2014). Octopus maya. En: J. Iglesias, L. Fuentes y R. Villanueva (Eds.), *Cephalopod Culture*. Dordrecht: Springer.
- Rosas, L.R.; Badillo, M.L.J.; Montoliu, E.L. y Morillo Velarde, P.S. (2019). Food and feeding habits of *Octopus insularis* in the Veracruz Reef System National Park and confirmation of its presence in the southwest Gulf of Mexico. *Marine Ecology*, 40: e12535. doi: 10.1111/maec.12535
- Ribeiro, F.F. y Qin, J.G. (2015a). Prey size selection and cannibalistic behaviour of juvenile barramundi *Lates calcarifer*. *Journal of Fish Biology*, 86(5): 1549-1566. doi: 10.1111/jfb.12658
- Ribeiro, F.F.; Forshyte, S. y Qin, J.G. (2015b). Dynamics of intracohort cannibalism and size heterogeneity in juvenile barramundi (*Lates calcarifer*) at different stocking densities and feeding frequencies. *Aquaculture*, 444: 55-61. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.03.029
- Qin, J.G. y Fast, A.W. (1996). Size and feed dependent cannibalism with juvenile snakehead *Channa striatus*. *Aquaculture*, 144(4): 313-320. doi: 10.1016/0044-8486(96)01299-9
- Qin, J.G.; Mittiga, L. y Ottolenghi, F. (2004). Cannibalism reduction in juvenile Barramundi *Lates calcarifer* by providing refuges and low light. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35(1): 113-118. doi: 10.1111/j.1749-7345.2004.tb01067.x
- Qin, J.G. (2008). Larval fish nutrition and rearing technologies: State of the art and future. En: S.H. Schwartz (Ed.), *Aquaculture Research Trends*. New York, USA: Nova Science Publishers.
- Smith, C. y Reay, P. (1991). Cannibalism in teleost fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1: 41-64.
- Suharyanto, Y. y Himawan, Y. (2015). Applications tryptophan and glycine in feed and its effect on the level of post larva cannibalism

- and survival rate of giant prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, 3(2): 28-33. doi: 10.15406/jamb.2015.03.00060
- Uriarte, A.; Johnstone, C.; Laiz-Carrión, R.; García, A.; Llopiz, J.K.; Shiroza, A.; Quintanilla, J.M.; Lozano-Peral, D.; Reglero, P. y Alemany, F. (2019). Evidence of density-dependent cannibalism in the diet of wild Atlantic bluefin tuna larvae (*Thunnus thynnus*) of the Balearic Sea (NW-Mediterranean). *Fisheries Research*, 212: 63-71. doi: 10.1016/j.fishres.2018.12.013
- van Neer, A.; Gross, S.; Kesselring, T.; Wohlsein, P.; Leitzen, E. y Siebert, U. (2019). Behavioural and pathological insights into a case of active cannibalism by a grey seal (*Halichoerus grypus*) on Helgoland, Germany. *Journal of Sea Research*, 148(149): 12-16. doi: 10.1016/j.seares.2019.03.004
- Vallon, M.; Grom, C.; Kalb, N.; Sprenger, D.; Anthes, N.; Lindström, K. y Heubel, K.U. (2016). You eat what you are: personality-dependent filial cannibalism in a fish with paternal care. *Ecology and Evolution*, 6(5): 1340-1352. doi: 10.1002/ece3.1966
- Wahle, R.A.; Linnane, A.J. y Harrington, A.M. (2020). Lobseter fisheries. En: G. Lovrich y M. Thiel (Eds.), *Fisheries and Aquaculture*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- War, M. y Altaff, K. (2014). Preliminary studies on the effect of prey length on growth, survival and cannibalism of larval Snakehead, *Channa striatus* (Bloch, 1793). *Pakistan Journal of Zoology*, 46(1): 9-15.
- Watanabe, T. (1993). Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24(2): 152-161. doi: 10.1111/j.1749-7345.1993.tb00004.x
- Xi, D.; Zhang, X.; Lü, H. y Zhang, Z. (2017). Cannibalism in juvenile black rockfish, *Sebastes schlegelii* (Hilgendorf, 1880), reared under controlled conditions. *Aquaculture*, 479: 682-689. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.07.007
- Yu, Z.-L.; Wang, H.; Song, H.; Bai, Y.-C.; Sun, J.-C.; Qian, Y.-S.; Hu, N.; Yang, M.-J y Zhang, T. (2018). Cannibalism by the juveniles of the gastropod *Rapana venosa* (Muricidae) reared under laboratory conditions. *Journal of Molluscan Studies*, 84(3): 303-309. doi: 10.1093/mollus/eyy026

Composición de la dieta del barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Perciformes: Scombridae) de la costa central del Pacífico mexicano

Diego García-Ulloa Gámiz
Manuel II García-Ulloa Gámiz
Bernabé Aguilar-Palomino
Armando Banda-Dávila
Manuel García-Ulloa

Resumen

La costa central del Pacífico mexicano es un sitio de importancia pesquera, genera gran diversidad de investigaciones en especies de relevancia comercial pero escasa para aquellas que componen la cadena trófica. En este trabajo se determinaron los hábitos alimenticios del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) mediante el análisis del contenido estomacal de 50 organismos capturados por la flota de pesca deportiva de Barra de Navidad, Jalisco, de agosto a noviembre de 2017. Los peces presentaron longitud y peso total promedio de 50.43 ± 2.65 cm y $1\,640 \pm 300$ g, respectivamente. Se identificaron en total tres presas hasta el mayor taxón posible y se evaluó la composición de su dieta mediante el índice de importancia relativa (IIR), siendo el arenque de aleta amarilla (*Pliosteostoma lutipinnis*) el más abundante (IIR=72%), seguido de eufáusidos (IIR=27%) y cirrípedos (IIR=1%). Los resultados sugieren que en la zona de estudio el barrilete negro es mayormente piscívoro y especialista. Este es el primer registro de cirrípedos como componente de su dieta.

Palabras clave

Escómbridos, contenido estomacal, índice de importancia relativa, arenque de aleta amarilla, costa de Jalisco.

Diet Composition of the *Euthynnus lineatus* (Perciformes: Scombridae) Black Skipjack of the Central Coast of the Mexican Pacific

Abstract

The central coast of the Mexican Pacific is an important fishing site for Mexico which generates a great diversity of research in species of commercial relevance but scarce for those that makes up the food chain. In this work, the feeding habits of the (*Euthynnus lineatus*) black skipjack in the central coast of the Mexican Pacific were determined through the analysis of the stomach content of 50 organisms captured by the Barra de Navidad, Jalisco, sport fishing fleet, from August to November of 2017. The average length and weight of fish were 50.43 ± 2.65 cm and $1\,640 \pm 300$ g, respectively. A total of three preys were identified, up to the largest possible taxon and the composition of their diet was evaluated using the relative importance index (IIR), with (*Pliosteostoma lutipinnis*) yellow fin herring being the most abundant prey (IIR=72%), followed by euphorids (IIR=27%) and cirripeds (IIR=1%). The results suggest that the black skipjack of the central coast of the Mexican Pacific is mostly piscivorous and specialist. This is the first register of cirripeds as a component of their diet.

Keywords

Scombrids, stomach content, relative importance index, yellowfin herring, Jalisco coast.

Introducción

El barrilete negro (*Euthynnus lineatus*, Kishinouye, 1920) pertenece a la familia Scombridae, es un túnido que habita en la zona nerítica y oceánica, a lo largo del Pacífico este tropical y subtropical, desde el sur de California hasta el norte de Perú, incluyendo las islas oceánicas y, ocasionalmente, se ha reportado en las islas de Hawaii (Schaefer, 1987).

Euthynnus lineatus desempeña un papel trófico y ecológico importante, debido a que forma parte de la dieta de distintas especies de pelágicos mayores como el marlín azul (*Makaira nigricans*, Lacépède, 1802), marlín rayado (*Kajikia audax*, Philippi {Krumweide}, 1887) y pez vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw, 1792); al mismo tiempo, es un activo depredador de una vasta variedad de presas (Calkins y Klawe, 1963) que satisfacen su alto requerimiento energético. Su asociación a otros túnidos de importancia comercial como el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*, Bonnaterre, 1788) y el atún listado o albacora (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus, 1758) (Schaefer, 1987), lo convierte en un componente de la pesca incidental con poca relevancia en la industria alimentaria (Herpandi *et al.*, 2011); sin embargo, es un insumo común de importancia económica en algunos lugares de México, donde se incorpora para la fabricación de alimento infantil rico en proteínas y macronutrientes (Santiago y Cortés, 1999), así como fuente de proteína para la formulación de hamburguesas (Ramírez *et al.*, 2010), galletas (Delgado-Vidal *et al.*, 2013) y como la base de una pesquería artesanal en la franja costera entre Puerto Escondido y Puerto Ángel, Oaxaca (Ramos-Cruz, 2009).

Calkins y Clawe (1963) mencionan que la dieta de *E. lineatus*, tanto en estado larvario como adulto, consta principalmente de peces, cefalópodos y otros moluscos. Estudios previos con varias especies de estos túnidos indican que su dieta varía de acuerdo a la zona de captura (Lelono y Bintoro, 2018); por ejemplo, Sánchez *et al.* (1999) reportaron que, en la época de verano, en el golfo de California las larvas de *E. lineatus* se alimentaron principalmente del tunicado *Oikopleura dioica* (Fol, 1872) y copépodos en fase nauplio (*Paracalanus* sp. y *Acartia* sp.), y en menor cantidad, de larvas de peces (Myctophidae, Clupeidae, entre otros) y otros microcrustáceos. Ruiz-Pérez *et al.* (2016) analizaron el contenido estomacal de *E. lineatus* en la costa de Oaxaca e identificaron 27 materiales orgánicos: 21 pertenecieron a la clase Malacostraca, tres a Actinopterygii, dos a Cephalopoda y uno a Gasterópoda; específicamente, su dieta estuvo compuesta en mayor medida por la sardina gallera (*Opistonema medirastre*) (Berry y Barret, 1963) y el camarón mantis (*Meiosquilla dawsoni*) (Manning, 1970). Alejo-Plata *et al.* (2014)

realizaron un estudio acerca de la biodiversidad de cefalópodos en el golfo de Tehuantepec, determinada por el análisis del contenido estomacal de grandes pelágicos, y observaron que *E. lineatus* se alimenta de calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835), calamar volador *Ommastrephes bartarmii* (Lesueur, 1821) y argonauta *Argonauta argo* (Linnaeus, 1758).

En la costa sur de Jalisco existen diversas especies de peces que se capturan por la flota pesquera comercial y deportiva, siendo el barrilete negro (*E. lineatus*) una de las más abundantes; sin embargo, su captura es mayormente incidental (Esquivel-Hernández y Plascencia-Reyes, 1999) y es considerada como una especie *resto*, debido a su baja importancia económica y a pesar de ser consumida localmente y utilizada como carnada para distintos artes de pesca (García-Castiñeira, 2014). Aunque se han realizado numerosos estudios sobre la ictiofauna de esta región (Aguilar-Palomino *et al.*, 2001; Aguilar-Palomino, 2017), no existen investigaciones acerca de la composición de la dieta de *E. lineatus*, principalmente porque no es una especie con alta demandada comercial. No obstante, se esperaría que su dieta estuviera compuesta por peces, cefalópodos y moluscos, en mayor medida, como sugieren Calkins y Clawe (1963) para este túnido.

El objetivo de este estudio es analizar la preferencia alimenticia de *E. lineatus* en la costa Sur de Jalisco, mediante la identificación de los componentes de su contenido estomacal, comparando el número, frecuencia y volumen de los grupos taxonómicos encontrados.

Metodología

Recolección de peces

Los ejemplares (n = 50) se obtuvieron de la captura del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) por la flota de pesca deportiva local, utilizando señuelos artificiales (curricanes). La pesca se realizó frente a bahía de Navidad, desde la Manzanilla, Jalisco (19° 12' 46.02"N y 104° 49' 27.74"O) hasta la playa del Coco, Colima (19° 10' 7.16"N y 104° 40' 51.12"O), México (figura 1), durante los meses de agosto a noviembre de 2017.



Esta zona costera se caracteriza por presentar una línea accidentada de costa, un talud pronunciado y una plataforma continental estrecha (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998). Las corrientes dominantes en las costas mexicanas del Pacífico son los sistemas de Corriente de California y la Corriente Ecuatorial (Moreno-Hernández, 2016). Ambas corrientes ejercen influencia en el transporte de nutrientes y organismos mayores que componen la trama trófica, incluyendo larvas, juveniles y adultos de varias especies de pelágicos que convergen en la zona centro del Pacífico mexicano, donde se localiza el área de estudio.

Los organismos de cada desembarco fueron diseccionados para la obtención del estómago; después, cada uno de ellos se almacenó de forma individual en bolsas de plástico en refrigeración (4° C) para su posterior análisis.

Análisis cualitativo

La identificación de los componentes estomacales de *E. lineatus* se llevó a cabo considerando su morfología externa y esqueleto

axial o apendicular, usando las claves de Fischer *et al.* (1995) para organismos completos o con un grado mínimo de digestión; se consultaron las claves de Clothier (1950) para el conteo de vértebras y restos óseos; mientras que los crustáceos fueron identificados a través de sus exoesqueletos, utilizando también las claves de Fischer *et al.* (1995).

Análisis cuantitativo

Con el índice de importancia relativa (IIR) (Pinkas *et al.*, 1971) se analizó la cantidad de las presas, el cual, incorpora los valores volumétricos y números de especies presa (j), así como la frecuencia de aparición en el contenido estomacal del pez, expresado con la siguiente fórmula:

$$IIR_j = (\%V_j + \%N_j) \times \%F_j$$

Donde, $\%V_j$ = porcentaje del volumen de los organismos presa, $\%N_j$ = porcentaje del número de organismos presa y $\%F_j$ = porcentaje de ocurrencia de organismos presa.

Resultados

Los barriletes negros capturados presentaron una longitud y peso total de 50.43 ± 2.65 cm y $1\,640 \pm 300$ g, respectivamente. De los 50 estómagos analizados, 23 (46%) estuvieron vacíos. En el contenido estomacal de los barriletes capturados se identificó al arenque de aleta amarilla (*Pliosteostoma lutipinnis*, Jordan & Gilbert, 1882) (Cuplieformes: Pristigasteridae), un decápodo perteneciente al orden Euphausiacea y un cirrípedo de la familia Balanidae. El espectro trófico se muestra en la figura 2.

Se observó el mismo patrón porcentual utilizando los indicadores cuantitativos por separado, siendo el arenque de aleta amarilla la presa con mayor porcentaje volumétrico y numérico, mientras que el krill presentó el mayor porcentaje de frecuencia (figura 3).

Figura 2
Espectro trófico (%) del barrilete negro
(*E. lineatus*) en la costa centro del Pacífico mexicano

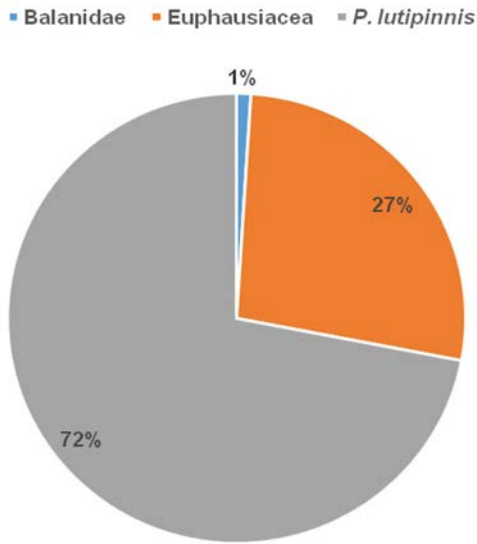
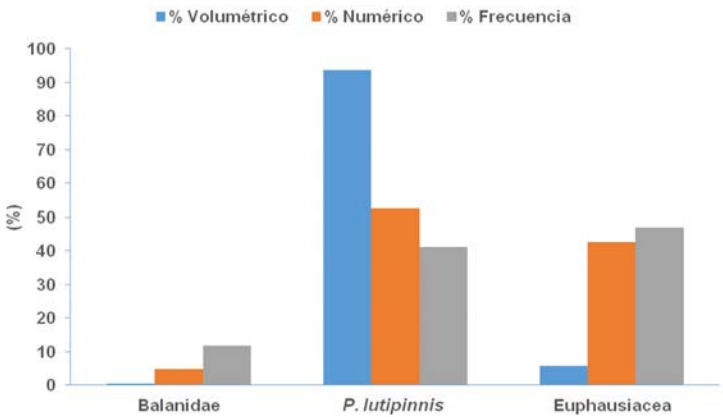


Figura 3
Porcentajes de frecuencia, numérico y volumétrico del
espectro trófico del barrilete negro (*E. lineatus*) en la costa
central del Pacífico mexicano



Discusión

El barrilete negro, como todos los túnidos, es un depredador epipelágico que consume gran variedad de presas, cuyas proporciones varían de acuerdo a su talla (Griffiths *et al.*, 2009). En nuestro trabajo se encontraron tres grupos de presas, mayormente peces, lo cual coincide con Chiou y Lee (2004) y Griffiths *et al.* (2009), quienes registraron 21 y 43 taxones presa, respectivamente, en estómagos de la macarela (*Euthynnus affinis*, Cantor, 1849), siendo peces la principal presa en ambos casos; sin embargo, la variedad de presas en nuestro estudio fue menor, quizás por la reducida diferencia en las tallas de los escómbridos capturados en Jalisco (50.43 ± 2.65 cm), comparado con lo reportado por Griffiths *et al.* (2009) para la macarela (28.4-80.9 cm), los autores sugieren que una amplia diversidad de taxones presa es característico de depredadores oportunistas.

En contraste, nuestros resultados indican que *Euthynnus lineatus* en la costa sur de Jalisco, puede ser considerado principalmente piscívoro y especialista en la selección de sus presas, debido a la baja diversidad de presas y a la presencia del arenque de aleta amarilla *P. lutipinnis* (Clupeidae) en su contenido estomacal, este último encontrado en mayor cantidad y volumen que el resto. Lo anterior, coincide con el estudio realizado por Ruiz-Pérez *et al.* (2016), quienes reportaron que la dieta de *E. lineatus* en las costas de Oaxaca estuvo compuesta principalmente por otro clupeido, la sardina (*Opistonema medirastre*). En este estudio, en la población de escómbridos capturados en Jalisco fueron los crustáceos los componentes estomacales encontrados en menor medida, como en el estudio de las costas de Oaxaca; sin embargo, las especies de decápodos entre ambos lugares difieren con base al hábitat donde viven, ya que mientras en Oaxaca se identificó al camarón mantis (*Meiosquilla dawsoni*), de hábito bentónico y estilo de vida solitario; el camarón conocido como krill (orden Euphasiacea) fue el grupo identificado en Jalisco, mayormente pelágico y gregario. También, Ruiz-Pérez *et al.* (2016) reportaron que la presencia del calamar gigante (*Dosidiscus gigas*) en el contenido estomacal de *E. lineatus* en Oaxaca, se debió a la influencia de las corrientes marinas conocidas como Costera de Costa Rica y Nor-ecuatorial que, regularmente, acarrean a este cefalópodo (Salinas-Zavala *et al.*, 2010).

Recientemente, Sandoval-Ramírez *et al.* (2020) indicaron que la población del barrilete negro en Acapulco, Guerrero, se alimenta de diferentes grupos, dependiendo de su talla y que su dieta la componen peces, moluscos y crustáceos, por lo que concluyeron que su nivel trófico sugiere que es un consumidor terciario.

El presente trabajo representa el primer registro de crustáceos cirrípedos como parte de los componentes tróficos de *E. lineatus*. Este hallazgo es particularmente destacable ya que, en general, la dieta de los organismos está dictada por sus estructuras morfológicas (Winkler *et al.*, 2017). Los cirrípedos han sido reportados en la dieta de peces con estructuras dentales fuertes, como tetradóntidos (*Spheroides testudineus* Linnaeus, 1758 y *Spheroides greeleyi*, Gilbert, 1900) (Krumme *et al.*, 2007; de Almeida Ramos Campos *et al.*, 2015) y blenoideos (*Helcogrammoides cunninghami*, Smith, 1898) (Winkler *et al.*, 2017). Debido a que también se encontraron pedazos de madera y lirio en algunos estómagos del barrilete negro, donde se adhieren y crecen los balanos, es posible inferir que, en ocasiones, estos crustáceos formen parte de su dieta; no obstante, lo anterior debe ser verificado con futuros estudios.

Los diferentes componentes estomacales reportados para *E. lineatus* en este y los trabajos anteriores, pueden explicarse por los factores estacionales en cada sitio de muestreo, así como por las corrientes oceánicas que fertilizan y generan zonas productivas con disponibilidad de presas en determinada temporada, entre otros factores (Alverson, 1963; Maldeniya, 1996; Alatorre, 2007; Graham *et al.*, 2007; Sarà y Sarà, 2007; Ruiz-Pérez *et al.*, 2016); por ello, es necesario llevar a cabo este tipo de investigaciones de forma periódica en la región, con series de tiempo largas que permitan esclarecer si la calidad y cantidad del contenido estomacal del barrilete negro se deben a la abundancia y variedad de especies presa en la zona, o a sus preferencias alimenticias específicas aunadas a factores como la talla.

Conclusiones

E. lineatus de la costa sur de Jalisco mostró hábitos alimenticios piscívoros y especialistas, siendo el arenque de aleta amarilla *P. lutipinnis* su principal presa, con un IIR de 72%; seguido del krill

(familia Euphasiacia) con 27%. Este es el primer reporte de cirrípedos (Balanidae, IIR = 1 %) en el contenido estomacal del barrilete negro; sin embargo, se requieren estudios posteriores para corroborar si son parte menor de su dieta o presas incidentales.

Literatura citada

- Aguilar-Palomino, B.; Pérez-Reyes, C.; Galván-Magaña, F. y Abitia-Cárdenas, L.A. (2001). Ictiofauna de la Bahía de Navidad, Jalisco. *Revista de Biología Tropical*, 49(1): 173-190.
- Aguilar-Palomino, B. (2017). Ictiofauna marina y lagunar estuarina de la costa de Jalisco. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, *La biodiversidad en Jalisco. Estudio de estado* (pp. 287-296). Tomo II. México: CONABIO.
- Alatorre, V. (2007). Hábitos alimenticios del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y barrilete *Katsuwonus pelamis* en cardúmenes mixtos del océano Pacífico oriental tropical. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur.
- Alejo-Plata, M.C.; Salgado-Ugarte, I.; Herrera-Galindo, J. y Meráz-Hernando, J. (2014). Cephalopod biodiversity at Gulf of Tehuantepec, Mexico, determined from direct sampling and diet analysis on large pelagic-fish predators. *Hidrobiológica*, 24(1): 57-68.
- Alverson, F. (1963). The food of yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 7(5): 295-396.
- Arriaga Cabrera, L. *et al.* (1998). Regiones marinas prioritarias de México. Mismaloya-Punta Soledad. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad, México. Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_025.html
- Calkins, T.P. y Klawe, W.L. (1963). Synopsis of biological data on black skipjack *Euthynnus lineatus* Kishinouye 1920. Species Synopsis No. 2. FAO Fisheries Biology Synopsis No. 45. Fisheries Division, Biology Branch, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/ap892e/ap892e.pdf>
- Chiou, W.D. y Lee, L.K. (2004). Migration of kawakawa *Euthynnus affinis* in the waters near Taiwan. *Fisheries Science*, 70: 746-757. doi.10.1111/j.1444-2906.2004.00867.x
- Clothier, C.R. (1950). *A key to some southern California fishes based on vertebral characters*. California: California Department of Fish and Game, Fisheries Bulletin No. 79.

- De Almeida Ramos Campos, D.M.; Ferreira da Silva, A.; dos Santos Sales, N.; Carvalho Cunha Oliveira, R.E.M. y Machado Pessanha, A.L. (2015). Trophic relationships among fish assemblages on a mudflat within a Brazilian marine protected area. *Brazilian Journal of Oceanography*, 63(4): 429-442. doi.10.1590/S1679-87592015091306304
- Delgado-Vidal, F.K.; Ramírez-Rivera, E.D.J.; Rodríguez-Miranda, J. y Martínez-López, R.E. (2013). Elaboración de galletas enriquecidas con barrilete negro (*Euthynnus lineatus*): Caracterización química, instrumental y sensorial. *Universidad y Ciencia*, 29(3): 287-300.
- Esquibel-Hernández, M.A. y Plascencia-Reyes, E.C. (1999). Análisis de la problemática de la pesca costera de los estados de Jalisco y Colima, México. Tesis de licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, las Agujas, Zapopan, Jalisco.
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer C; Carpenter, K.E y Niem V.H. (Redactores técnicos, 1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Roma: Departamento de Pesca de la FAO e Instituto de Investigaciones Senckenberg.
- García Castiñeira, A. (2014). *Caracterización de las capturas de escama en la costa de Jalisco (México) en el periodo 2007-2010*. Trabajo de fin de año. Biología. Universidade da Coruña. Recuperado de: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/12393/GarciaCastiñeira_Alba_TFG_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Graham, B.S.; Grubbs, D.; Holland, K. y Popp, B.N. (2007). A rapid ontogenetic shift in the diet of juvenile yellowfin tuna from Hawaii. *Marine Biology*, 150(4), 647-658. doi.10.1007/s00227-006-0360-y
- Griffiths, S.P.; Kuhnert, P.M.; Fry, G.F. y Manson, F.J. (2009). Temporal and size-related variation in the diet, consumption rate, and daily ration of mackerel tuna (*Euthynnus affinis*) in neritic waters of Eastern Australia. *International Council for the Exploration of the Sea Journal of Marine Science*, 66: 720-733. doi.10.1093/icesjms/fsp065
- Herpandi, N.; Nuda, N.; Rosma, A. y Wan Nagiah, W.A. (2011). The tuna fishing industry: A new outlook on fish protein hydrolysates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10: 195. doi.10.1111/j.1541-4337.2011.00155x
- Krumme, U.; Keuthen, H.; Saint-Paul, U. y Villwock, W. (2007). Contribution to the feeding ecology of the banded puffer fish *Colomesus psittacus* (Tetraodontidae) in north Brazilian mangrove creeks. *Brazilian Journal of Biology*, 67(3): 383-392. doi.10.1590/S1519-69842007000300002

- Lelono, T.D. y Bintoro, G. (2019). Population dynamics and feeding habits of *Euthynnus affinis*, *Auxis thazard*, and *Auxis rochei* in South Coast of East Java waters. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 370: 012054. doi:10.1088/1755-1315/370/1/012054
- Maldeniya, R. (1996). Food consumption of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in Sri Lankan waters. *Environmental Biology of Fishes*, 47(1): 101-107.
- Moreno-Hernández, C.A. (2016). Validación de las corrientes climatológicas del océano Pacífico mexicano simuladas por el modelo regional ROMS. Tesis de maestría. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos.
- Pinkas, L.; Oliphant, M.S. y Iverson, L.K. (1971). *Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters*. California: California Department of Fish and Game, Fisheries Bulletin No. 152.
- Ramírez-Rivera, E.J. et al. (2010). Correlación entre el perfil descriptivo cuantitativo y el perfil flash de hamburguesas de pescado de barrilete negro *Euthynnus lineatus*. *Nacameh*, 4(2): 55-68.
- Ramos-Cruz, S. (2009). Relación longitud-peso y factor de condición en el barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Kishinouye, 1920) (Perciformes: Scombridae), capturado en el litoral de Oaxaca, México. *Revista de Investigaciones Marinas*, 30(1): 45-53.
- Ruiz-Pérez, N.; Cerdaneres-Ladrón de Guevara, G.; López-Herrera, D. y Altamirano-Ramírez, I. (2016). Relaciones tróficas entre cinco especies de peces pelágicos que cohabitan en las costas de Oaxaca, México. *Hidrobiológica*, 26(1): 77-85.
- Salinas-Zavala, C.A. et al. (2010). El calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835). En: G. Gaxiola-Castro y R. Durazo (Eds.), *Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California 1997-2007* (pp. 469-486). Baja California Sur: Programa de Investigación sobre Cefalópodos.
- Sánchez, L.; Contreras, I. y Esqueda, G. (1999). Diet composition of *Euthynnus lineatus* and *Auxis* sp. larvae (Pisces: Scombridae) in the Gulf of California. *Bulletin of Marine Science*, 65(3): 687-698.
- Sandoval-Ramírez, A. et al. (2020). Feeding habits of the fishes *Euthynnus lineatus* and *Scomberomorus sierra* (Perciformes: Scombridae) in the Eastern Tropical Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 68(4): 1073-1083. doi:10.15517/rbt.v68i4.40588
- Santiago, M.I.S. y Cortes, N.M.M. (1999). Uso del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) en la elaboración de un alimento infantil. *Revista Ciencia y Mar*, 8: 13-19.

- Sarà, G. y Sarà, R. (2007). Feeding habits and trophic levels of bluefin tuna *Thunnus thynnus* of different size classes in the Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 23(2): 122-127. doi.10.1111/j.1439-0426.2006.00829.x
- Schaefer, K.M. (1987). Reproductive biology of black skipjack, *Euthynnus lineatus*, an eastern Pacific tuna. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 19(2): 166-260.
- Wrinkler, N.S.; Paz-Goicoechea, M.; Lamb, R.W. y Pérez-Matus, A. (2017). Diet reveals links between morphology and foraging in a cryptic temperate reef fish. *Ecology and Evolution*, 7: 11124-11134. doi.10.1002/ece3.3604

Gremios tróficos de la ictiofauna del sistema lagunar estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México

Jesús Manuel López-Vila
Ghelen Mera-Ortiz
Ernesto Velázquez-Velázquez

Resumen

El conocimiento de los gremios tróficos es útil para comprender el flujo de energía de los ecosistemas. Con el objetivo de determinar los gremios tróficos de la ictiofauna del sistema lagunar Chantuto-Panzacola, se analizó el contenido estomacal de 62 especies; para cada una se examinaron 30 estómagos con contenido, la abundancia de este último fue medida a través del método numérico y posteriormente transformada a abundancia relativa. Cuando el número de estómagos fue escaso, la información se completó con bibliografía. En total se registraron 113 componentes alimentarios, organizados en 22 grupos de presas. Con la información obtenida y mediante el uso del índice de similitud de Bray-Curtis, se elaboró un dendrograma para agrupar a las especies ícticas de acuerdo con la semejanza de sus dietas. Los grupos con diferencias estadísticas se obtuvieron con el análisis de SIMPROF y los componentes alimentarios que caracterizaron a cada grupo se consiguieron con la prueba de SIMPER. Se obtuvieron ocho gremios tróficos significativamente diferentes, de éstos cinco fueron especialistas: fitoplanctívoros, piscívoros especialistas, detritívoros, consumidores de infauna e invertívoros; y tres de generalistas: carnívoros generalistas, detritívoros-carnívoros y zooplanctívoros-insectívoros. De manera general el detritus y los invertebrados formaron una parte importante en la mayoría de las

dietas de los peces y de los gremios tróficos. Esta información puede utilizarse para la elaboración de modelos tróficos y así estudiar la funcionalidad de las lagunas costeras.

Palabras clave

Ecología trófica, peces, lagunas costeras, grupos funcionales.

Trophic Guilds of the Ichthyofauna of Chantuto-Panzacola Coastal Lagoon System, Chiapas, Mexico

Abstract

The knowledge of trophic guilds is useful to understand the energy flow of ecosystems. In order to determine the fish's trophic guilds in the Chantuto-Panzacola lagoon system, the stomach contents of 62 species were analyzed. For each one, 30 stomachs with content were examined, the latter's abundance was measured through the numerical method and subsequently transformed to relative abundance. When the number of stomachs was low, the information was completed with bibliography. In total, 113 food components were registered which were organized into 22 groups of prey. With the information obtained, and using the Bray-Curtis similarity index, a dendrogram was developed to group the fish species according to the similarity of their diets. The groups with statistical differences were obtained with the SIMPROF analysis and the food components that characterized each group were obtained by way of the SIMPER test. Eight significantly different trophic guilds were obtained; five were specialists: phytoplanktivores, specialist piscivorous, detritivorous, infauna consumers, and invertivorous; three guilds were generalists: generalist carnivores, detritivorous-carnivorous, and zooplanktivorous-insectivorous. In general,

detritus and invertebrates formed an important part in most fish and trophic guilds diets. This information can be used for the development of trophic models and thus, study the functionality of coastal lagoons.

Keywords

Trophic ecology, fishes, coastal lagoons, functional groups.

Introducción

Debido a su tamaño, abundancia numérica, aporte de biomasa e importancia económica, los peces son el componente biótico más sobresaliente del necton de los ecosistemas lagunares estuarinos (Yáñez-Arancibia, 1985; Contreras Espinosa, 2010). En estos ambientes, y desde el punto de vista trófico, los peces fungen como eslabones que transfieren energía, materia y nutrientes en la trama trófica, de tal modo que enlazan a diferentes componentes del ecosistema (Helfman *et al.*, 2009), e incluso transportan materia y energía a otros ecosistemas adyacentes (dulceacuícolas o marinos) debido a su capacidad de migrar por motivos reproductivos, de desarrollo o comportamiento.

El vínculo existente entre las lagunas costeras y los peces es bastante fuerte, ya que mientras que los ambientes estuarinos brindan a los segundos sitios de anidación y crianza, refugio y zonas de alimentación (Contreras-Espinosa, 2010), los peces son un componente indispensable en la estabilidad y salud de las lagunas costeras (López-Vila *et al.*, 2019). Esto último debido a las adaptaciones que los peces tienen para hacer frente a condiciones ambientales altamente cambiantes, más los procesos de migraciones entre masas de agua con características físico-químicas distintas, entre otros mecanismos. En conjunto, lo anterior les permite a los peces transformar el estrés ambiental en recursos usables dentro del ecosistema (Villanueva *et al.*, 2006; Elliott y Quintino, 2007; Villanueva, 2015).

En ecología, y en palabras de Root (1967), un gremio se define como “un grupo de especies que explotan la misma clase de recursos ambientales en una manera similar. Este término agrupa especies, sin considerar la posición taxonómica, que se traslapan

significativamente en sus requerimientos de nicho". Por lo tanto, especies que exploten un mismo recurso alimentario estarían conformando un gremio trófico. De acuerdo con Smith y Smith (2007), agrupar a las especies por gremios facilita el estudio de las comunidades en unidades más simples y manejables, permite analizar la organización de éstas, así como evaluar las interacciones que ocurren entre sus componentes bióticos. Otra utilidad de los gremios tróficos es que pueden ser utilizados como grupos funcionales, los cuales son imprescindibles en la construcción de modelos tróficos que permiten estudiar el grado de desarrollo de un ecosistema (Christensen *et al.*, 2008).

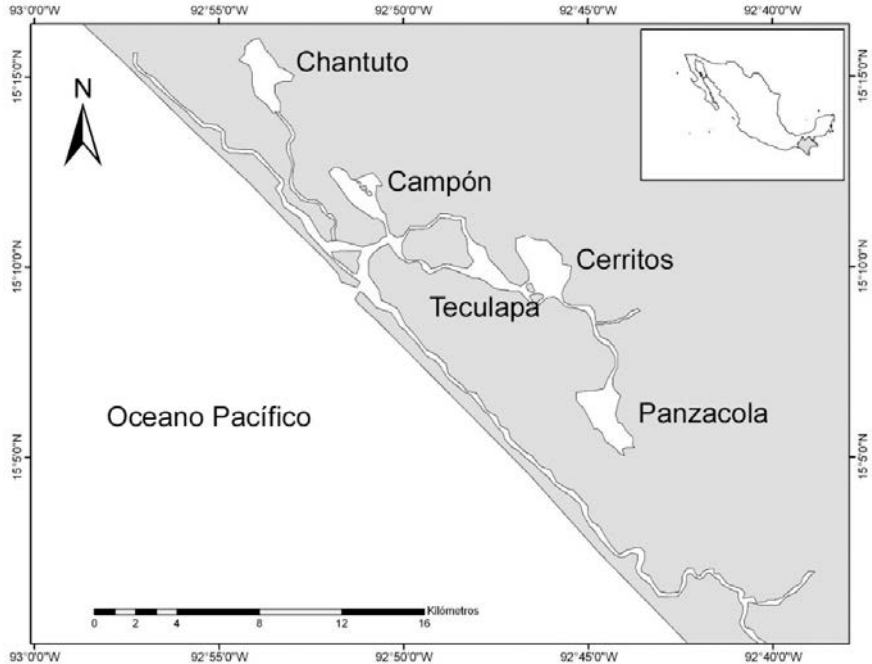
Considerando la importancia de los peces en cuerpos costeros y la utilidad de los gremios tróficos en el estudio de las comunidades y ecosistemas, el presente estudio tuvo como objetivo determinar los gremios tróficos de la ictiofauna del sistema lagunar estuarino de Chantuto-Panzacola, Chiapas, para poder describir la manera en la que el recurso alimentario es aprovechado.

Metodología

Área de estudio

El complejo lagunar costero de Chantuto-Panzacola se localiza en la porción sur de la costa del estado de Chiapas, entre los 15°09' y 15°17'N, 92°45' y 92°55'O (figura 1) y forma parte de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada. Este complejo cubre un área de 180 km² y está conformado por las lagunas Chantuto, Campón, Teculapa, Cerritos y Panzacola, y se comunica al mar a través de la boca San Juan. Los principales ríos que desembocan en esta laguna son el San Nicolás, Cintalapa y Huixtla. El clima de la región es cálido húmedo con lluvias de mayo a octubre y la vegetación natural está representada por bosques de manglar, plantas sumergidas y emergentes (Álvarez-Silva *et al.*, 2006).

Figura 1
Localización del sistema lagunar costero Chantuto-Panzacola



Trabajo de laboratorio

El material biológico utilizado para este estudio provino de la colección ictiológica del Museo de Zoología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (MZ-P-UNICACH, SEMARNAT: CHIS-PEC-210-03-09), y recolectado en el área de estudio durante el periodo marzo 2006-febrero 2007.

Previo a la determinación de los gremios tróficos de los peces de Chantuto-Panzacola, se revisó el contenido estomacal de 62 especies de peces (cuadro 1). Éstas, además de representar en gran medida a la comunidad íctica del sistema lagunar, fueron recolectadas con base en un muestreo estandarizado.¹

1 Para más detalles sobre los métodos y sitios de muestreo, consultar el trabajo de Gómez-González (2011).

Las dietas se obtuvieron con base en el análisis de 30 estómagos con contenido estomacal para cada una de las 62 especies. Cuando el contenido fue escaso, insuficiente o vacío, las dietas fueron complementadas o definidas con base en información bibliográfica (cuadro 1). El análisis de la dieta se realizó vaciando el contenido de cada estómago sobre una caja de Petri, en la cual los componentes alimentarios fueron dispersados y separados taxonómicamente sobre la superficie de la caja; durante todo el proceso se utilizó un microscopio estereoscópico. La identificación taxonómica, hasta la categoría más fina posible, se hizo mediante claves especializadas para cada grupo (e.g. Álvarez-Cadena y Flores-Coto, 1980; Allen *et al.*, 1995; Hendrickx, 1995a, 1995b; Roper *et al.*, 1995).

Para evaluar cuantitativamente el contenido de los estómagos, se utilizó el método numérico; el aporte de cada componente alimentario es expresado de manera proporcional (%) respecto al aporte total de todos los componentes alimentarios. Este método es relativamente simple y fácil de llevar a cabo, y hace viable la identificación del aporte de cada presa (Hyslop, 1980). Debido al tamaño de las presas y grado de digestión de éstas, se utilizó un cuadro de papel milimétrico de 10x10 cm (usada como unidad) debajo de la caja de Petri para facilitar el conteo de cada componente alimentario.

Cuadro 1
Especies ícticas consideradas en este estudio
y fuentes de información de las dietas

Familia	Especie	Contenido estomacal
Lepisosteidae	<i>Atractosteus tropicus</i>	García-Santos (2007)
Elopidae	<i>Elops affinis</i>	Este estudio; Yáñez-Arancibia (1977)
Engraulidae	<i>Anchoa lucida</i>	Este estudio
	<i>Anchoa ischana</i>	Este estudio
	<i>Anchovia macrolepidota</i>	Este estudio
Clupeidae	<i>Lile gracilis</i>	Este estudio
	<i>Lile nigrofasciata</i>	Este estudio

Continúa en la página 101

Viene de la página 100

Familia	Especie	Contenido estomacal
Characidae	<i>Astyanax aeneus</i>	Este estudio
	<i>Roeboides bouchellei</i>	Froese y Pauly (2017)
Heptapteridae	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Froese y Pauly (2017)
Ariidae	<i>Ariopsis guatemalensis</i>	Este estudio
	<i>Cathorops liropus</i>	Este estudio
	<i>Cathorops steindachneri</i>	Este estudio
	<i>Notarius kessleri</i>	Este estudio
Synodontidae	<i>Synodus scituliceps</i>	Franco-Moreno (2011)
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Este estudio; Sánchez-Rueda (2002)
	<i>Mugil setosus</i>	Este estudio; Sánchez-Rueda (2002)
	<i>Mugil hospes</i>	Este estudio; Sánchez-Rueda (2002)
Atherinopsidae	<i>Atherinella guatemalensis</i>	Este estudio
	<i>Membras gilberti</i>	Este estudio; Froese y Pauly (2017)
Anablepidae	<i>Anableps dowi</i>	Froese y Pauly (2017)
Poeciliidae	<i>Poecilia nelsoni</i>	Este estudio
	<i>Poecilia sphenops</i>	Este estudio
	<i>Poeciliopsis fasciata</i>	Este estudio
	<i>Poeciliopsis turrubarensis</i>	Este estudio
Syngnathidae	<i>Hippocampus ingens</i>	Froese y Pauly (2017)
Centropomidae	<i>Centropomus medius</i>	Macal-López y Velázquez-Velázquez (2013)
	<i>Centropomus nigrescens</i>	Macal-López y Velázquez-Velázquez (2013)
	<i>Centropomus robalito</i>	Macal-López y Velázquez-Velázquez (2013)
	<i>Centropomus viridis</i>	Macal-López y Velázquez-Velázquez (2013)
Carangidae	<i>Caranx caninus</i>	Este estudio
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	Froese y Pauly (2017)
	<i>Hemicaranx zelotes</i>	Blaskovic (2007)
	<i>Oligoplites altus</i>	López-Peralta y Arcila (2002)
	<i>Oligoplites saurus</i>	Este estudio; Duque-Nivia <i>et al.</i> (1996)
	<i>Selene brevoortii</i>	Froese y Pauly (2017)
Lutjanidae	<i>Lutjanus argentiventris</i>	Este estudio
	<i>Lutjanus colorado</i>	Este estudio

Continúa en la página 102

Viene de la página 101

Familia	Especie	Contenido estomacal
Gerreidae	<i>Eucinostomus currani</i>	Este estudio
	<i>Eucinostomus dowii</i>	Este estudio
	<i>Diapterus brevirostris</i>	Este estudio
	<i>Gerres simillimus</i>	Este estudio; Froese y Pauly (2017)
Haemulidae	<i>Pomadasys macracanthus</i>	Froese y Pauly (2017)
Polynemidae	<i>Polydactylus approximans</i>	Díaz-González (1982)
Sciaenidae	<i>Bairdiella armata</i>	Este estudio; Froese y Pauly (2017)
	<i>Cynoscion albus</i>	Robles (2007)
	<i>Micropogonias altipinnis</i>	Este estudio; Froese y Pauly (2017)
	<i>Stellifer</i> cf. <i>walkeri</i>	Este estudio
Kyphosidae	<i>Kyphosus elegans</i>	Cruz-Escalona <i>et al.</i> (2009)
Cichlidae	<i>Amphilophus trimaculatus</i>	Este estudio
	<i>Astatheros macracanthus</i>	Este estudio
	<i>Oreochromis niloticus</i>	Este estudio
Eleotridae	<i>Dormitator latifrons</i>	Villatoro Álvarez (2006)
	<i>Eleotris picta</i>	Villatoro Álvarez (2006)
	<i>Gobiomorus maculatus</i>	Villatoro Álvarez (2006)
Gobiidae	<i>Awaous transandeanus</i>	Froese y Pauly (2017)
	<i>Ctenogobius sagittula</i>	Este estudio; Villatoro Álvarez (2006)
	<i>Gobionellus microdon</i>	Villatoro Álvarez (2006)
Paralichthyidae	<i>Citharichthys gilberti</i>	Este estudio
Achiridae	<i>Achirus mazatlanus</i>	Este estudio
	<i>Trinectes fonsecensis</i>	Este estudio; Froese y Pauly (2017)
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i>	Este estudio

Análisis de datos

La abundancia de cada componente alimentario para cada especie íctica se expresó de manera relativa. Con la finalidad de facilitar las comparaciones entre grupos ícticos, los componentes alimentarios fueron agrupados en categorías más amplias (e.g. *Penaeus vannamei*, *P. brevirostris*, *Penaeus* sp., otros camarones fueron agrupados en la categoría Camarones). Para agrupar las 62 especies ícticas,

considerando la semejanza de sus dietas y así poder determinar los gremios tróficos, se realizó un análisis de similitud con el índice de Bray-Curtis, previa transformación logarítmica de los datos. Con los resultados de este índice se elaboró un dendrograma mediante el método de medias no ponderadas (UPGMA).

La prueba de perfiles de similitud (SIMPROF) se realizó para detectar grupos del dendrograma con diferencias estadísticas, y para encontrar el o los componentes alimentarios que marcaron las diferencias entre los grupos se realizó la prueba de SIMPER. Para evidenciar a los componentes alimentarios que tuvieron más peso de manera general en la dieta de la ictiofauna de Chantuto-Panzacola, se elaboró un análisis de componentes principales (ACP). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa Permanova 6 (Clarke y Gorley, 2006).

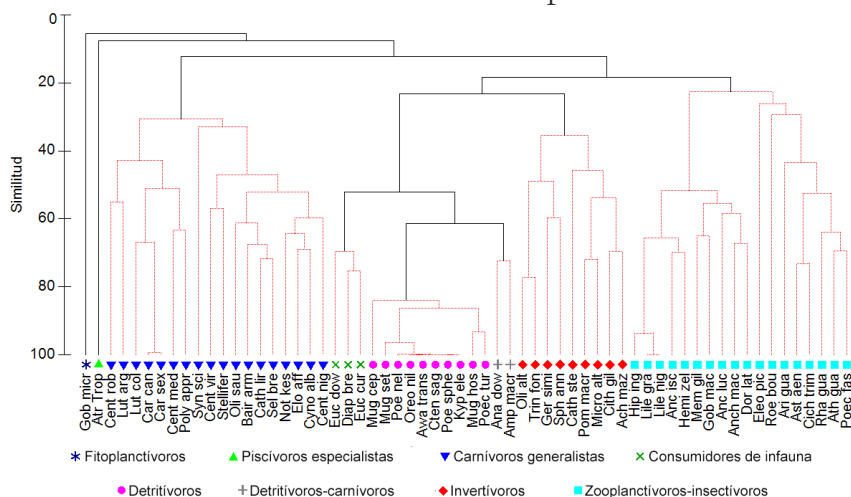
Resultados

Con base en el trabajo de laboratorio y en la revisión bibliográfica, se registraron 113 componentes alimentarios organizados en 22 categorías de presas: *Dormitator latifrons*, Bagres, Jureles, Anchoas, Lisas, Poecílidos, Pleuronectiformes, Cíclidos, Peces planctívoros, Peces omnívoros, Gerreidos, Eleótridos, Góbidos, Camarones, Langostinos, Braquiuros, Insectos, Moluscos, Infauna, Zooplancton, Fitoplancton y Detritus.

De acuerdo con el análisis SIMPROF, las 62 especies ícticas de Chantuto-Pazacola se agruparon en ocho grupos estadísticamente diferentes (figura 2), lo que estaría reflejando el número de gremios tróficos para este sistema lagunar. Cinco gremios fueron especialistas: fitoplanctívoros, piscívoros especialistas, detritívoros, consumidores de infauna e invertívoros; los otros tres gremios resultaron generalistas: carnívoros generalistas, detritívoros-carnívoros y zooplanctívoros-insectívoros. El porcentaje de contribución de los componentes alimentarios más importantes y que marcaron la diferencia estadística entre gremios tróficos se exponen en el cuadro 2.

Figura 2

Dendrograma y gremios tróficos agrupados y diferenciados estadísticamente con base en la prueba SIMPROF



Cuadro 2

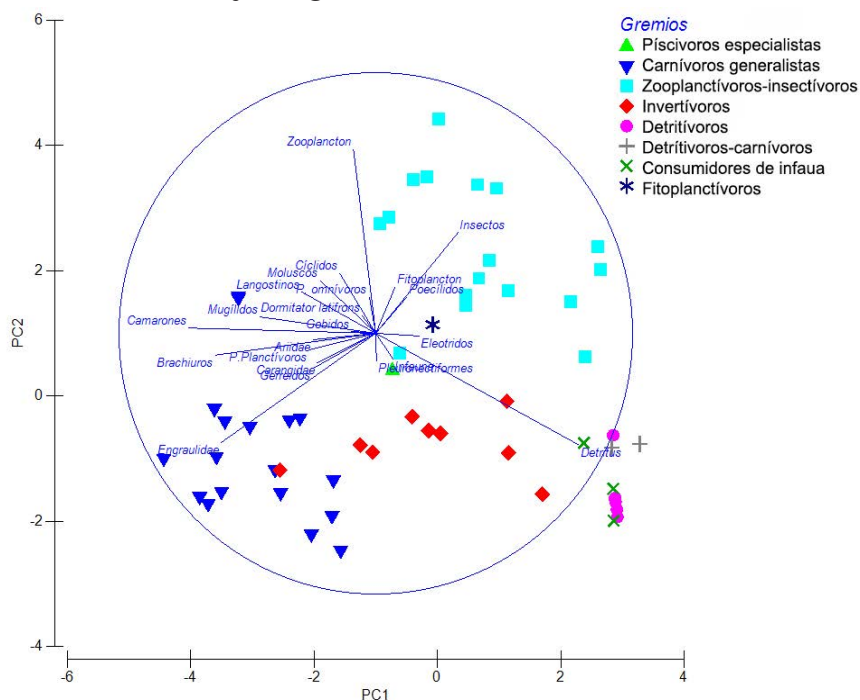
Porcentaje de contribución y contribución acumulativa de los componentes alimentarios de cada gremio trófico

Gremio	Componente	Contribución (%)	C. acum. (%)
Fitoplanctívoros	Fitoplancton	98.21	98.21
Piscívoros especialistas	<i>D. latifrons</i>	72.34	72.34
Carnívoros generalistas	Anchoas	33.57	33.57
	Camarones	32.31	65.87
	Braquiuros	17.01	82.89
Consumidores de infauna	Detritus	43.13	43.13
	Infauna	24.08	67.21
Detritívoros	Detritus	99.26	99.26
Detritívoros-carnívoros	Detritus	59.53	59.53
	Insectos	33.63	93.16
Invertívoros	Infauna	67.55	67.55
Zooplancívoros-insectívoros	Zooplancton	49.68	49.68
	Insectos	30.44	80.13

Respecto al ACP (figura 3), los primeros dos ejes de este análisis explicaron un 37.5% de la variación de los componentes alimentarios. En el ACP1, los componentes alimentarios que tuvieron mayor peso fueron el detritus, camarones y anchoas; mientras que en el ACP2, los componentes más importantes fueron el zooplancton, detritus e insectos. Los valores de cada componente alimentario para cada ACP se muestran en el cuadro 3.

Figura 3

Gráfico en 2 dimensiones del ACP de los componentes alimentarios y los gremios tróficos del área de estudio



Cuadro 3
Resultados de los dos primeros ejes del ACP
respecto a los componentes alimentarios

Variable	ACP1	ACP2
Varianza explicada	23.4%	14.1%
Componente alimentario		
Dormitator latifrons	-0.009	0.009
Bagres	-0.06	-0.021
Jureles	-0.046	-0.033
Anchoas	-0.384	-0.343
Lisas	-0.223	0.013
Poecílidos	0.043	0.086
Pleuronectiformes	0.008	-0.052
Cíclidos	-0.019	0.07
Peces planctívoros	-0.053	-0.024
Peces omnívoros	0.002	0.035
Gerreidos	-0.038	-0.049
Eleótridos	0.038	0.005
Góbidos	-0.026	-0.055
Camarones	-0.477	-0.09
Langostinos	-0.094	0.048
Braquiuros	-0.298	-0.083
Insectos	0.177	0.37
Moluscos	-0.04	-0.008
Infauna	0.042	-0.167
Zooplankton	-0.006	0.721
Fitoplancton	0.016	0.052
Detritus	0.654	-0.392

Nota: En sobreado se señalan los componentes que obtuvieron los valores más altos.

Discusión

En Chantuto-Panzacola se han registrado 143 especies de peces (Gómez-González *et al.*, 2012), de las cuales 76 fueron obtenidas a través de un muestreo estandarizado (Gómez-González, 2011); en este trabajo se consideraron 62 de las 76, debido a que se realizó con el material biológico disponible en el momento de este estudio. Más allá de las 76 especies provenientes de un muestreo estandarizado, el resto se obtuvo directa e indirectamente a través de pláticas con pescadores, registros raros e incluso bibliográficos, de reportes históricos alojados en la literatura. Por otro lado, y como lo menciona Aguiaro y Pellegrini-Caramaschi (1998), no siempre es posible contar con toda la información requerida para cada una de las especies.

Con el análisis de las 62 especies se obtuvieron ocho gremios, número cercano a lo reportado en otras lagunas tropicales de América. Andrade-Tubino *et al.* (2019) registraron siete gremios en diferentes ambientes estuarinos de Brasil, incluyendo lagunas costeras. Chi-Espínola y Vega-Cendejas (2018), por su parte, determinaron seis gremios en Ría Lagartos, Yucatán, México. Entre los trabajos con menor número de gremios tróficos en lagunas costeras se encuentran los de Cruz *et al.* (2017) y Aguiaro y Pellegrini-Caramaschi (1998) en Brasil, con cinco y cuatro, respectivamente. Arceo-Carranza *et al.* (2015) encontraron tres gremios en la laguna costera la Carbonera, Yucatán; no obstante, este trabajo solo tomó en cuenta especies marinas que entran como juveniles a la laguna. El bajo número de gremios en lagunas costeras podría deberse a que la mayoría de las especies no tiene un alto grado de especialización en su dieta, de hecho, en estos ecosistemas se ha reportado un índice de omnivoría que indica que las especies de lagunas costeras tienen un comportamiento trófico generalista (López-Vila *et al.*, 2019).

Uno de los componentes más notables en la dieta de los peces de lagunas costeras, y que en este trabajo definió gremios, fue el detritus, presente en los trabajos arriba mencionados como un elemento predominante. La única excepción, por la razón antes mencionada, fue el estudio de Arceo-Carranza *et al.* (2015), donde sus gremios fueron piscívoros, moluscívoros y crustacívoros. Aguiaro y Pellegrini-Caramaschi (1998) mencionan, incluso, que

el flujo de energía en las comunidades ícticas de lagunas costeras ocurre principalmente a través de la ruta del detritus. De manera general este componente alimentario es considerado como un elemento de vital importancia en sistemas lagunares costeros (Zetina-Rejón *et al.*, 2003; Villanueva *et al.*, 2006; López-Vila *et al.*, 2019). Otro componente alimentario importante en la dieta de varias especies fueron los invertebrados, cuya importancia en las lagunas costeras destaca por ser intermediarios energéticos entre el detritus y grupos tróficos superiores (Manickchand-Heileman *et al.*, 1998; Vega-Cendejas y Arreguín-Sánchez, 2001).

Aunque algunos gremios mencionados en los trabajos aquí citados se presentan como especialistas (*e.g.* moluscívoros, consumidores de vermiformes, piscívoros), incluso en el nuestro, es necesario aclarar que la dieta de las especies que conforman los gremios, los componentes alimentarios son variados y en algunos casos hay componentes dominantes. Éstos últimos son los que en cierto modo etiquetan o le dan el grado de especialista a los gremios. En las lagunas costeras la diversidad de presas es bastante variada y muchas de éstas se encuentran en etapas juveniles, esto se debe a que dichos ecosistemas funcionan como sitios de anidación y crianza para larvas y juveniles de peces, moluscos y otros invertebrados (Beck *et al.*, 2001).

Chi-Espínola y Vega-Cendejas (2018) mencionaron que la conformación de los gremios tróficos puede deberse a que las especies que los integran utilizan distintas zonas del ecosistema, por lo que es importante señalar que las lagunas costeras son ambientes de gran heterogeneidad ambiental (Esteves *et al.*, 2007). Chantuto-Panzacola es un sistema con conexión permanente con el mar y además recibe el aporte de agua dulce de distintos ríos. Gómez-González (2011) encontró que la salinidad de este sistema lagunar fluctuó desde condiciones dulceacuícolas (0.1 ppm) hasta condiciones eurihalinas (38 ppm, abril 2006, sitios 1-4). Esto último genera en Chantuto-Panzacola un gradiente ambiental que, junto con nuestros resultados, apoyaría lo propuesto por Chi-Espínola y Vega-Cendejas (2018).

Conclusiones

Considerando el número de especies revisadas y los análisis efectuados en este trabajo en el sistema lagunar costero de Chantuto-Panzacola, las especies ícticas se agruparon en ocho gremios tróficos: fitoplanctívoros, piscívoros especialistas, detritívoros, consumidores de infauna, invertívoros, carnívoros generalistas, detritívoros-carnívoros y zooplanctívoros-insectívoros. Asimismo, el detritus y diversos grupos de invertebrados (zooplankton, crustáceos, insectos, camarones, braquiuros, infauna) fueron componentes alimentarios determinantes en la formación de los gremios, además de ser elementos de gran importancia a nivel ecosistema.

Literatura citada

- Aguiaro, T. y Pellegrini-Caramaschi, E. (1998). Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State (Brazil). *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 26: 2166-2169.
- Allen, R.G.; Bauchot, M.L.; Belwood, D.R.; Bianchi, G.; Bussing, W.A.; Caruso, J.H.; Chao, N.L.; Collete, B.B.; Fritzsche, R.A.; Gomon, M.F.; Hae-drich, R.L.; Harrison, I.J.; Hastings, P.A.; Heemstra, P.C.; Hensley, D.A.; Hoese, D.; Inada, T.; Kailola, P.J.; Krupp, F.; Lavenberg, R.J.; McCosker, J.E.; Mckay, R.L.; Munroe, T.A.; Nakamura, I.; Niem, V.H.; Parin, N.V.; Paulin, C.; Paxton, J.R.; Poss, S.G.; Rodriguez-Sánchez, R.; Rosenblatt, R.H.; Schneider, W.; Scott, W.B.; Smith, D.G.; Smith-Vaniz, W.E.; Sommer, C.; Starnes, W.C.; Sulak, K.J. y Whitehead, P.J.P. (1995). Peces óseos. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (Eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental* (pp. 647-1652). Roma: FAO, CE, FIS, NORAD.
- Álvarez-Cadena, J. y Flores-Coto, C. (1980). Clave para identificación de familias de larvas de peces de la laguna de Términos, Campeche, México. Recuperado de: <http://biblioweb.tic.unam.mx/ciencias-delmar/instituto/1981-1/articulo119.html>
- Álvarez-Silva, C.; Miranda-Arce, G.; Lara-Isassi, D. y Gómez-Aguirre, S. (2006). Zooplankton de los sistemas estuarinos de Chantuto y Panzacola, Chiapas, en época de secas y lluvias. *Hidrobiológica*, 16: 175-182.

- Arceo-Carranza, D. y Chiappa-Carrara, X. (2015). Feeding ecology of juvenile marine fish in a shallow coastal lagoon of southeastern Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43: 621-631.
- Beck, M.W.; Heck, K.L.; Able, K.W.; Childers, D.L.; Eggleston, D.B.; Gillanders, B.M.; Halpern, B.; Hays, C.G.; Hoshino, K.; Minello, T.J.; Orth, R.J.; Sheridan P.F. y Weinstein, M.P. (2001). The identification, conservation and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates: a better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas. *BioScience*, 51: 633-641.
- Blaskovic, V.; Espinoza, P.; Fernández, C.; Castillo, D. y Navarro, I. (2007). *Espectro alimentario de las principales especies demersales de importancia comercial y relaciones intraespecíficas en el 2007*. Informe Técnico Anual. Perú: IMARPE.
- Chi-Espínola, A.A. y Vega-Cendejas, M.E. (2018). *Identificación de gremios tróficos del ensamble de peces en la laguna costera hiperhalina de Ria Lagartos, Yucatán*. XVI Congreso Nacional y VII Simposio Latinoamericano de Ictiología. Mérida, Yucatán.
- Christensen, V.; Walters, C.J.; Pauly, D.A. y Forrest, R. (2008). *Ecopath with Ecosim version 6*. Vancouver: Fish Centre, University of British Columbia.
- Clarke, R. y Gorley, N. (2006). *PRIMER 6: User manual/tutorial*. PRIMER-E. United Kingdom: Plymouth.
- Contreras-Espinosa, F. (2010). *Ecosistemas costeros mexicanos, una actualización*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Cruz, L.R.; Santos, L.N. y Santos, A.F.G.N. (2017). Changes of fish trophic guilds in Araruama Lagoon, Brazil: What can be inferred about functioning and structure of hypersaline lagoons? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 211: 90-99.
- Cruz-Escalona, V.H.; Águila-Ramírez, R.N. y Abitia-Cárdenas, L.A. (2009). Food of *Kyphosus elegans* (Perciformes: Kyphosidae) in Loreto, Baja California Sur, Mexico. *CICIMAR Océánides*, 24: 55-58.
- de Andrade-Tubino, M.F., Coasta-Azevedo, M.C.; Pontes-Franco, T. y Araújo, F.G. (2019). How are fish assemblages and feeding guilds organized in different tropical coastal systems? Comparisons among oceanic beaches, bays and coastal lagoons. *Hydrobiologia*, 847: 403-419.
- Díaz-González, G. (1982). Hábitos alimenticios de peces depredadores del sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. Tesis de maestría, UNAM. Repositorio de la Dirección General de Bibliote-

- cas y Servicios Digitales de Información. Recuperado de: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1988-1/articulo286.html>
- Duque-Nivia, G.; Acero, A.; Santos-Martínez, A. y Rubio, E.R. (1996). Food habits of the species of the genus *Oligoplites* (Carangidae) from the Cienaga Grande de Santa Marta-Colombian Caribbean. *Cybium*, 20: 251-260.
- Elliott, M. y Quintino, V. (2007). The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty to detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 640-645.
- Esteves, F.A.; Caliman, A.; Santangelo, J.M.; Guariento, R.D.; Farjalla, V.F. y Bozelli, R.L. (2008). Neotropical coastal lagoons: An appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. *Brazilian Journal of Biology*, 68: 967-981.
- Franco-Moreno, R.A. (2011). Morfología y desempeño del aparato mandibular de seis especies de peces ictiófagos demersales, asociados a los fondos blandos de la plataforma continental de Nayarit-Sinaloa. Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur, México.
- Froese, R. y Pauly, D.A. (2017). FishBase. Recuperado de: <http://www.fishbase.de/>
- García-Santos, J.A. (2007). Biología alimentaria y reproductiva del pejelagarto *Atractosteus tropicus* Gill 1863 en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Gómez-González, A.E. (2011). Comunidad de peces del sistema Chantuto-Panzacola, Reserva de la Biosfera La Encrucijada. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas.
- Gómez-González, A.E.; Velázquez-Velázquez, E.; Rodiles-Hernández, R.; González-Díaz, A.A.; González-Acosta, A.F. y Castro-Aguirre, J.L. (2012). Lista sistemática de la ictiofauna en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 3: 674-686.
- Helfman, G.S.; Collette, B.B.; Facey, D.E. y Bowen, B.W. (2009). *The diversity of fishes, Biology, Evolution, and Ecology*. 2nd ed. UK: Wiley-Blackwell.
- Hendrickx, M.E. (1995a). Estomatópodos. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (Eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental* (pp. 355-382). Roma: FAO, CE, FIS, NORAD.

- Hendrickx, M.E. (1995b). Cangrejos. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (Eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental* (pp. 565-636). Roma: FAO, CE, FIS, NORAD.
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.
- López-Peralta, R.H. y Arcila, C.A.T. (2002). Diet composition of fish species from the Southern Continental shelf of Colombia. *Naga, WorldFish Center Quarterly*, 25: 23-29.
- López-Vila, J.M.; Schmitter-Soto, J.J.; Velázquez-Velázquez, E.; Barba-Macías, E. y Salgado-Ugarte, I.H. (2019). Young does not mean unstable: A trophic model for an estuarine lagoon system in the Southern Mexican Pacific. *Hydrobiologia*, 827: 225-246.
- Macal-López, K. del C. y Velázquez-Velázquez, E. (2013). Diversidad y traslape del nicho trófico de los robalos (Perciformes: Centropomidae) en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Lacandonia*, 7: 91-98.
- Manickchand-Heileman, S.; Arreguín-Sánchez, F.; Lara-Domínguez, A.L. y Soto, L.A. (1998). Energy flow and network analysis of Terminos Lagoon, SW Gulf of Mexico. *Journal of Fish Biology*, 53: 179-197.
- Root, R. (1967). The niche exploitation pattern of the blue-gray Gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37: 317-350.
- Robles, Y.A. (2007). Análisis biológico de pargos (Lutjanidae) y corvinas (Sciaenidae), en el golfo de Montij, Verguas, Panamá. Tesis de maestría. Universidad de Panamá, Panamá.
- Roper, C.F.E.; Sweeney, M.J. y Hochberg, F.G. (1995). Cefalópodos. En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem (Eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental* (pp. 305-354). Roma: FAO, CE, FIS, NORAD.
- Sánchez Rueda, P. (2002). Stomach content analysis of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) with emphasis on diatoms in the Tamiahua lagoon, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 50: 245-252.
- Smith, T.M. y Smith R.L. (2007). *Ecología*. 6a ed. España: Pearson.
- Vega-Cendejas, M.E. y Arreguín-Sánchez, F. (2001). Energy fluxes in a mangrove ecosystem from a coastal lagoon in Yucatan Peninsula, Mexico. *Ecological Modelling*, 137: 119-133.
- Villanueva, M.C. (2015). Contrasting tropical estuarine ecosystem functioning and stability: a comparative study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 155: 89-103.

- Villanueva, M.C.; Ouedraogo, M. y Moreau, J. (2006). Trophic relationships in the recently impounded Bagré reservoir in Burkina Faso. *Ecological Modelling*, 191: 243-259.
- Villatoro-Álvarez, V. (2006). Riqueza ictiofaunística del sistema lagunar Carretas-Pereyra, Chiapas, México y aspectos tróficos de cinco especies. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Yáñez-Arancibia, A. (1977). Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Recuperado de: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/especiales/1978-2/articulo455.html>
- Yáñez-Arancibia, A. (1985). *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons towards an ecosystem integration*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zetina-Rejón, M.J.; Arreguín-Sánchez, F. y Chávez, E.A. (2003). Trophic structure and flows of energy in the Huizache-Caimanero lagoon complex on the Pacific coast of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57: 803-815.

Recurrencia trófica del tiburón tigre *Galeocerdo cuvier*, Péron & Lesueur, 1822, en la costa del Pacífico central mexicano

Bernabé Aguilar-Palomino
Ingrid Ibarra-Navarrete
Salvador Hernández-Vázquez
Armando Banda-Dávila
Alonso Becerra-Gómez

Resumen

El tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*) perteneciente a la familia Carcharhinidae, habita ambientes tropicales y subtropicales alrededor del mundo, tanto en aguas costeras como en mar abierto; es depredador generalista y su conducta trófica se constituye de animales terrestres y marinos, como peces, quelonios, crustáceos, moluscos cefalópodos, aves terrestres y marinas y algunos desechos antrópicos. En las costas del Pacífico central mexicano se desconoce la ecología trófica de *G. cuvier* en este sentido, por lo que el presente trabajo se sustenta como pionero en el conocimiento de los hábitos alimentarios en el área mencionada. Se analizaron los contenidos gástricos de 10 tiburones tigre obtenidos de la pesca artesanal en las costas del estado de Jalisco, realizada con cimbra parguera durante 2015. Para la identificación de las presas se utilizaron claves específicas para cada grupo taxonómico y se consideraron sexo y talla como variables en el análisis cuantitativo. Como resultado de aplicar el índice de importancia relativa (IIR), se registraron como presas principales a *Caranx caninus*

(30%), *Lepidochelys olivacea* (25%), *Diodon hystrix* (17%), *Urotrygon rogersi* (11%) y Muraenidae (5%). Las aves playeras del orden Passeriformes y la familia Charadriidae, la tortuga *Chelonia mydas*, los calamares *Dosidicus gigas* y *Abraliopsis* spp., representaron menor grado de importancia. No se observaron diferencias en la alimentación por sexo y talla. Se concluye que *G. cuvier* presenta un patrón trófico similar al registrado en otras regiones, que está dirigido a consumir organismos marinos y volantes de aves playeras.

Palabras clave

Elasmobranchios, ecología trófica, Pacífico central mexicano.

Trophic Recurrence of the Tiger Shark *Galeocerdo cuvier* (Peron & LeSueur, 1822), in the Central Mexican Pacific Coast

Abstract

The tiger shark (*Galeocerdo cuvier*), belonging to the Carcharhinidae family, inhabits tropical and subtropical environments around the world, in coastal waters as well as in the open sea. They are generalist predators, and their trophic behavior is made up of land and marine animals, such as fish, chelonians, crustaceans, cephalopod mollusks, land and sea birds and some anthropic waste. On the coasts of the Central Mexican Pacific, the trophic ecology of *G. cuvier* is unknown. In this sense, this work is sustained as a pioneer in the knowledge of the eating habits of the tiger shark in the mentioned area. The gastric contents of 10 tiger sharks obtained from artisanal fishing, carried out with longline or scale shoring system, were analyzed during 2015, in the coasts of the State of Jalisco. For the identification of prey, specific keys were used for each taxonomic group. Gender and length were considered as variables in the quantitative analysis. As a result of applying the Relative Importance Index (IRI), *Caranx caninus* (30%), *Lepido-*

chelys olivacea (25%), *Diodon histrix* (17%), *Urotrygon rogersi* (11%) and *Muraenidae* (5%) were recorded as main prey. Shorebirds of the order Passeriformes and the family Charadriidae, the *Chelonia mydas* turtle, and the *Dosidicus gigas* and *Abraliopsis* spp squids were of minor importance. No differences in feeding due to gender and size were observed. It is concluded that *G. cuvier* presents a trophic pattern similar to those recorded in other regions, which is aimed at consuming marine organisms and shorebird fledglings.

Keywords

Elasmobranchs, Trophic Ecology, Central Mexican Pacific.

Introducción

El tiburón tigre (*G. cuvier*) es una especie que se distribuye en mares tropicales y subtropicales del mundo (Compagno, 1984), ha sido estudiada en Florida y el golfo de México (Dodrill y Gilmore 1977; Matich *et al.*, 2010; Gallagher *et al.*, 2011; Aines, 2017), Hawaii (Lowe *et al.*, 1996), Sudafrica (Smale y Cliff, 1998), Australia (Heithaus, 2001; Heithaus y Dill, 2006; Simpfendorfer *et al.*, 2001) y en el Pacífico oriental tropical (Estupiñán-Montaña *et al.* (2017), concretamente en el océano oriental tropical; el presente estudio constituye el primer trabajo sobre biología básica de la especie *G. cuvier* en las costas del Pacífico central mexicano.

El conocimiento de la ecología trófica de los tiburones es una herramienta útil para comprender sus relaciones ecológicas, ya que el adecuado estado de sus poblaciones es un indicador de la salud de un ecosistema (Galván-Magaña *et al.*, 1989). Los elasmobranchios cruciales en los ecosistemas marinos (Heithaus *et al.*, 2008), funcionan como depredadores tope, de tal forma que la reducción de sus poblaciones traería consigo efectos negativos en cascada para toda la red trófica (Bornatowski *et al.*, 2014; Simpfendorfer, 2009).

La posición de depredadores tope de los tiburones les permite desempeñar un papel importante en la regulación de las poblaciones de presas a niveles tróficos más bajos, *p.e.* peces, invertebrados, reptiles, mamíferos y aves (Ellis *et al.*, 1996).

El espectro trófico del tiburón tigre *G. cuvier* está compuesto de una amplia variedad de presas: teleósteos, tiburones (incluidos los miembros de su propia especie), rayas y aves marinas (Randall, 1992), tortugas marinas, (Estupiñan-Montaña *et al.*, 2017), Cnidarios, artrópodos, bryozoarios, mamíferos marinos, plantas, porífera (Aines, 2017), moluscos cefalópodos (Smale y Cliff, 1998; Estupiñan-Montaña *et al.*, 2017), aves terrestres y playeras (Dodrill y Gilmore 1977; Heithaus, 2001). La dieta requiere de mayor atención que la de otros tiburones, debido a su característica conducta oportunista, ya que consume gran variedad de presas vivas y muertas del ambiente marino y terrestre.

El presente trabajo está encaminado determinar la similitud del patrón trófico observado en otras latitudes y lo observado en el área marina frente a las costas del estado de Jalisco, mediante un análisis preliminar de los hábitos alimentarios del tiburón tigre *G. cuvier* capturado en las costas del Pacífico central mexicano.

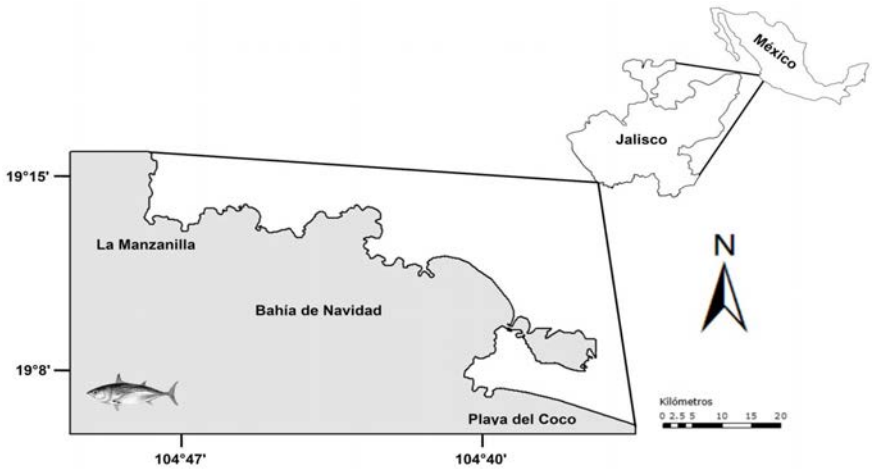
Metodología

Como parte del proyecto de investigación sobre la biología básica de tiburones y rayas de la costa de Jalisco, México, se abordó el conocimiento de la ecología trófica del tiburón tigre *G. cuvier*, con tallas de 0.85 a 2.35 m de longitud total; para ello se disectaron por el vientre 10 tiburones tigre para extraer los tractos digestivos, con el objetivo de conocer su componente trófico (figura 1). Los ejemplares fueron capturados durante 2015 a 2018 por pescadores artesanales en la localidad de Barra de Navidad, Jalisco (figura 2), y los tractos digestivos se analizaron cualitativamente mediante las claves especializadas de Fischer *et al.* (1995) para peces, tortugas marinas, moluscos y cefalópodos; así mismo, el trabajo de Clothier (1950) para restos y esqueletos de peces, mientras que para la identificación de aves se consultaron los trabajos de Audubon (2012) y Favela-Mesta (2018).

Figura 1
Ejemplar de tiburón tigre *Galeocerdo cuvier*



Figura 2
Área de estudio, donde se capturaron
los tiburones tigre *Galeocerdo cuvier*



Se utilizó el índice de importancia relativa (IIR) de Pinkas *et al.* (1971) para analizar la cantidad de las presas, el cual incorpora los valores volumétricos y números de especies presa (j), así como la frecuencia de aparición en el contenido estomacal del pez, expresado con la siguiente fórmula:

$$IIR_j = (\%V_j + \%N_j) \times \%F_j$$

Donde %Vj= porcentaje del volumen de los organismos presa, %Nj= porcentaje del número de organismos presa y %Fj= porcentaje de ocurrencia de organismos presa.

La localidad de Barra de Navidad se encuentra localizada al sur de la costa del estado de Jalisco y colinda con la región marina norte del estado de Colima (figura 2). En la región, las masas de agua están regidas por aguas del golfo de California, aguas tropicales superficiales y aguas transicionales; durante el invierno (enero-marzo), hay presencia de aguas transicionales y aguas tropicales superficiales, por lo que alcanzan sus temperaturas más bajas; en primavera (abril-junio), hay presencia de las tres masas de agua; y en verano y otoño (julio-diciembre) existe mayor presencia de aguas tropicales superficiales (Portela *et al.*, 2016). Así mismo, tributan los ríos Marabasco, San Nicolás, Purificación, Tomatlán y Ameca, aportando sus aguas a la región (Calderón-Riveroll y Ness, 1987).

Resultados

Se realizó el análisis preliminar del componente del espectro trófico de 10 tiburones tigre *G. cuvier* y se identificaron cualitativamente 10 presas pertenecientes a cuatro categorías taxonómicas: peces, reptiles marinos, cefalópodos y aves terrestres y playeras. Para realizar el análisis cuantitativo se aplicó el IIR, las presas con mayor porcentaje de cada categoría fueron: peces *Caranx caninus* con 30.46%; tortugas marinas *Lepidochelys olivacea* con 25.07%; cefalópodos de dos especies de calamares: *Dosidicus gigas* y *Abra-liopsis* sp. con 0.09% entre ambos; aves de la familia Charadriidae con 0.18% y del orden Passeriformes también con 0.18% en el componente trófico del tiburón tigre *G. cuvier* (cuadro 1).

Cuadro 1
Componente trófico de tiburón tigre
Galeocerdo cuvier en la costa de Jalisco

Presa	N		%NW	%W	FO	%FO	lIR	%IIR
Peces								
<i>Caranx caninus</i>	2	11.7	328	32.04	1	10.0	32.04	30.46
<i>Diodon hystrix</i>	1	5.8	188	18.36	1	10.0	18.3	17.46
<i>Urotrygon rogersi</i>	1	5.8	120	11.72	1	10.0	11.7	11.14
Muraenidae	5	29.4	56	5.47	1	10.0	5.4	5.2
Reptiles marinos								
<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	5.8	270	26.37	1	10.0	26.3	25.07
<i>Chelonia mydas</i>	1	5.8	9	0.87	1	10.0	0.87	0.83
Cefalopodos								
<i>Dosidicus gigas</i>	1	5.8	1	0.09	1	10.0	0.09	0.09
<i>Abrialiopsis</i> sp.	1	5.8	1	0.09	1	10.0	0.09	0.09
Aves terrestres y playeras								
Charadriidae	2	11.7	2	01.9	1	10.0	0.19	0.18
Passeriformes	2	11.7	2	01.9	1	10.0	0.19	0.18
Total	17	100	977	95.45	10	100	95.06	90.36

En la figura 3, se observan restos esqueléticos de peces de la familia Muraenidae, que por su avanzado estado de digestión sólo fue posible identificarlos a nivel de familia; de igual manera, únicamente se observaron restos de patas y plumas de aves de la familia Charadriidae y del orden Passeriformes (figura 4).

Figura 3

Restos de aves y morenas del componente trófico del tiburón tigre *Galeocerdo cuvier* en la costa de Jalisco



Figura 4

Restos de aves Charadriidae y Passeriformes en el componente trófico del tiburón tigre *Galeocerdo cuvier* en la costa de Jalisco



En la figura 5, se observan restos esqueléticos de dos tortugas marinas *Lepidochelys olivacea* y *Chelonia mydas*, en avanzado estado de digestión.

Figura 5

Restos de tortugas marinas del componente trófico del tiburón tigre *Galeocerdo cuvier*, en la costa de Jalisco



Discusión

El reducido número de estómagos de los tiburones capturados en la costa de Jalisco, permitió únicamente hacer un análisis preliminar del componente trófico del tiburón tigre *G. cuvier*; sin embargo, a pesar de esta limitante, se logró visualizar, en términos generales,

cierta similitud con lo observado y analizado en mayor tamaño de muestra en otras latitudes. De acuerdo con Randall (1992), el componente trófico del tiburón tigre es universal, y el registrado en la costa de Jalisco, al igual que en otras latitudes oceánicas, está constituido por aves terrestres, tortugas marinas, moluscos cefalópodos y peces teleósteos.

La presencia de aves terrestres registradas en el presente trabajo destaca en el componente trófico, los miembros de la familia Charadriidae y del orden Paseriforme son aves migratorias (Favela-Mesta, 2018) asociadas con estuarios o ecosistemas lagunares de la costa de Jalisco (Aguilar-Palomino, 2017), al fatigarse en el vuelo pudieron caer al agua y ser arrastradas hacia el mar, para luego ser devoradas por el tiburón tigre; en ocasiones, las aves migratorias pueden ser devoradas por los tiburones tigre durante los vuelos infructuosos o en estadio juvenil como volantones que, al iniciar sus primeros vuelos, sin éxito caen al agua (Dodrill y Gilmore, 1977).

En lo que respecta a los otros grupos presa, propiamente marinos y encontrados en el componente trófico del presente trabajo, como son las tortugas marinas, al ser consumidas en otras regiones oceánicas se aprecian equivalentes ecológicos representados por especies diferentes. Estupiñan-Montaña *et al.* (2017), registran en el Pacífico sudoriental a *Lepidochelys kempi* y *Caretta caretta*, de igual manera registran calamares *Ancistrocheirus lesueurii*, *Pholidoteuthis boschmai* y *Octopoteuthis* spp., especies diferentes a las encontradas en el espectro trófico del tiburón tigre capturado en la costa de Jalisco. Asimismo, la actividad trófica crepuscular, del tiburón tigre le permite consumir calamares pelágicos, mesopelágicos y bentopelágicos, encontrados en aguas superficiales en horarios crepusculares y en áreas a 600 m cercanas a la costa.

Por su parte, los peces teleósteos registrados en los estómagos de *G. cuvier* capturados en Florida y el golfo de México (Matich *et al.*, 2010; Gallagher *et al.*, 2011; Aines, 2017) en Hawaii (Lowe *et al.*, 1996), Sudafrica (Smale y Cliff, 1998) y Australia (Heithaus, 2001; Heithaus y Dill, 2006) son de diferentes especies y cumplen la misma función de equivalentes ecológicos que los registrados en componente trófico del *G. cuvier* capturado en la costa de Jalisco.

Otro distintivo notorio de la conducta trófica del tiburón tigre, respecto a lo observado en otros tiburones de diferentes especies, es el hecho de consumir cadáveres de teleósteos y otros tiburones (Rada *et al.*, 2015), característica que podría ser la causa de su constante presencia en áreas cercanas a la costa, donde se vierten desechos de pesca al mar, así como la presencia de aves terrestres que han caído en lagunas costeras o ríos y se ahogan, luego son arrastradas al mar donde son consumidas por el tiburón tigre. Otro aspecto ligado a la conducta trófica de *G. cuvier* es su alta predilección por consumir tortugas marinas, coincidencia registrada en el presente trabajo, así como en otras latitudes (Estupiñan-Montaña *et al.*, 2017).

En términos generales, se cumplen las expectativas planteadas respecto a la similitud del componente trófico registrado en el tiburón tigre capturado en la costa de Jalisco con las observadas en otras regiones marinas de diferentes latitudes del mundo.

Conclusiones

La conducta trófica del tiburón tigre *Galeocerdo cuvier* observada en el océano Pacífico central mexicano, concretamente en las costas de Jalisco, es concurrente y similar a la observada en otras latitudes oceánicas del mundo; consume gran diversidad de presas vivas o muertas, asociadas con ecosistemas lagunares costeros y áreas marinas cercanas a la costa, en horarios crepusculares.

Literatura citada

- Aguilar-Palomino, B. (2017). Ictiofauna marina y lagunar estuarina de la costa del Estado de Jalisco. En: Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad, *La biodiversidad en Jalisco. Estudio de estado* (pp. 287-296). Volumen II. México: CONABIO.
- Aines, A. (2017). Feeding habits of the tiger shark *Galeocerdo cuvier*, in the Northwest Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. Master Thesis. Duke University.
- Audubon, J.J. (2012). The birds of America. NY, USA: *Published V.G. Audubond.*
- Bornatowski, H.; Rennó-Bragaa, R. y Simões-Vitule, J.R. (2014). Threats to sharks in a developing country: The need for effective and simple conservation measures. *Nat Conservacao*, 12: 11-18.

- Calderón-Riverroll, G. y Ness, E. (1987). *Atlas/Memoria del levantamiento geofísico de la zona exclusiva y margen continental oeste de México. Gravedad, magnetismo y batimetría*. México: Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval, IX-65.
- Clothier, C.R. (1950). A key to some southern California fishes based on vertebral characters. California Department of Fish and Game. *Fishery Bulletin*, 79: 1-83.
- Compagno, L.J.V. (1984). Sharks of the World: An annotated and illustrated catalogue of the shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. En: W. Fischer y C.E. Nauen (Eds.), *FAO Species Catalogue* (pp. 251-655). Vol. 4, Fisheries synopsis No. 125. Roma: FAO.
- Dodrill, J.W. y Gilmore, R.G. (1977). Land birds in the stomachs of tiger sharks *Galeocerdo cuvieri* (Peron and Lesueur). Contribution No. 78. Fort Pierce, Florida: The Harbor Branch Foundation Inc.
- Ellis, J.R.; Pawson, M.G. y Shackley, S.E. (1996). The comparative feeding ecology of six species of shark and four species of ray (Elasmobranchii) in the north-east Atlantic. *J Mar Biol Assoc UK.*, 76: 89-106.
- Estupiñan-Montaño, C.; Estupiñan-Ortiz, J.F.; Cedeño-Figueroa, G.; Galván-Magaña, F. y Polo-Silva, C.J. (2017). Diet of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, and the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in the eastern Pacific Ocean. *Turk. J Zool.*, 41: 1111-1117.
- Favela-Mesta, J. (2018). Las mascaritas endémicas y en peligro de extinción en México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E. y Niem, V.H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Roma: Departamento de Pesca de la FAO e Instituto de Investigaciones Senckenberg.
- Gallagher, A.J.; Jackson, T. y Hammerschlang, N. (2011). Occurrence of tiger shark *Galeocerdo cuvier* scavenging on avian prey and its possible connection to large-scale bird die-offs in the Florida keys. *Florida Scient.*, 74(4): 264-269.
- Galván-Magaña, F.; Nienhuis, H. y Klimley, A.P. (1989). Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower gulf of California, Mexico. *Calif. Fish Game*, 75(2): 74-84.
- Heithaus, M. (2001). The biology of the tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*, in shark bay, Western Australia: Sex ratio, size distribution, diet, and seasonal changes in catch rates. *Environ Biol Fish*, 6: 25-36.

- Heithaus, M.R. y Dill, L.M. (2006). Does tiger shark predation risk influence foraging habitat use by bottlenose dolphins at multiple spatial scales? *Oikos*, 114: 257-264.
- Heithaus, M.R.; Frid, A.J.; Wirsing, A.J. y Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Elsevier Science Direct*, 23 (4): 202-210. doi:10.1016/j.01.003
- Lowe, C.G.; Wetherbee, B.M.; Crow, G.L. y Tester, A.L. (1996). Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters. *Environ. Biol. Fishes*, 47(2): 203-211. doi:10.1007/BF00005044
- Matich, P.; Heithaus, M.R. y Layman, C.A. (2010). Size-based variation in intertissue comparisons of stable carbon and nitrogen isotopic signatures of bull sharks (*Carcharhinus leucas*) and tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 67(5): 877-885.
- Pinkas, L.; Oliphant, M.S. y Iverson, L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. California: California Department of Fish and Game. *Fisheries Bulletin*, 152.
- Portela, E.; Beir, E.; Barton, E.D.; Castro, R.; Godínez, V.; Palacios-Hernández, E.; Fiedler, P.C.; Sánchez-Velasco, L. y Trasviña, A. (2016). Water masses and circulation in the tropical pacific off Central Mexico and surrounding areas. *J Phys. Oceanogr.*, 46: 3069-3081.
- Rada, D.P.; Burgess, G.H.; Rosa, S.R. y Gadig, O.B.F. (2015). Necrophagy of a nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*) by tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*). *Univ. Sci.*, 20(3): 313-320.
- Randall, J.E. (1992). Review of the biology of the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*). *Mar. Freshwater Res.*, 43: 21-31.
- Simpfendorfer, C. (2009). *Galeocerdo cuvier*. En: *The IUCN Red List of Threatened Species 2009*. International Union for Conservation of Nature (IUCN), e.T39378A10220026
- Simpfendorfer, C.A.; Goodreid, A.B. y McAuley, R.B. (2001). Size, sex, and geographic variation in the diet of tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*, from Western Australian waters. *Environ. Biol. Fishes*, 61: 37-46. doi:10.1023/A:1011021710183.
- Smale, M.J. y Cliff, G. (1998). Cephalopods in the diets of four shark species (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna lewini*, *S. zygaena* and *S. mokarran*) from KwaZulu-Natal, South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 20 (1): 241-253.

Presencia de plásticos en el componente trófico del tiburón sedoso *Carcharhinus* *falciformis* Müller & Henle (1839)

Bernabé Aguilar-Palomino
Sergio Alejandro Briones-Hernández
Armando Banda-Dávila
Alonso Becerra-Gómez
Carlos Alberto Amezcua-Gómez
Daniel Godínez-Siordia
José Ángel Hinojosa Larios,

Resumen

La presencia de residuos y basura de origen plástico en los océanos es una problemática presente en todo el mundo, ya que las corrientes marinas contribuyen a su dispersión. Algunas instancias internacionales, como la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), se han pronunciado al respecto, ya que se registran miles de toneladas de estos residuos en algunas regiones marinas, que afectan tanto al paisaje como a los organismos marinos que habitan dichas áreas del disturbio ambiental que es generado por el inadecuado manejo antrópico de los residuos a nivel mundial. El objetivo es demostrar cómo afecta esta problemática al tiburón *C. falciformis*, de 640 estómagos analizados en 8% se encontraron pedazos y tapas de botellas de plástico; se registran casos extremos en los que botellas de plástico obstruyeron totalmente el tracto digestivo del organismo, sin encontrarse restos de otros alimentos y con muestras marcadas de desnutrición. La presencia de residuos plásticos sustituye el alimento natural de la

especie, cuya dieta está constituida por cefalópodos, peces y crustáceos. Se concluye que la presencia de plásticos en los océanos afecta de manera negativa al tiburón *C. falciformis*.

Palabras clave

Basura, restos de plástico, tiburón, Pacífico central.

Presence of Plastics in the Trophic Component of the *Carcharhinus falciformis* Silky Shark Muller & Henle (1839)

Abstract

Plastic debris in the ocean is a worldwide problematic since marine currents contribute to its dispersion. Some international agencies such as NOAA have spoken about it, registering thousands of tons of plastic debris in some marine regions. This garbage affects both the landscape and the organisms living in areas that have been affected due to the inappropriate management of garbage around the world. The present study shows the effect of plastic debris on the *C. falciformis* silky shark. Plastic was found in 8% of the 640 stomachs analyzed. Plastic pieces were from plastic bottles and bottle tops which sharks confuse with food and swallow. In some cases, plastic bottles obstruct the whole digestive track, and no other food remains were found. The shark shows clear malnutrition due to the lack of natural food constituted by cephalopods, fish, and crustaceans. In conclusion, the presence of plastic debris in the ocean affects the *C. falciformis* in a negative way.

Keywords

Garbage, plastic waste, Shark, Pacific Central.

Introducción

La presencia de restos de plásticos considerada basura se ha vuelto abundante en ríos (Windsor *et al.*, 2019), lagos (Driedger *et al.*, 2015), mares y océanos (Cole *et al.*, 2011), convirtiéndose en una amenaza para la fauna que habita estos ecosistemas (Anderson *et al.*, 2016; Woods *et al.*, 2019). Se han registrado restos plásticos en los tractos digestivos de aves (Basto *et al.*, 2019; Rossi *et al.*, 2019), peces (Lehtiniemi *et al.*, 2018; Nelms *et al.*, 2018) e invertebrados (Windsor *et al.*, 2019), causando estragos en los ciclos de vida de estos organismos (Wilcox *et al.*, 2016; Woods *et al.*, 2019).

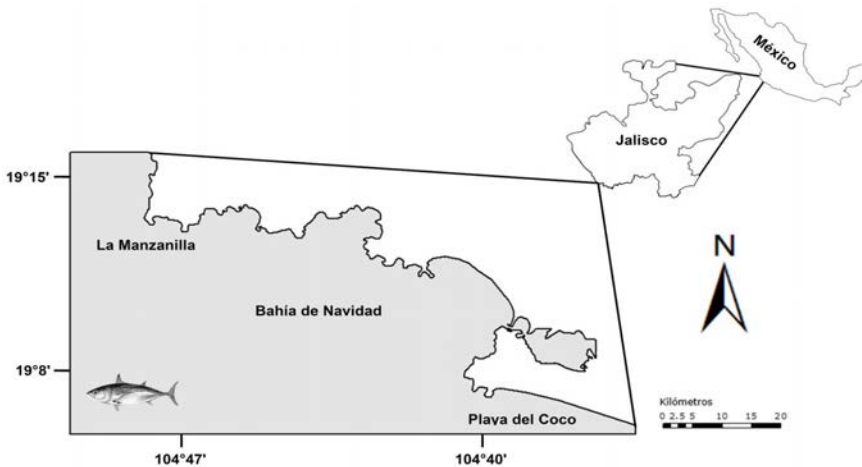
En el evento organizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para el medio ambiente, realizado en Nairobi, Kenya, en 2018, el tema central versó sobre el impacto de los restos de plásticos presentes en mares y océanos, así como el tiempo de persistencia en estos ecosistemas que puede llegar a 400 años (Haward, 2018). Considerando que la producción mundial de plásticos en todas formas y tamaños alcanzó los 380 millones de toneladas métricas en 2015 (Groh *et al.*, 2019), por lo que destaca la importancia de su impacto para la salud ambiental y humana, la economía y la seguridad alimentaria (Wilcox *et al.*, 2016; Antão-Barboza *et al.*, 2018; Beaumont *et al.*, 2019), así como su uso actual y manejo futuro (De Sá *et al.*, 2018). El presente trabajo aborda la ingestión de restos de plástico por el tiburón *Carcharhinus falciformis*, como un ejemplo del impacto sobre esta especie; así como de la basura marina constituida de plásticos y del daño que puede causar a éste y otros organismos marinos en caso de ingestión, causando incluso la muerte.

Metodología

La localidad de Barra de Navidad se encuentra localizada al sur de la costa del estado de Jalisco, colinda con la región marina norte del estado de Colima (figura 1). Las masas de agua en el área de estudio se encuentran regidas por aguas del golfo de California, aguas tropicales superficiales y aguas transicionales. Durante el invierno (enero-marzo) hay presencia de aguas transicionales y aguas tropica-

les superficiales, en cuyo periodo alcanza su temperatura más baja; en primavera (abril-junio) hay presencia de las tres masas de agua; y en verano y otoño (julio-diciembre) hay mayor presencia de aguas tropicales superficiales (Portela *et al.*, 2016). Así mismo, tributan los ríos Marabasco, San Nicolás, Purificación, Tomatlán y Ameca, que aportan sus aguas a la región (Calderón-Riveroll y Ness, 1987).

Figura 1
Área de estudio donde se capturaron
los tiburones *C. falciformis*



Como parte del proyecto de investigación sobre la biología básica de tiburones y rayas de la costa de Jalisco, se abordó el conocimiento de la ecología trófica del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis*, para lo cual se disectaron por el vientre 640 ejemplares con la finalidad de extraer los tractos digestivos y conocer su componente trófico. Los organismos muestreados midieron entre 0.55 a 235 m de longitud total (figura 2) y fueron capturados entre 2012 a 2018 por pescadores artesanales en la localidad de Barra de Navidad, Jalisco, México. Los tractos digestivos se analizaron cualitativamente mediante las claves especializadas de Fischer *et al.* (1995), y para cada grupo taxonómico y para los restos y esqueletos de peces según Clothier (1950). Los restos de basura y plásticos se

pesaron e identificaron por similitud con artículos completos y en mejor estado respecto a los encontrados en los tractos digestivos (Cassola *et al.*, 2019). Se realizó un análisis cuantitativo para determinar las proporciones de los restos de plástico y la importancia de cada categoría trófica en el componente alimenticio del tiburón sedoso *C. falciformis*.

Figura 2
Extracción de restos de plástico
del tracto digestivo de *C. falciformis*



Se utilizó el índice de importancia relativa (IIR) (Pinkas *et al.*, 1971) para analizar la cantidad de las presas, el cual incorpora los valores volumétricos y números de especies presa (j), así como la frecuencia de aparición en el contenido estomacal del pez, expresado con la siguiente fórmula:

$$IIRj = (\%Vj + \%Nj) \times \%Fj$$

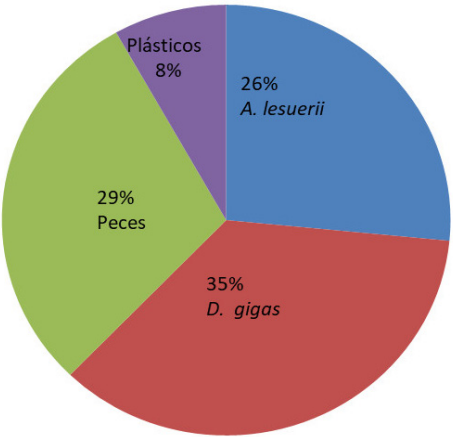
Donde %V = porcentaje del volumen de los organismos presa, %Nj = porcentaje del número de organismos presa y %Fj = porcentaje de ocurrencia de organismos presa.

Resultados

Con base al componente del espectro trófico de 640 tiburones *C. falciformis*, se identificaron cualitativamente tres categorías: cefalópodos, peces y restos de plásticos; con el análisis cuantitativo se registraron cefalópodos de dos especies de calamares: *Dosidicus gigas* y *Ancistrocheirus lesuerii*, con 35 y 26% de IIR, respectivamente; la categoría de peces con 29%; mientras que los restos de plásticos representaron 8% en el IIR, identificados como tapas de botellas, pedazos y restos de envases, botellas completas y restos de diversos artículos de plástico de polivinilo (PVC) que el tiburón confundió con su alimento natural y lo consumió (figura 3).

Figura 3

Representación porcentual del IIR con 8% de frecuencia de aparición de plásticos en el componente trófico del tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis*



Los restos de plástico no fueron digeridos en su totalidad y se encontraron deformados por la mordida, tal como se muestran en las figuras 4 y 5. Algunos de los tiburones analizados mostraron un aspecto debilitado, uno de ellos delgado y con el vientre abultado debido a una botella polivinilo (PVC) que obstruía su tracto digestivo.

Figura 4
Restos de vasos desechables o poliestireno
junto con restos de peces



Figura 5
Restos de tapas de botellas o polipropileno
junto con restos de peces



Discusión

La presencia de basura compuesta por restos de plástico de diversos tipos es comunmente encontrada en los ecosistemas acuáticos como ríos, lagos y océanos, y afecta notablemente las poblaciones y los ciclos de vida de los organismos que los habitan (Cole *et al.*, 2011; Driedger *et al.*, 2015; Windsor *et al.*, 2019). Al impacto ocasionado se suma el consumo directo de plásticos por especies como el tiburón *C. falciiformis* y, en consecuencia, la intoxicación, ya que los plásticos pueden liberar sustancias como el bisfenol A (BPA) y el oligómero (PS), que son compuestos químicos potencialmente tóxicos, tanto el BPA como el PS pueden alterar la función hormonal en los animales y afectar gravemente el sistema reproductivo (Woods *et al.*, 2019). Además de afectarlo propiamente como individuo y a su población, afectará al resto de la cadena trófica, incluyendo a la especie humana, al consumir la carne y otros productos consumibles de estos elasmobranquios.

Según la Agencia Europea de Sustancias Químicas, de 906 productos químicos probablemente asociados con envases de plástico, 63 están en el puesto más alto de riesgos para la salud humana y 68 para los riesgos ambientales (Woods *et al.*, 2019), por lo que es recomendable continuar con estudios bioquímicos y moleculares en los productos extraídos de los tiburones de la especie que nos ocupa en el presente trabajo, para así determinar con precisión cuáles de estos 63 productos químicos nocivos se encuentran en sus tejidos.

Los desechos y restos de plástico tienen diversos orígenes, algunos de los más importantes son los captados y llevados por los afluentes de los ríos que vierten sus caudales en las regiones costeras; en particular, cinco ríos desembocan en la costa de Jalisco que pasan por grandes ciudades y poblaciones culminando sus aguas en la región marina donde fueron capturados los ejemplares de *C. falciiformis*. Otro aspecto a considerar es la cercanía a la zona costera de poblaciones con actividad turística, pues generan desechos de plásticos y muchos de ellos tienen como destino final las áreas marinas, problema ocasionado por el incipiente o nulo manejo antrópico de basuras y desechos de plásticos (Aguilar-Palomino, 2017).

Por sus características físicas, los diferentes tipos de plástico, se captan y se acumulan en el medio marino en diferentes estratos batimétricos e interactúan con diversas especies; pueden ser ingeridos por organismos de los diferentes niveles tróficos de la cadena alimenticia, desde invertebrados a consumidores primarios, secundarios y hasta terciarios, acumulando las sustancias químicas de dichos desechos y afectando de diferentes maneras a cada uno de los niveles, pero que en conjunto representan una amenaza para la biodiversidad marina (Schwarz *et al.*, 2019; Woods *et al.*, 2019).

El tiburón sedoso (*C. falciformis*) es considerado un depredador tope o consumidor terciario, por lo que es probable que tenga restos químicos acumulados de los plásticos que previamente consumieron sus presas, adicionales a los liberados por los plásticos que directamente ingirió (Cole *et al.*, 2011; Windsor *et al.*, 2019).

En particular, el porcentaje de 8% de frecuencia de aparición de restos de plástico observado en el análisis del componente trófico de *C. falciformis* demuestra su presencia y, con esto, la posible afectación orgánica de la especie; sin considerar las sustancias químicas peligrosas de origen plástico captadas mediante transferencia de sus presas vía depredación. Por lo tanto, es recomendable y de vital importancia realizar análisis químicos y moleculares que permitan visualizar los efectos de los restos de plástico en el tiburón sedoso *C. falciformis* y en sus consumidores más cercanos.

Conclusiones

El porcentaje de 8% de restos de plásticos encontrados en los tractos digestivos del tiburón sedoso (*C. falciformis*), es un indicador importante de amenaza para la especie y sus poblaciones, debido a que afecta el proceso de alimentación natural de las especies y, por ende, en perjuicio para la salud pública por los productos aprovechables extraídos del tiburón. El presente trabajo es el primer reporte conocido de este tema y abre camino para la realización de análisis posteriores.

Literatura citada

- Aguilar-Palomino, B. (2017). Ictiofauna marina y lagunar estuarina de la costa del estado de Jalisco. En: Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad, *La biodiversidad en Jalisco. Estudio de Estado* (pp. 287-296). Volumen II. México: CONABIO.
- Anderson, J.C.; Park, B.J. y Palace, V.P. (2016). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems, *Environmental Pollution*, 218: 269-280.
- Antão-Barboza, L.G.; Vethaak, Dick A.; Lavorante, B.R.B.O.; Lundebye, A.-K. y Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133: 336-348.
- Basto, M.N.; Nicastro, K.R.; Tavaresa, A.I.; McQuaid, C.D.; Casero, M.; Azevedo, F. y Zardi, G.I. (2019). Plastic ingestion in aquatic birds in Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, 138: 19-24.
- Beaumont, N.J.; Aanesen, M.; Austen, M.C.; Börger, T.; Clark, J.R., Cole, M.; Hooper, T.; Lindeque, P.K.; Pascoe, C. y Wyles, K.J. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic, *Marine Pollution Bulletin*, 142: 189-195.
- Calderón-Riveroll, G. y Ness, E. (1987). *Atlas/Memoria del levantamiento geofísico de la zona exclusiva y margen continental oeste de México. Gravedad, magnetismo y batimetría*. México: Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. IX-65.
- Cassola, G.E.; Zadjelovic, V.; Gibson, M.I. y Christie-Oleza, J.A. (2019). Distribution of plastic polymer types in the marine environment: A metaanalysis. *Journal of Hazardous materials*, 369: 691-698.
- Clothier, C.R. (1950). A key to some southern California fishes based on vertebral characters. California Department of Fish and Game. *Fishery Bulletin*, 79: 1-83.
- Cole, M.; Lindeque, P.; Halsband, C. y Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12): 2588-2597.
- De Sá, L.C.; Oliveira, M.; Ribeiro, F.; Lopes-Rocha, T. y Futter, M.N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future. *Science of the Total Environment*, 645: 1029-1039.
- Driedger, A.G.J.; Dürr, H.H.; Mitchell, K. y Van Cappellen, P. (2015). Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: A review. *Journal of great lakes research*, 41: 9-19.

- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E. y Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Roma: Departamento de Pesca de la FAO e Instituto de Investigaciones Senckenberg.
- Groh, K.J.; Backhaus, T.; Carney-Almroth, B.; Geueke, B.; Inostroza, P.A.; Lennquist, A.; Leslie, H.A.; Maffini, M.; Slunge, D.; Trasande, L.; Warhurst, M. y Muncke J. (2019) Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of the Total Environment*, 65: 3253-3268.
- Haward, M. (2018). Plastic pollution of the world's seas and oceans as a contemporary Challenge in ocean governance. *Nature Communications*, 9: 667.
- Lehtiniemi, M.; Hartikainen, S.; Näkkia, P.; Engström-Öste, J.; Koistinen, A. y Setälä, O. (2018). Size matters more than shape: Ingestion of primary and secondary microplastics by small predators. *Food Webs*, 16: e00097.
- Nelms, S.E.; Galloway, T.S.; Godley, B.J.; Jarvis, D.S. y Lindeque, P.K. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution* 238: 999-1007.
- Pinkas, L.; Oliphant, M.S. y Iverson, L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. California: California Department of Fish and Game. *Fisheries Bulletin*, 152.
- Portela, E.; Beir, E.; Barton, E.D.; Castro, R.; Godínez, V.; Palacios-Hernández, E.; Fiedler, P.C.; Sánchez-Velasco, L. y Trasviña, A. (2016). Water masses and circulation in the tropical pacific off Central Mexico and surrounding areas. *Journal of Physical Oceanography*, 46: 3069-3081.
- Rossi, L.C.; Scherer, A.L. y Petry, M.V. (2019). First record of debris ingestion by the shorebird *American Oystercatcher* (*Haematopus palliatus*) on the Southern coast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 138: 235-240.
- Wilcox, C.; Mallos N.J.; Leonard, G.H.; Rodríguez, A. y Hardesty, B.D. (2016). Using expert elicitation to estimate the impacts of plastic pollution on marine wildlife. *Marine policy* 65, 107-114.
- Windsor, F.M.; Tilley, R.M.; Tyler, C.R. y Ormerod, S.J. (2019) Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates, *Elsevier Science of the Total Environment*, 646: 68-74.
- Woods, J.S.; Rødder, G. y Verones, F. (2019). An effect factor approach for quantifying the entanglement impact on marine species of macroplastic debris within life cycle impact assessment. *Ecological indicators*, 99: 61-66.

Fecundidad parcial y relativa de la jaiba azul (*Callinectes arcuatus*) en el litoral de Nayarit, México, en 2015

Manuel Garduño-Dionate
Pablo Alejandro Pérez-Velázquez
Francisco Javier De la Cruz-González
María Concepción Luna-Raya
José Alberto Rodríguez-Preciado

Resumen

La pesquería de jaiba azul *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863), tiene importancia económica y pesquera en las marismas nacionales y en el litoral de Nayarit, con escaso conocimiento del potencial reproductivo o fecundidad parcial y relativa de la especie. Se evaluó el número de huevos de *C. arcuatus* a través de muestreos biológico-pesqueros realizados de la captura incidental de la pesquería de arrastre de camarón, realizada en la zona costera de la Boca de Camichin, Nayarit, en 2015; se colectaron 17 gónadas de hembras ovígeras. La fecundidad parcial se estimó por el método gravimétrico. En la temporada 2015, la fecundidad parcial promedio fue de 286 274 $\sigma=118135$ huevos, valor mínimo de 107 371 y valor máximo de 541 006 huevos, ancho de caparazón promedio de 85 mm $\sigma=15.48$ y peso total promedio de 63.32 g $\sigma=24.23$. La relación fecundidad parcial-ancho de caparazón (AC) fue lineal, establecida por la ecuación $F = 63159.43 + 4121.37 (AC)$. Asimismo, la relación fecundidad parcial-peso total (P) fue de tipo lineal, representada por la ecuación $F = 32124.85 + 2193.29 (P)$; además, se compararon los resultados de la fecundidad parcial, fecundidad relativa y peso de la masa ovígera a través de los estadísticos de comparación de varias muestras y prueba de múltiples rangos, utilizando el programa Statgraphics Centurion XV (2006); estas variables presentaron diferencias significativas $P < 0.05$ con un intervalo de confianza de 95%.

Palabras clave

Fecundidad parcial, fecundidad relativa, hembra ovígera, gónada, huevo, captura incidental.

Partial and relative Fecundity of *Callinectes arcuatus* Blue Crab on the Coast of Nayarit, México, in 2015

Abstract

The *Callinectes arcuatus* blue crab fishery (Ordway, 1863) has economic and fishery importance in the National and Coastal Marshes of Nayarit, with little knowledge of the reproductive potential or partial and relative fertility of the species. The number of eggs of *C. arcuatus* was evaluated through biological-fishing sampling of the bycatch of the shrimp trawl fishery in the coastal area of Boca de Camichin, Nayarit, in 2015; 17 gonads were collected from ovigerous females. The partial fertility was estimated by way of the gravimetric method. In the 2015 season, the average partial fertility was 286 274 σ = 118 135 eggs, minimum value of 107 371 and maximum value of 541 006 eggs, average shell width of 85 σ = 15.48 mm and average total weight of 63.32 σ = 24.23g. The partial fertility - shell width (AC) relation was linear, established by equation $F = 63\,159.43 + 4\,121.37 (AC)$. Also, the partial fertility - total weight (P) relation was linear, represented by the equation $F = 32\,124.85 + 2\,193.29 (P)$. In addition, the results of the partial fertility, relative fertility, and weight of the ovigerous mass were compared, through the statistics of comparison of several samples and multiple range test, using the Statgraphics Centurion XV program (2006). These variables presented significant differences $P < 0.05$ with a 95% confidence interval.

Keywords

Partial fertility, relative fecundity, ovigerous female, gonad, egg, bycatch.

Introducción

La jaiba azul *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) en las marismas nacionales de Nayarit, constituye una pesquería en crecimiento e importancia socioeconómica. Su producción pesquera en el Pacífico mexicano se desarrolla de manera destacada en las entidades de Sinaloa (54%), Sonora (31%), Nayarit (6%) y Baja California Sur (4%) (DOF, 2018). La distribución geográfica de *C. arcuatus* es desde Los Ángeles, California, EE.UU., hasta Mollenda, Perú, e Isla Galápagos (Hendrickx, 1984). La pesquería de jaiba es una actividad artesanal en la que se utilizan las artes de pesca de trampas, aros y fisgas (Molina-Ocampo y Márquez-Farías, 2004), además de sacadores y ganchos (Ramírez-Félix *et al.*, 2003). El género *Callinectes* goza de amplia aceptación comercial en México, por su textura y sabor de su carne, y hace de este recurso un producto de exportación, ya sea como jaiba blanda (los organismos recién mudados) o como carne de jaiba, tanto a granel como enlatada (Escamilla-Montes *et al.*, 2013); se pueden comercializar vivas hasta varios días después de la captura y de buena calidad nutricional (Rodríguez De la Cruz, 1988; Ruíz-Durá, 1985; Pacheco, 1993).

Las jaibas son organismos gonocóricos que tienen preferencias por ambientes someros de fondos blandos y sustratos arenosos, en áreas con grandes extensiones de manglar, parches de macroalgas y praderas de pastos marinos (Paul, 1982; Cisneros-Mata *et al.*, 2014). En el ámbito ecológico, los crustáceos son importantes en la aceleración del ciclo de la materia por encontrarse cerca de las bases de las redes tróficas en los ambientes acuáticos y sirven como alimento de especies comerciales (McConnaughey, 1974; López, 1986; Rodríguez, 1991). Actúan como depredadores de crustáceos y moluscos, y regulan las poblaciones en sustratos suaves y desprotegidos (Rodríguez-Rojero, 2004). La jaiba azul tiene un intervalo amplio de salinidad (de 1 a 65 ups), en comparación con *C. bellicosus*, el cual es de 31 a 38 ups (Norse y Estévez, 1977).

La fecundidad o potencial reproductivo, garantiza la preservación de las especies, a través del reclutamiento de juveniles a la población (Garduño-Dionate *et al.*, 2019). Salgado *et al.* (1994) estimaron que las hembras inmaduras tienen un ancho de caparazón (AC) de 4 a 9 cm, las maduras de 6.5 a 11 cm y las hembras

ovígeras de 7 a 11 cm. En condiciones de cultivo, el conocimiento de la fecundidad permitiría aprovechar al máximo el potencial reproductivo y conocer los aspectos biológicos, como la estrategia de reproducción y evolución (García-Montes *et al.*, 1987). Dependiendo de la especie, las hembras pueden producir de uno a ocho millones de huevos en aguas con salinidades al menos de 20 ups (Arshad *et al.*, 2006; Fischer y Wolff, 2006; Wilcox, 2007).

Uno de los métodos usados para estimar la fecundidad parcial es el gravimétrico, el cual se basa en el peso de los huevos una vez que se han desprendido de los pereiópodos de las jaibas ovígeras (Holden y Raitt, 1975). Quijano (1985) estimó la fecundidad parcial promedio de *C. arcuatus* en 800 170 huevos en el sur de Sinaloa. Ortega-Salas (1994) analizó la fecundidad de *C. arcuatus* en el Tapo Caimanero, Sinaloa, y estimó 870 000 huevos para hembras con 86 mm de ancho de caparazón. Por su parte, Escamilla-Montes *et al.* (2013) estimaron en Ensenada de La Paz, golfo de California, la fecundidad parcial promedio de *C. arcuatus* en 4'094 171 huevos con 1 796 de desviación estándar (SD); mientras que Diarte-Plata (2016) registra en laguna El Colorado en Ahome, Sinaloa, de 581 539 huevos y 266 143 SD y Cruz-Pérez (2015) en el sistema lagunar Mar Muerto-Paredón, Chiapas, 1'552 959 y 699 023 SD. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo es estimar la fecundidad parcial y relativa de *C. arcuatus* para conocer el potencial reproductivo de la población en la costa de Nayarit durante la temporada de 2015.

Metodología

Se recolectaron 17 gónadas de hembras ovígeras de jaiba azul *C. arcuatus*, perteneciente a la captura incidental de la pesquería de camarón que opera en la zona 40 y 44 del litoral de Nayarit, frente a Boca de Camichín 22° 6' 52" N y 105° 37' 45" O (figura 1).

De las 17 hembras se registraron el AC con un vernier de precisión de 0.1 mm y el peso total (PT) con balanza electrónica con precisión de 0.1 g. Para el estudio de la fecundidad de *C. arcuatus*, se utilizó el método gravimétrico descrito por Bagenal (1979), se pesaron tres submuestras de 0.05 g de la masa ovígera de cada una de las 17 hembras, con una balanza analítica digital (Sartorius®) con precisión de 0.0001 g. Los huevos de cada submuestra fueron

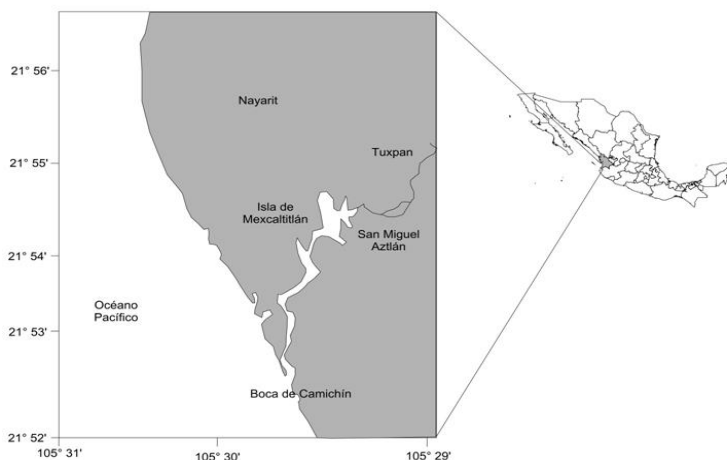
separados por sumersión en agua con cloro a 5% durante cinco minutos, posteriormente drenados y enjuagados en una solución de tiosulfato de sodio a 5% (Choy, 1985); para el conteo de los huevos, se depositaron en una caja de Petri circular y en microscopio (Carl Zeiss®) se contaron todos los de cada una de las tres submuestras; la suma del total de huevos se extrapoló al peso total de la masa ovígera. Para estimar la fecundidad parcial de cada hembra, se usó la ecuación propuesta por Holden y Raitt (1975):

$$F = n * PMO / p_{sub}$$

Donde F = fecundidad parcial, n = número total de huevos en las tres submuestras, PMO = peso de la masa ovígera y p_{sub} = peso de las submuestras.

Figura 1

Zona de recolecta de hembras ovígeras de *Callinectes arcuatus* en la zona litoral de Nayarit, frente a Boca de Camichín



También se estimó la fecundidad relativa, considerada como el número de huevos por gramo de peso de ova (Diarte-Plata, 2016) y se compararon los resultados de la fecundidad parcial, fecundidad relativa y peso de la masa ovígera de este trabajo con los resultados

obtenidos por Escamilla-Montes *et al.* (2013) en Ensenada de La Paz, Baja California Sur, así como con los estimados por Cruz-Pérez (2015) en el sistema lagunar de Mar Muerto-Paredón, Chiapas, a través de los estadísticos de comparación de varias muestras y prueba de múltiples rangos, utilizando el programa Statgraphics Centurion XV (2006).

Resultados

El estudio de la fecundidad parcial y relativa de los recursos pesqueros con importancia socioeconómica es necesario para el conocimiento y manejo de la dinámica poblacional de las especies pesqueras, dirigido al aprovechamiento sustentable. Los estimados de la fecundidad parcial y fecundidad relativa de *C. arcuatus* se presentan en el cuadro 1, donde se observan fluctuaciones no directas de la fecundidad parcial y relativa, con respecto al ancho de caparazón, peso total y peso de la masa ovígera.

Cuadro 1
Fecundidad parcial y relativa de *C. arcuatus*
en Boca de Camichín, costa de Nayarit, 2015

Ancho caparazón (mm)	Peso total (g)	Peso masa ovígera (g)	Número huevos	Fecundidad parcial	Fecundidad relativa
49	81.3	15.9	3 206	339 881	21 376
66	45.6	4.9	3 287	107 372	21 913
72	38.0	7.5	3 340	166 975	22 263
80	53.8	7.3	3 962	192 798	26 411
82	41.8	8.2	3 541	193 557	23 605
84	54.4	8.3	3 070	169 887	20 468
85	45.0	17.7	3 299	389 314	21 995
88	57.5	13.8	3 726	342 827	24 843
90	56.3	14.6	3 364	327 455	22 428
91	67.8	11.9	3 321	263 461	22 140
92	64.0	15.8	3 615	380 776	24 100
93	64.0	9.8	3 380	220 810	22 532
102	85.0	13.7	4 070	371 720	27 133
113	132.7	23.0	3 528	541 006	23 522

Los resultados promedio y desviación estándar en la temporada 2015 fueron de 85 mm (AC) $\pm$ 15.48 mm (SD) y valores mínimo-máximo de 49-113 mm; peso total de 63.3 ± 24.23 g con valor mínimo y máximo de 38.01-132.74 g; peso masa ovígera 12.36 ± 4.96 g y valor mínimo y máximo de 4.94-23.08 g; número total de huevos 3479 ± 283.66 con mínimo y máximo de 3070-4070 huevos; fecundidad parcial 286274 ± 118135 y valor mínimo y máximo de 107372-541006 huevos y la fecundidad relativa de 4602 ± 1573.90 con 20468-27133 huevos * g⁻¹.

Los valores estimados de peso de la masa ovígera y de las fecundidades parcial y relativa de este trabajo se compararon con los resultados estimados para esta misma especie *C. arcuatus* por Escamilla-Montes *et al.* (2013) en Ensenada de La Paz, Baja California Sur, y por Cruz-Pérez (2015) en el sistema lagunar de Mar Muerto-Paredón, Chiapas, a través de análisis de comparación de varias muestras y prueba de múltiples rangos; los resultados se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2

Análisis de la prueba comparación de varias muestras de las variables, peso de la masa ovígera y fecundidades parcial y relativa de *Callinectes arcuatus*

ANOVA	Razón	Valor
Variable/(zona)	F	P
Peso masa ovígera (A, B y C)	10.69	6.0 E-03
Fecundidad parcial (A, B y C)	23.55	1.0 E-06
Fecundidad relativa (A, B y C)	211.37	1.0 E-07

(A) Ensenada de La Paz, Baja California; (B) Boca de Camichín costa de Nayarit y (C) Mar Muerto-Paredón, Chiapas. Usando el software Statgraphics Centurion XV (2006).

Con la prueba de múltiples rangos se determinó cuáles medias fueron significativamente diferentes entre la masa ovígera y fecundidad parcial y relativa de la jaiba azul en las zonas de comparación, los resultados se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3

Prueba de múltiples rangos de las variables peso masa ovígera, fecundidad parcial y relativa de *Callinectes arcuatus*

Contraste	Diferencia	Grupos
Variable/(zona)	Significativa	Homogéneos
Peso masa ovígera (A-B)	21.07	
Peso masa ovígera (A-C)	20.36	
Peso masa ovígera (B-C)		-0.71
Fecundidad Parcial (A-B)	3.75 E-06	
Fecundidad Parcial (A-C)	2.21 E-06	
Fecundidad Parcial (B-C)	1.53 E-06	
Fecundidad Relativa (A-B)	90,726	
Fecundidad Relativa (A-C)		-8,729
Fecundidad Relativa (B-C)	-99,455	

(A) Ensenada de La Paz, Baja California; (B) Boca de Camichín costa de Nayarit y (C) Mar Muerto-Paredón, Chiapas. Usando el software Statgraphics Centurion XV (2006).

Los valores promedio de ancho de caparazón, peso total, peso masa ovígera, número de huevos, fecundidad parcial y fecundidad relativa de las hembras de *C. arcuatus* obtenidos en este estudio, se compararon con los estimados por Escamilla-Montes *et al.* (2013) y Cruz-Pérez (2015), los resultados se muestran en el cuadro 4.

Por su parte, las relaciones fecundidad parcial-ancho de caparazón y fecundidad parcial-peso total de las hembras ovígeras se determinaron como de tipo lineal con las siguientes ecuaciones (figuras 2 y 3, respectivamente):

$$F = 63\,159.43 + 4\,121.37AC$$

$$F = 32\,124.85 + 2\,193.29 P$$

Cuadro 4

Comparativo de los parámetros biométricos promedio y fecundidades parcial y relativa promedio de *Callinectes arcuatus* en Ensenada de La Paz, Baja California Sur; sistema lagunar Mar Muerto-Paredón, Chiapas, y Boca de Camichín, costa de Nayarit

Parámetros/autor	Escamilla-Montes	Cruz-Pérez	Este trabajo
	<i>et al.</i> (2013)	(2015)	(2015)
Ancho de caparazón (mm)	107	88	85
Peso total (g)	110	61	63
Peso masa ovígera (g)	36	12	12
Número de huevos	5,686	6,408	3,479
Fecundidad parcial (huevos)	4,094,171	1,552,959	286,274
Fecundidad relativa (huevos * g ⁻¹)	37,351	128,161	23,194

Figura 2

Relación fecundidad parcial-ancho de caparazón de *C. arcuatus* en Boca de Camichín costa de Nayarit, 2015

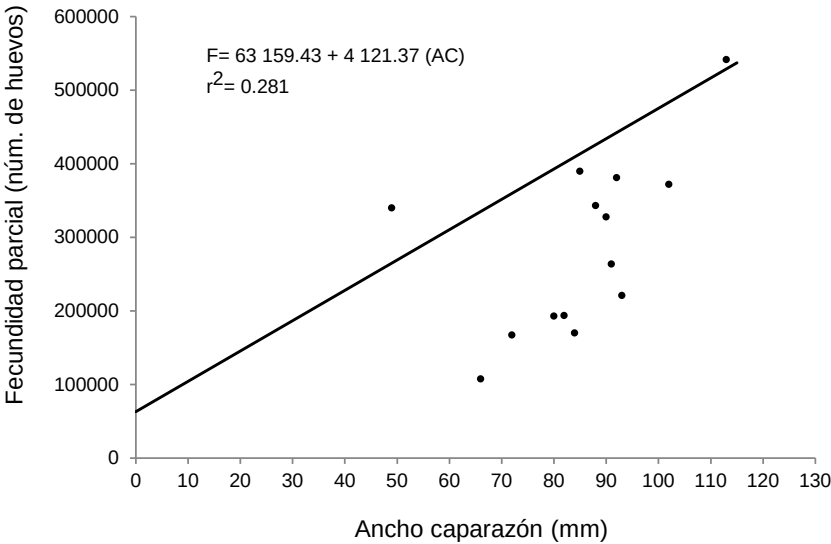
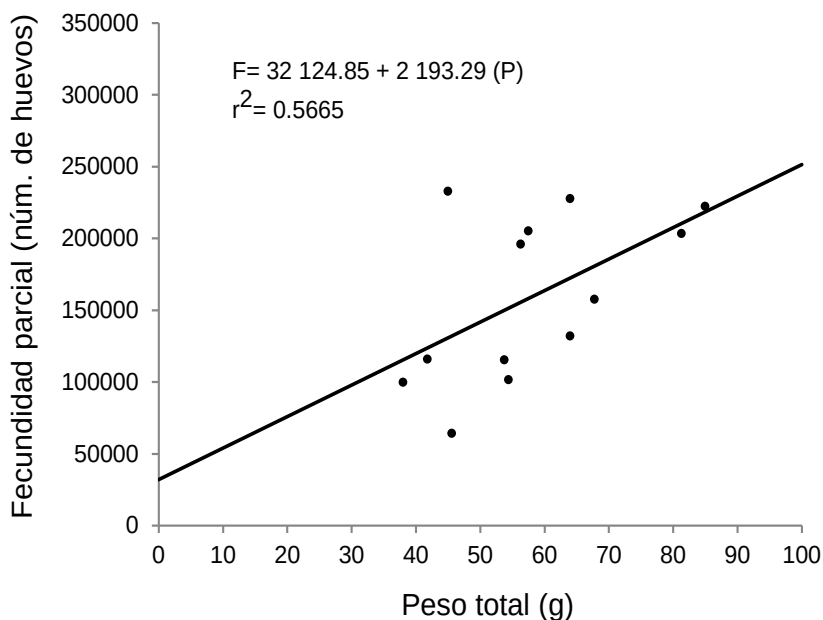


Figura 3

Relación fecundidad parcial-peso total de *C. arcuatus* en Boca de Camichín costa de Nayarit, 2015



Discusión

La evaluación de la fecundidad en las poblaciones de los recursos marinos con importancia pesquera y económica es relevante en función de la capacidad de renovación biológica que puedan desarrollar. Asimismo, la fecundidad parcial de *C. arcuatus* estimada en este trabajo, a partir de la información de la captura de hembras ovígeras procedentes de la zona costera de Nayarit, indicaron que la población de *C. arcuatus* presentó una fecundidad parcial promedio de $286\,274 \pm 11\,135$.

En lo que se refiere al análisis de la varianza, el valor P estimado para el peso de la masa ovígera y las fecundidades parcial y relativa de las pesquerías de *C. arcuatus* en las zonas de estudio, presentó valores de $6.0 \text{ E-}03$, $1.0 \text{ E-}06$ y $1.0 \text{ E-}07$, que fueron menores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, por lo que existe una diferen-

cia estadística significativa entre las medias de las tres variables con un nivel de 95% de confianza.

Con la Prueba de Múltiples Rangos se identificaron dos grupos homogéneos, los cuáles fueron para el peso de la masa ovígera de las zonas de Boca de Camichín, costa de Nayarit, y el sistema lagunar Mar Muerto-Paredón, Chiapas; de igual manera sucedió con las fecundidades relativas de Ensenada de La Paz, Baja California Sur, y Mar Muerto-Paredón, Chiapas. Las diferencias estimadas para las tres variables comparadas se deben, posiblemente, a las desigualdades en el peso de las gónadas de las hembras y de la selectividad del arte de pesca usado —arpón en Ensenada de La Paz, red de arrastre en litoral de Nayarit y trampas en Mar Muerto-Paredón—, así como a la recolecta de las hembras ovígeras en diferentes temporadas de captura y posible error en el conteo de huevos, entre otros factores.

Para los estudios relacionados de la fecundidad en los organismos de la familia Portunidae, algunos autores han demostrado que existe una correlación de la fecundidad con la talla y peso, ambas variables importantes en la producción de huevos (Ogawa y Rocha, 1976; Du Preez y McLachlan, 1984). En este trabajo, las relaciones de fecundidad parcial-ancho de caparazón y fecundidad parcial-peso total, fueron de tipo lineal con coeficientes de determinación bajos: $r^2 = 0.281$ y $r^2 = 0.566$, respectivamente, posiblemente debido al reducido tamaño de la muestra (de 17 hembras ovígeras). Paul (1982) registró para *C. arcuatus* valores mínimos de 1 000 000 y máximo de 2 000 000 de huevos, los cuales son datos aislados que, por su tamaño de la muestra, no podrían ser comparados con los resultados en este trabajo.

Por otra parte, Escamilla-Montes *et al.* (2013) estimaron una fecundidad parcial promedio para *C. arcuatus* de 4094171 ± 1796 huevos por hembra, con un ancho de caparazón de 107.0 ± 14.3 mm y la fecundidad relativa promedio de 37132 ± 5162 huevos $\cdot g^{-1}$. En este trabajo, el peso mínimo de la masa ovígera fue de 4.9 g y el valor máximo de 23 g que, en comparación con el peso mínimo y máximo de la masa ovígera de 16 y 66.6 g reportados por Escamilla-Montes *et al.* (2013), fueron más altos y, por ende, las fecundidades parcial y relativa son altas también.

Los valores de fecundidad de *C. arcuatus* estimados en este trabajo son inferiores a los estimados por otros autores, entre otros factores debido a la diferencia en el tamaño de las hembras ovígeras y a la selectividad del arte de pesca utilizado, que en el caso del trabajo de Escamilla-Montes *et al.* (2013) se utilizó el arte de pesca de la fisga o arpón de mano, considerado como selectivo; mientras que en este estudio se realizó con la red camaronera de arrastre, un arte de pesca considerado no selectivo. Otro factor es el número de desove, ya que las hembras de *C. arcuatus* pueden desovar hasta tres veces durante la misma época de reproducción, siendo mayor el número de huevos en el primer desove que en los posteriores (Paul, 1977), con lo cual se deja en claro que la fecundidad, además de la talla y peso de los organismos, también se relacionan directamente con la cantidad de desoves que tiene en una misma temporada (Cruz-Pérez, 2015).

En otros crustáceos, la fecundidad puede estar en función de la longitud, ya que en un análisis de la fecundidad para *Pachygrapsus trasversus* efectuado por Flores (1993) se encontró que el número de huevos producido aumenta en los cangrejos de longitudes mayores, lo anterior no coincidió con los resultados para *C. arcuatus* en este trabajo, ya que la fecundidad no guardó una relación directa significativa con el ancho del caparazón y peso total de la hembra. Asimismo, estas diferencias en los estudios de fecundidad de crustáceos se debe a variaciones en la talla, a la distribución latitudinal y a las adaptaciones a los diferentes hábitats de los individuos (Mantelatto y Fransozo, 1997; Cházaro-Olvera y Peterson, 2004; Darnell *et al.*, 2009).

Conclusiones

La población de jaiba azul *Callinectes arcuatus* del litoral de Nayarit presentó un potencial reproductivo moderado por el peso bajo de las masas ovígeras utilizadas. Las relaciones fecundidad-longitud total y fecundidad-peso total de jaiba azul son de tipo lineal con coeficientes de determinación bajos.

Literatura citada

- Arshad, A.; Kamarudin, M.S. y Saad, R. (2006). Study on fecundity, embryology and larval development of blue swimming crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus 1758) under laboratory conditions. *Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 1(1): 35-44.
- Bagenal, T.B. (1979). Methods for assessment of fish production in fresh waters. *Journal of Animal Ecology*, 48(1): 329-331.
- Cisneros-Mata, M.A.; Ramírez-Félix, E.; García-Borbón, J.A.; Castañeda Fernández de Lara, V.; Labastida-Che, A.; Gómez-Rojo, C. y Madrid-Vera, J. (2014). *Pesca de jaiba en el litoral del Pacífico mexicano*. México: Instituto Nacional de Pesca.
- Cruz-Pérez, J.J. (2015). Fecundidad y desarrollo embrionario de *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) y *C. bellicosus* (Stimpson, 1859) (Decápoda: Brachyura: Portunidae), en el sistema lagunar Mar Muerto, Paredón, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad Ciencias y Artes de Chiapas. Instituto de Ciencias Biológicas, Centro de Investigaciones Costeras. Chiapas, México.
- Cházaro-Olvera, S. y Peterson, M.S. (2004). Effects of salinity on growth and molting of sympatric *Callinectes* spp. from Camaronera lagoon, Veracruz, México. *Bulletin of Marine Science*, 74(1): 115-127.
- Choy, C.S. (1985). A rapid method for removing and counting eggs from fresh and preserved decapods crustaceans. *Aquaculture*, 48(1): 364-372.
- Darnell, M.Z.; Rittschof, D.; Darnell, K.M. y McDowell, R.E. (2009). Lifetime reproductive potential of female blue crabs *Callinectes sapidus* in North Carolina, USA. *Marine Ecology Progress Series*, 394: 153-163.
- Diarte-Plata, G. (2016). Aspectos poblacionales de las jaibas del género *Callinectes* (Decápoda: Portunidae) en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa, México. Tesis de doctorado. Dirección de Investigación Interdisciplinaria y Posgrado. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México.
- Diario Oficial de la Federación (2018). Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. México: Diario Oficial de la Federación. Publicado el 11 de junio.
- Du Preez, H.H. y McLachlan, A. (1984). Biology of three-spot swimming crab *Ovalipes punctatus* (De Haan), III: Reproduction, fecundity and egg development. *Crustaceana*, 47: 285-297.
- Escamilla-Montes, R.; De la Cruz-Agüero G.; Villalejo-Fuentes, M.T. y Diarte-Plata, G. (2013). Fecundidad de *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) y *C. bellicosus* (Stimpson, 1859) (Decápoda: Brachyura: Portu-

- nidae) en la Ensenada de La Paz, golfo de California, México. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 29(1): 53-61.
- Estrada-Valencia, A. (1999). Aspectos poblacionales de la jaiba *Callinectes arcuatus* Ordway 1863, en la laguna de Cuyutlán, Colima, México. Tesis de maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. México.
- Fischer, S. y Wolff, M. (2006). Fisheries assessment of *Callinectes arcuatus* (Brachyura, Portunidae) in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Fisheries Research*, 77: 301-311.
- Flores, A.A.V. (1993). Estrategia reproductiva de *Pachygrapsus fransversus* (Gibbes, 1850) (Decapoda, Brachyura) en la región de Ubatuba. Tesis de licenciatura. Botucatu, Brazil.
- García-Montes, J.F.; Gracia, A. y Soto, L.A. (1987). Morfometría, crecimiento relativo y fecundidad de la jaiba del golfo *Callinectes similis* Williams 1966 (Decápoda: Portunidae). *Ciencias Marinas*, 13(4): 137-161.
- Garduño-Dionate, M.; Pérez-Velázquez, P.A.; De la Cruz-González, F.J. y Luna-Raya, M.C. (2019). Fecundidad de la jaiba azul *Callinectes arcuatus* en el litoral de Nayarit, México, en 2015. VIII Simposio sobre Investigaciones Marinas y Acuícolas en el Pacífico Mexicano. Universidad de Colima, de 29 al 30 de mayo de 2019.
- Holden, M.J. y Raitt, D.F.S. (1975). *Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Parte 2. Manual de Ciencia Pesquera*. Documentos técnicos de la FAO sobre la pesca, 115 Revisión, Roma, pp. 123-131.
- López, S.I. (1986). Estudios taxonómicos de los crustáceos de la familia Mijidae (Crustacea-Decápoda-Brachyura) de las costas este de México. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- McConnaughey, H.B. (1974). *Introducción a la biología marina*. Zaragoza, España: Acriba.
- Mantelatto, M.F.L. y Fransozo, A. (1997). Fecundity of the crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from the Ubatuba Region, San Paulo, Brazil. *Crustaceana*, 70(2): 215-225.
- Molina-Ocampo, R.E. y Márquez-Farías, J.F. (2004). *La pesquería de jaiba (Callinectes bellicosus)* en el estado de Sonora, México. México: SAGARPA. Instituto Nacional de la Pesca. CRIP Guaymas.
- Norse, E.A. y Estévez M. (1977). Studies on portunid crabs the Eastern Pacific. I. Zonation along environmental stress gradients from the coast of Colombia. *Marine Biology*, 40: 365-373.
- Ogawa, E.F. y Rocha, C.A.S. (1976). Sobre a fecundidade de crustáceos decapodos marinos do estado do Ceara Brasil. *Acuicultura Ciencias Marinas*, 16: 101-104.

- Ortega-Salas, A.A. (1994). *Biotecnología para el cultivo de la jaiba (Desarrollo Científico para el Cultivo de Jaiba)*. México: Secretaría de Pesca. Subsecretaría de Fomento y Desarrollo Pesquero. Dirección General de Acuacultura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pacheco, C.J.A. (1993). Las jaibas de la laguna de Términos. *Gaceta Universitaria*. Universidad Autónoma del Carmen. Ciudad del Carmen, Campeche, México. pp: 20-25.
- Paul, R.K.G. (1977). Bionomics of crabs of the genus *Callinectes* (Portunidae) in the lagos complex on the Mexican Pacific Coast. Ph D. Thesis. University of Liverpool.
- Paul, R.K.G. (1982). Observations on the ecology and distribution of swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda, Brachyura: Portunidae) in the Gulf of California. *Crustaceana*, 42(1): 96-100.
- Quijano, A.D. (1985). Fecundidad y crecimiento de la jaiba *Callinectes arcuatus* Ordway, 1863, en el sur de Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez-Félix, E.; Singh-Cabanillas, J.; Gil-López, H.A.; Sarmiento-Náfate, S.; Salazar-Navarro, I.; Montemayor-López, G.; García-Borbón, J.A.; Rodríguez-Domínguez, G. y Castañeda-Lomas, N. (2003). *La pesquería de jaiba (Callinectes spp.) en el Pacífico mexicano: Diagnóstico y propuesta de regulación*. Mazatlán, Sinaloa: SAGARPA, INP.
- Rodríguez De la Cruz, M.C. (1988). *Los recursos pesqueros de México y sus pesquerías*. Anuario estadístico, No. 187. México: SEPESCA.
- Rodríguez, A.B. (1991). Taxonomía y distribución de tres familias de cangrejos *Oxystematos* (Dorippidae, Calappidae, Leucosiidae) de la plataforma continental del sureste del golfo de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias - UNAM.
- Rodríguez-Rojero, A. (2004). Hábitos alimentarios de las jaibas *Callinectes bellicosus* Stimpson y *C. arcuatus* Ordway (Brachyura: Portunidae) en bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN. La Paz, Baja California Sur, México.
- Ruíz-Durá, M.F. (1985). *Recursos pesqueros de las costas de México*. México: Ed. Limusa.
- Salgado, J.M.; Asencio, F. y García V.C. (1994). Algunos aspectos biológico-pesqueros de la jaiba *Cahecfes arcuatus* en la laguna de Cuyutlán, Col. SEPESCA-INP-CRIP Manzanillo. *Boletín Informativo*, 13: 15-27.
- Wilcox, W.M. (2007). Blue crab (*Callinectes sapidus*) ecology: Review and discussion regarding Tisbury Great Pond. Martha's Vineyard Commission. http://www.mvcommission.org/doc.php/Blue%20Crab_final2.pdf?id=18.

Distaplia stylifera: Contingencia ecológico-pesquera y perspectivas de aprovechamiento en bahía de La Paz, Baja California Sur

Ruth Noemí Águila-Ramírez

Víctor Hugo Cruz-Escalona

Mauricio Muñoz-Ochoa

Andrea Musuy Méndez-García

Betzabé Moreno-Dávila

Silvia Ramírez-Luna

Marco Antonio Medina-López

Resumen

Actualmente se reconoce que las especies invasoras representan la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el mundo, ya que modifican drásticamente el entorno y provocan impactos ecológicos que pueden propagarse a través de la red alimentaria y afectar el funcionamiento del ecosistema. *Distaplia stylifera* es una especie de ascidia invasora de reciente introducción en la parte sur del golfo de California, ocasionando problemas severos en maricultivos de moluscos bivalvos. La abundancia excesiva de las ascidias representa un problema grave para los permisionarios, ya que requieren invertir una elevada cantidad de recursos (humanos y económicos) para su saneamiento. Por otro lado, algunos estudios documentan que las ascidias constituyen un recurso natural marino con alto contenido de proteína, glucógeno y minerales, en comparación con otros alimentos de origen animal, características que los hacen susceptibles de ser utilizados en diferentes activida-

des económicas; además, estos organismos actúan como almacén de metabolitos secundarios, producidos presumiblemente para evitar la depredación y como mecanismo antiincrustante. Asimismo, poseen actividades antibióticas, antiparasitarias, antivirales, antiinflamatorias y anticancerígenas. Tomando en consideración el problema que representan las especies invasoras, así como las propiedades nutricionales y compuestos con actividad biológica, la presencia de *D. styliifera* en ecosistemas del sur del golfo de California representa un nicho de oportunidad para hacer de ella un uso integral, no sólo enfocado en tratar de controlar su distribución, sino también mitigando los efectos ecológicos que podría representar su presencia y aprovechando en la medida de lo posible la producción excedente de biomasa.

Palabras clave

Invasora, control, impacto, maricultivo, ascidia.

Distaplia styliifera: Ecological-Fishing Contingency and Prospects for Use in Bahía de La Paz, Baja California Sur

Abstract

At present, it is widely recognized that invasive species represent the second cause of biodiversity loss in the world, since they drastically modify the environment, causing ecological impacts that can spread through the food web and affect the functioning of the ecosystem. *Distaplia styliifera* is a species of invasive ascidia of recent introduction in the Southern part of the Gulf of California, which causes severe problems in bivalve shellfish mariculture. The excessive abundance of ascidias represents a serious problem for permit holders, since they require investing a large number of resources (human and economic) for their sanitation. On the other

hand, there are studies that document that ascidias constitute a natural marine resource with a high content of protein, glycogen and minerals compared to other foods of animal origin; characteristics that make them susceptible to being used in different economic activities. In addition, these organisms act as a storage site for secondary metabolites, presumably produced to prevent predation and as an antifouling mechanism. These compounds have antibiotic, antiparasitic, antiviral, anti-inflammatory, and anticancer actives. Taking into consideration the problem that invasive species represent, as well as nutritional properties and compounds with biological activity, the presence of *D. stylifera* in ecosystems in the Southern Gulf of California represents a niche opportunity to make an integral use of it, not focused only on trying to control its distribution, but also on mitigating the ecological effects that its presence could represent, taking advantage, as far as possible, of the excess biomass production.

Keywords

Invasive, control, impact, mariculture, ascidia.

Introducción

Biología del tunicado

Distaplia stylifera (Kowalevsky, 1874) es un invertebrado marino que pertenece al Phylum Chordata, Subphylum Tunicata y a la clase Ascidiacea. Se describió por primera vez con el nombre de *Didemnum stylifera* en 1874 con un espécimen recolectado en el Mar Muerto, en el Medio Oriente. Posteriormente, Van Name (1921) describió una nueva especie en la India con el nombre de *Holozoa bursata*, y más tarde conocida como *Distaplia bursata*. En 1945 Van Name considera a *D. stylifera* una sinonimia de *D. bursata*, ya que se ajusta a la amplia gama de variaciones de caracteres reportados para *D. stylifera* (Shenkar *et al.*, 2018).

El color de los especímenes de *D. stylifera* puede variar desde blanco, rosa pálido, morado o anaranjado, este último es el más común (figura 1). Esta especie, como muchos otros tunicados, es colonial y se caracteriza por su forma de hongo, las colonias suelen ser gruesas (4-20 mm), cuando madura son pedunculadas, lle-

gando a medir hasta 9.5 cm de longitud y 6.5 cm en la parte más ancha, en ocasiones forman esferas de gran tamaño con pequeños zooides (1.5 mm de largo) que generalmente se limitan a la capa superior de la túnica. Presentan una lengüeta atrial y saco branquial con cuatro hileras de estigmas, cada una con 13-18 estigmas largos atravesados por vasos parastigmáticos, dispuestos en rosetas en la parte central de la superficie, en donde crean sistemas irregulares, distinguiéndose los sifones orales y cloacas con una pigmentación blanca, que se unen mediante líneas ramificadas (Rocha *et al.*, 2012; Ramírez-Luna, 2018a). La túnica es resistente, con textura firme y lisa, la pared del estómago posee 18-20 pliegues longitudinales. La estructura de las gónadas ubicadas en una bolsa pedunculada debajo del abdomen es típica. El testículo tiene de tres a siete folículos; el ovario es posterior a la gónada masculina (Monniot y Monniot, 1984).

Figura 1

Espécimen fresco de *Distaplia stylifera* recolectado en la laguna de La Paz, BCS. El fenotipo de color anaranjado es uno de los más comúnmente observados en campo



Las ascidias son organismos hermafroditas con reproducción sexual por fecundación interna y asexual por medio de gemación, pueden reproducirse de forma alterna o simultánea (Svane y Young, 1989), esto les confiere una ventaja frente a otros organismos con los que cohabita y que sólo cuentan con un tipo de reproducción al requerir menor gasto energético y menor tiempo. Esta ventaja la emplean como estrategia de crecimiento, ya que la colonia puede incrementar en biomasa, y los zooides conservan un tamaño óptimo para su alimentación que favorece su adaptación a distintas condiciones (Van Name, 1945; Ramírez-Luna, 2018a).

En general, las ascidias distribuidas en aguas templadas y subtropicales desovan en los meses cálidos, con uno o dos picos de reproducción durante el año (Svane y Young, 1989), regulados principalmente por la temperatura, el fotoperiodo, las fases lunares, las mareas y la densidad del fitoplancton. Para *D. stylifera* no se cuenta con estudios de reproducción ni se conocen los factores que regulan este proceso (Ramírez-Luna, 2018a). Se caracterizan por ser organismos muy competitivos, su elevada capacidad de colonización los convierte en uno de los principales componentes de las comunidades bioincrustantes del medio marino y son capaces de evitar la colonización de otras especies (Cole y Lambert, 2009; Ramírez-Santana, 2013). Se alimentan de seston (García-March, 2005) y tienen pocos depredadores, como tortugas, estrellas de mar, peces óseos de las familias Tetraodontidae y Scaridae, entre otros (Ali y Tamilsevi, 2016).

Distribución registrada y actual

La distribución de la especie es grande pero limitada a las aguas tropicales y subtropicales; crece en zonas rocosas intermareales, fangosas, playas arenosas, pastos marinos, arrecifes de coral y recientemente se ha encontrado en marinas y muelles costeros (Ramírez-Luna, 2018a).

Se ha propuesto que *D. stylifera* proviene del Mar Rojo (Monniot y Monniot, 1984) y cuenta con registros de la especie en varias partes del mundo. Michaelsen (1930) encontró la especie en el oeste de Australia, Brewin (1953) en Nueva Zelanda, Kott (1957,

1972) en Australia también, Pérès (1956) en Túnez, Van Name (1921) en la costa Oeste de India, Mastrototaro y Tursi (2010) en el Mediterráneo en Italia y Kott (1990) en diversas localidades de las costas de Filipinas. Mientras que en el océano Atlántico su presencia ha sido registrada en los cayos de la costa oeste de Florida; Charleston, en Carolina del Sur (Cole y Lambert, 2009); sureste de Jamaica (Van Name, 1945); isla Margarita en Venezuela (Rocha *et al.*, 2010); en sustratos artificiales en São Paulo (Rocha *et al.*, 2011) y en otras localidades en Brasil (Dias *et al.*, 2013); así como en Bocas del Toro, Panamá, donde ha sido reportada sólo sobre sustratos artificiales (RMR, datos no publicados).

En la base de datos del Instituto Smithsonian de Investigación Tropical mencionan que la distribución de la especie es en el Atlántico oeste: Florida, golfo de México, mar del Caribe; Sudáfrica, mar Mediterráneo, Mar Rojo, Filipinas, Australia, Nueva Zelanda y Nueva Caledonia, sin mencionar el Pacífico o el golfo de California, por lo que no hay un registro oficial de su presencia en México (https://biogeodb.stri.si.edu/bocas_database/search/species/6618?lang=es).

Si bien no se conoce la vía ni el mecanismo de la invasión de *D. stylifera* en la laguna de La Paz, se considera que fue por el agua de lastre de embarcaciones que llegan a los puertos y muelles de la ciudad (Ramírez-Luna, 2018a). La presencia de *D. stylifera* en la parte sur del golfo de California ha sido reportada en el muelle de Pichilingue (24°16.176'N y 110°19.487'O), en la marina Costa Baja (24°13.043'N y 110°18.348'O) (Ramírez-Luna, 2018b), en la marina La Costa (24°08.32'N y 110°18.39'O) (Galicia-Nicolas *et al.*, 2018) y en la laguna de La Paz sobre bancos de moluscos (Ramírez-Luna, 2018a).

Hasta el momento se sabe que la distribución espacial de *D. stylifera* en laguna de La Paz se concentra en los principales bancos de molusco. Si bien se detectó en 2015, fue hasta 2016 donde se consideró un problema en algunas zonas localizadas de la laguna: en algunos bancos de moluscos ubicados frente al CICI-MAR (24°8.484'N y 110°21.525'O), frente al Mogote (24°09.26'N y 110°20.716'O) y Punta del Mogote (24°8.777'N y 110°22.64'O), donde la cobertura de la ascidia puede alcanzar valores entre el

60 y 100% en un área de 1 m². Estas zonas de gran porcentaje de cobertura coinciden con la distribución natural de los bancos de moluscos; sin embargo, se tiene que considerar la dinámica de nutrientes y corriente dentro de la laguna.

Especie invasora: daños ecológicos y económicos

Las especies exóticas invasoras son la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el mundo, sólo después de la degradación del hábitat (Doherty *et al.*, 2016). Una especie exótica invasora es aquella que no es nativa, que se encuentra fuera de su área de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse, colonizar y establecerse en hábitat y ecosistemas alternos a los originales y que (a) causa o puede causar el desplazamiento de especies nativas en sus comunidades naturales; (b) amenaza o puede amenazar los recursos naturales o su uso de una determinada región; (c) causa o puede causar daño económico a actividades comerciales o recreativas que dependen de las aguas del Estado; o (d) amenaza o daña la salud humana (SEMARNAT, 2010).

La llegada de las especies no nativas a otras áreas de distribución ocurre por varias vías: muchas de ellas son transportadas de manera intencional, como es el caso de organismos para acuicultura (Pérez *et al.*, 2003), o para acuariofilia, también por intercambio con instituciones educativas o de investigación y acuarios públicos (Weigle *et al.*, 2005; Calado y Chapman, 2006). Sin embargo, muchas otras son transportadas incidentalmente, como es el caso de parásitos o epibiontes de especies en cultivo (Lambert, 2002). Los fenómenos naturales como huracanes o tsunamis y el impacto de sus olas en zonas costeras pueden ocasionar ruptura de muelles o de otras estructuras portuarias y embarcaciones, las cuales viajan a la deriva miles de kilómetros, favoreciendo así a la dispersión no intencional de las especies (Carlton *et al.*, 2017). Una de las rutas de introducción no naturales y que es resultado de actividades humanas es a través de los buques o de embarcaciones mayores, considerándose uno de los mayores problemas, ya que el intenso tránsito marítimo ha permitido que estas especies se introduzcan y dominen en marinas y puertos (Lambert y Lambert, 1998), ya sea

por las descargas de las aguas de lastre o por el transporte de fauna bioincrustante en las embarcaciones (Okolodkov *et al.*, 2007).

Se ha llegado a estimar que los barcos pueden transportar diariamente entre 3 000 y 7 000 especies (Carlton, 1999; Gollasch, 2002) y a nivel global se tienen reportes de más de 1 780 especies invasoras marinas y estuarinas (Hewitt y Campbell, 2010). Aproximadamente, 86.3% de estas especies han sido introducidas por medio del agua de lastre y en los cascos de los buques (Okolodkov y García-Escobar, 2014); muchas de ellas aparentemente inofensivas, mientras que otras han sido extremadamente problemáticas y costosas (Okolodkov *et al.*, 2007), debido a que representan una amenaza para la biodiversidad local y ocasionan cambios en muchos ecosistemas a nivel mundial, llevando incluso a la extinción a las especies nativas más vulnerables, ya sea por la depredación, el pastoreo, la competencia o la alteración del hábitat (Gurevitch y Padilla, 2004).

En México se tiene el riesgo de introducción e invasión de invertebrados exóticos que provienen de las costas, tanto del Pacífico como del Atlántico. Cuenta con 117 puertos y terminales en los cuales las principales actividades son las pesquerías, el comercio, el turismo y la explotación petrolera (Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, 2019); además de embarcaciones recreativas que, si bien no son vehículo para el agua de lastre, pueden ser un factor de riesgo debido a las especies adheridas en sus cascos (Ferreira *et al.*, 2004; Otani, 2006). Con relación a esto, se ha sugerido que las bioincrustaciones representan un problema más serio que el agua de lastre (Gollasch, 1999), y dentro de los organismos bioincrustantes se encuentran las ascidias (Kremer y Rocha, 2011), las cuales pudieran ser transportadas en su etapa larval en el agua de lastre, aunque debido a la duración de la etapa larval se sugiere que es más probable que sea por incrustación en los cascos de embarcaciones (Monniot y Monniot, 1984).

Las ascidias se caracterizan por ser especies prolíficas capaces de expansiones territoriales rápidas una vez que se introducen en regiones fuera de su área de distribución nativa. En los sitios en los cuales se ha registrado su presencia, el impacto ha sido principalmente por el desplazamiento de los organismos na-

tivos compitiendo por el sustrato, y en ocasiones por consumir a las larvas de otras especies nativas (Lambert, 2002). Asimismo, los tunicados invasores también pueden afectar procesos ecológicos fundamentales al reducir la fuerza de los enlaces pelágicos-bentónicos; por ejemplo, se ha observado que la ascidia *Didemnum vexillum* en Nueva Inglaterra, al conformar densas agregaciones, impide que los depredadores pelágicos se alimenten eficazmente de otros organismos bentónicos, interfiriendo así en este proceso natural (Sambrook *et al.*, 2014).

Una vez asentadas las ascidias, forman parte importante de la comunidad bentónica y se pueden encontrar asociadas a bivalvos, aunque no compiten con ellos por alimento pueden competir por el espacio en los sustratos e incluso pueden causar su mortalidad al crecer sobre ellos (Rocha *et al.*, 2009). Se tienen registros de afectaciones que han causado problemáticas en sistemas de cultivos de moluscos, por ejemplo, la presencia de agregaciones de la especie *Ciona intestinalis* sobre equipos de acuicultura daña a los bivalvos cultivados al reducir el intercambio de agua de mar entre las jaulas y, por ende, limita la disponibilidad del alimento; esto se ha observado también en cultivos de mejillones de la especie *Mytilus galloprovincialis* en el Atlántico canadiense, en donde se observó menor crecimiento y disminución en su condición, a medida que aumentaba la densidad de tunicado. Se hace mención que las jaulas donde se cultivan los mejillones son extraídas de forma manual, pero cuando están invadidas con ascidias se complica, por lo que es necesario el uso de grúas para su extracción (Arens *et al.*, 2011).

En México se han registrado varias especies de ascidias exóticas, entre otras, la *Ascidia zara*, que fue descrita inicialmente en el occidente de Japón y clasificado como parte de la epibiota del ostión japonés *Crassostrea gigas*, en la bahía de San Quintín, Baja California (Lambert y Sanamyan, 2001). Si bien no se ha cuantificado el impacto económico de la ascidia en el cultivo de ostión, la actividad acuícola se ha visto afectada económicamente, ya que deben invertir mayor tiempo para retirar manualmente las ascidias de las conchas del ostión para su comercialización, así como eliminarlas de las charolas de siembra (Tovar-Hernández, 2014). Durante 2002, en la misma zona, hubo un nuevo reporte de in-

festación de sus ostras y sistemas de estanque por otra ascidia, *Microcosmus squamiger*, representando también un gran costo de mano de obra en la limpieza de las conchas, además de causar deformidades que disminuyen su valor de mercado (Rodríguez e Ibarra, 2008).

En el golfo de California se tiene documentada la presencia de especies como *Styela canopus* en el manglar del Estuario de Uriás, Sinaloa (Salgado-Barragán *et al.*, 2004); *Botrylloides violaceus*, *Botryllus schlosseri*, *Lissoclinum fragile* (Tovar-Hernández *et al.*, 2010; Tovar-Hernández, 2014; Ramírez-Luna, 2018a) y *Polyclinum constellatum*, esta última también conocida como ascidia papa, que es originaria de Hong Kong, China, y ha sido observada en Sinaloa sobre boyas metálicas de señalización marítima, cabos y muelles flotantes del puerto de Mazatlán, así como en charolas de cultivos del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* en Topolobampo (Tovar-Hernández *et al.*, 2010, 2014).

En la laguna de La Paz, Baja California Sur, la presencia de la ascidia invasora *D. stylifera* ha sido registrada principalmente en marinas y muelles. Su llegada ha ocasionado problemas severos en maricultivos de moluscos bivalvos (*p.e.* hacha de la familia Pinnidae), desconociendo aún los posibles efectos sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas en los que se presenta. La mayor parte de su ciclo de vida son epifitas, pudiendo afectar a otros organismos de relevancia ecológica y comercial. Los pescadores de El Manglito en la laguna de La Paz, de la Organización de Pescadores por la Restauración de la Ensenada (OPRE), dedicados tradicionalmente a la pesquería de moluscos, se han esforzado desde 2011 en recuperar la población de hachas, con la finalidad de reactivar la pesquería para poder llevarla a niveles de aprovechamiento mediante prácticas responsables de pesca y criterios de sustentabilidad; sin embargo, desde que se detectó la presencia de la ascidia invasora se documentó una elevada mortalidad de hachas de la población recién restaurada, como consecuencia de la aparición del tunicado. Los resultados de las evaluaciones poblacionales indicaron que en 2017 la abundancia de hachas disminuyó significativamente (casi un 80%). Entre 2016 y 2017 se perdieron en total 597 896 organismos debido a la invasión del tunicado. El valor eco-

nómico asociado a la pérdida de producción se calculó a partir del rendimiento promedio de callo (músculo abductor que se comercializa en la pesquería) que pudo estar disponible para 2017 y 2018. Los cálculos indican una pérdida de aproximadamente \$5'642 116 MN (Ramírez-Luna, 2018a).

El asentamiento de *D. stylifera* se presenta principalmente sobre las valvas de las hachas (figura 2), dificultando su apertura e impidiendo una respiración y alimentación adecuadas y, en consecuencia, afectando su crecimiento y desarrollo. En casos extremos produce mortalidades elevadas en los bancos naturales, los cuales se han estimado en cerca de tres millones de callos muertos a causa de esta invasión (Ramírez-Luna, 2018b).

Figura 2

Distaplia stylifera creciendo sobre el hacha china *Atrina maura*, el área de cobertura en algunos ejemplares puede ser a 100%



Como medida de remediación, a partir de 2016, los pescadores generaron acciones de respuesta rápida, capacitándose y perfeccionando procedimientos de remoción del tunicado en forma manual, con la idea de controlar la expansión. Sin embargo, esta práctica podría acentuar el problema, ya que la manipulación de la especie invasora podría ayudar a diseminar más rápidamente los organismos (reproducción asexual) hacia la bahía de La Paz. Los organismos removidos de las hachas son enterrados en zonas contiguas, lo cual podría causar, a su vez, daños colaterales en las comunidades presentes en ese ecotono. Estimaciones actuales re-

portan la extracción de cerca de una tonelada diaria de la ascidia, lo cual implica el trabajo de al menos tres embarcaciones menores (pangas) con cuatro tripulantes cada una, invirtiendo cinco horas en el trabajo de extracción y limpieza, y dos horas adicionales para enterrarlo en las zonas contiguas a la laguna (comunicación personal de OPRE).

Métodos de control

Comúnmente, cuando se detecta alguna especie exótica es porque ya se encuentra ampliamente distribuida y en abundancia, por lo que es difícil tomar medidas de control eficaces y lograr su erradicación (Bastida-Zavala y García-Madrigal, 2012; Bastida-Zavala *et al.*, 2014); como primer paso, deberían realizarse estudios sobre la ecología de la población y reproducción de dichas especies (Tovar-Hernández *et al.*, 2014).

En diferentes partes del mundo, en donde han enfrentado el problema de ascidias no nativas, se está llevando a cabo la búsqueda de métodos de control que sean benignos, económicos y logísticamente viables (Locke *et al.*, 2009). Se han propuesto algunos mecanismos para controlar su propagación, entre los mecánicos y físicos se incluyen la eliminación o destrucción de los animales, ya sea de forma manual o mediante equipos autónomos de limpieza a alta presión de agua, dispositivos de aspiración o raspado, desecación, luz ultravioleta, vapor, agua caliente, electricidad y asfixia/inanición, entre otros (Carver *et al.*, 2003; Coutts y Forrest, 2007; LeBlanc *et al.*, 2007).

El control químico se refiere al uso de compuestos químicos especialmente formulados para matar o controlar especies invasoras, destinadas a la prevención, destrucción, repulsión o mitigación de cualquier plaga. Hasta el momento, se ha probado el tratamiento químico para especies como *Didemnum vexillum*, *Botryllus schlosseri*, *Botrylloides leachi*, *Styela clava* y *Ciona intestinalis* (por ejemplo, la adición de ácido acético); sin embargo, no ha sido exitoso en la erradicación (100% mortalidad) o han causado daños en organismos no objetivo (Locke *et al.*, 2009). Los métodos químicos también pueden ser usados en combinación con métodos mecánicos y cambios inducidos en las propiedades físicas del agua por la alteración de la tem-

peratura, el pH o la salinidad para acelerar el proceso y aumentar la probabilidad de erradicación (Coutts y Forrest, 2005; Forrest, 2007).

Otra categoría que se ha utilizado para controlar o eliminar otras especies no autóctonas, pero que actualmente no se considera para el control de estos organismos, es el uso de alternativas biológicas, incluida la introducción de organismos vivos como parásitos, agentes patógenos y depredadores. No obstante, las ascidias tienen pocos depredadores conocidos y la mayoría de la depredación ocurre durante la etapa larval o muy poco después del asentamiento y la metamorfosis (Hajek, 2018).

Perspectivas de aprovechamiento

Alimentos

Las ascidias constituyen uno de los recursos marinos con alto contenido de proteína, glucógeno y minerales en comparación con otros alimentos de origen animal (Tamilselvi *et al.*, 2010). Varias especies de ascidias se cultivan para alimento en algunas partes del mundo, principalmente Japón y Corea (Lambert, 2005; Kumaran y Bragadeeswaran, 2014).

En general, los tunicados tienen un alto valor nutricional (Lee *et al.*, 1995; Odate y Pawlik, 2007; Meenakshi 2009; Ananthan *et al.*, 2012; Roje-Busatto y Ujevic, 2014). Por su valor nutritivo, se ha analizado gran cantidad de ascidias solitarias, demostrando que son alimentos potencialmente saludables, ricos en proteínas y bajos en calorías (Meenakshi, 2009; Tamilselvi *et al.*, 2010; Kang *et al.*, 2011; Ananthan *et al.*, 2012). Algunas ascidias solitarias se usan como alimento para el consumo humano en varias partes del mundo, como Chile, Francia, Corea, Italia y Japón; asimismo se consideran una posible fuente de celulosa, proteínas, aminoácidos y minerales. Además, las ascidias tienen cantidades apreciables de minerales biológicamente importantes como sodio (Na), potasio (K), fósforo (P), hierro (Fe), magnesio (Mg) y manganeso (Mn). La mejor calidad de los alimentos como el color, la textura, el sabor y el olor dependen de la cantidad de aminoácidos presentes que, a su vez, reflejan la proteína de alta calidad en los alimentos. Los aminoácidos esenciales (valina, treonina, metionina, isoleucina, leucina,

histidina, lisina, triptófano, arginina y fenilalanina) y aminoácidos no esenciales (hidroxiprolina, asparagina, ácido aspártico, ácido glutámico, alanina, glicina, serina, cistina, tirosina) se encuentran en muchas ascidias solitarias (Ali y Tamilselvi, 2016).

En la actualidad, el sector acuícola produce más mariscos para consumo humano que los provenientes de la pesca silvestre, pero enfrenta varios problemas: la producción de harina de pescado, de la que la industria ha dependido históricamente como el principal ingrediente proteico en los alimentos, se ha estancado, mientras que la producción acuícola crece rápidamente. Las fuentes alternativas de proteínas, como es el caso de las ascidias, podrían ser una solución; sin embargo, se requiere de estudios de nutrición para probar su viabilidad.

Teniendo en cuenta las demandas cada vez mayores de alimentos ricos en proteínas para animales y consumo humano, se han evaluado diferentes ascidias por sus propiedades, analizando índices nutricionales como carbohidratos, proteínas, lípidos y niveles de Ca, Na, K, Mg y Fe.

Para garantizar una producción exitosa, así como una buena eficiencia y eficacia en las actividades pecuarias, es importante la elaboración de alimentos balanceados, suministrando las cantidades correctas de nutrientes en las diferentes etapas de crecimiento (Maya, 2016). El sector de alimentos balanceados para animales ha evolucionado dando un giro en torno a la producción de alimentos, ya que, durante los últimos años, el proceso de diversificación en la producción, ha permitido entrar con nuevos productos en las líneas de acuicultura, mascotas, porcicultura y ganado bovino (Alcántara *et al.*, 2016).

Es importante mencionar que la harina de pescado es uno de los ingredientes más utilizados en la industria de alimentos balanceados. Esto se explica por su alto contenido en proteína de alta calidad, adecuado perfil de aminoácidos esenciales, presencia de ácidos grasos poliinsaturados predominantemente n-3, alto contenido de Ca, P y Mg, fuente esencial de selenio (Se), rica en vitaminas solubles en agua y alta energía digestible (Tacon, 1985; Hertrampf y Piedad-Pascual, 2012). Sin embargo, debido al elevado costo de producción y a la limitada disponibilidad mundial, ha dado lugar a

una serie de trabajos de investigación, buscando identificar fuentes alternas para sustituirla, al menos en los alimentos para la industria acuícola (Naylor *et al.*, 2009; Tacon y Metian, 2015).

Existe una preocupación en las empresas comerciales por lanzar productos novedosos, como resultado del aumento de la disponibilidad de insumos y de la investigación en el área de desarrollo experimental de materias primas sustitutas, generando aumento de las fusiones entre empresas y sustitución de insumos en la fabricación de alimentos para animales (Alcántara *et al.*, 2016). Por todos estos antecedentes, la presencia universal de los tunicados invasores y su abundancia los hace potencialmente útiles como nuevas fuentes de proteínas que podrían ser empleadas para mejorar las dietas de animales y humanos.

Aplicaciones biotecnológicas

Las ascidias son un grupo clave en las tramas alimentarias, actúan como almacén de metabolitos primarios y secundarios, estos últimos producidos presumiblemente para evitar la depredación y como mecanismo antiincrustante. Muchos metabolitos secundarios han demostrado poseer actividades antibióticas, antiparasitarias, antivirales, antiinflamatorias, antifibróticas y anticancerígenas. También son inhibidores o activadores de enzimas críticas y factores de transcripción, competidores de transportadores y secuestrantes que modulan diversas vías fisiológicas (Suleria *et al.*, 2015); incluyen péptidos y depsipéptidos cíclicos y diferentes tipos de alcaloides aromáticos (Watters, 2018), los cuales se utilizan en la industria farmacéutica para generar compuestos anticancerígenos (Erba *et al.*, 2002; Fedorov *et al.*, 2006); el caso más conocido es el compuesto Trabectendina, obtenido de la especie *Ecteinascidia turbinata* comercializado por PharmaMar bajo el nombre de YONDELIS® y que forma parte del numeroso grupo de agentes alquilantes usados en quimioterapia (Navia y San Sebastián, 2018).

En virtud de sus hábitos de alimentación sedentarios y de filtradores, las ascidias acumulan alta concentración de bacterias en el sifón branquial; para deshacerse del microcosmos, las ascidias sintetizan varios tipos de compuestos antimicrobianos (Trepas *et al.*, 2014). Se ha propuesto que las sustancias antimicrobianas

funcionan como factores humorales en los mecanismos de defensa de los invertebrados que carecen de inmunoglobina humoral. La inhibición del crecimiento bacteriano ha sido uno de los métodos utilizados para evaluar el grado de toxicidad de los metabolitos bioactivos (Azumi *et al.*, 1990).

Como ejemplo de compuestos antimicrobianos derivados de ascidias se encuentra la enterocina aislada de *Didemnum* sp., con actividad frente a *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida albicans*. La polycarpamina B se aisló de la ascidia solitaria *Polycarpa auzata*. Además, del tunicado *Styela plicata* se aisló un potente antibiótico octapéptido contra *Staphylococcus aureus*, la Styelin D que inhibe también el crecimiento de bacterias Gram-positivas y Gram-negativas y exhibe propiedades hemolíticas y citotóxicas contra las células eucariotas (Casertano *et al.*, 2020).

La capacidad de los químicos para lisar las células que se dividen rápidamente es el sello distintivo de la quimioterapia; el primer grupo de compuestos marinos antitumorales, las botrilamidas, se aislaron de las ascidias, *Botryllus* sp. de Filipinas y *Botryllus schlosseri* de la Gran Barrera de Coral de Australia. Estas especies mostraron citotoxicidad leve contra la línea celular de cáncer de colon humano HCT-116; mientras que, las ecteinascidinas, un potente compuesto bioactivo aislado de la ascidia colonial, *Ecteinascidia turbinata* tiene fuertes propiedades antitumorales (Ali y Tamilselvi, 2016; Macedo *et al.*, 2021).

La mayoría de los miembros de la familia Didemnidae contienen diferentes compuestos bioactivos potentes como Didemnina B, que son efectivos contra fibroblastos y líneas celulares tumorales (Jiang *et al.*, 1993). Bistramida A es un compuesto de poliéter obtenido también de una ascidia *Lissoclinum bistratum* con potente actividad citotóxica (Degnan *et al.*, 1989).

Por otro lado, los organismos marinos, especialmente las formas sedentarias, han interesado mucho a los investigadores porque exhiben una defensa química característica contra los organismos epizoóticos. Actualmente existe gran cantidad de investigación centrada en encontrar alternativas no tóxicas y más ecológicas para evitar el problema de organismos marinos incrustantes sobre superficies sumergidas (de Nys y Steinburg, 2002; Fusetani, 2004),

ya que entre los antiincrustantes desarrollados hasta la fecha, los compuestos de organoestaño se consideran los más eficaces y se han utilizado ampliamente desde los años setenta. Sin embargo, está demostrado que son altamente tóxicos (Belfroid *et al.*, 2000; Barroso *et al.*, 2002). Los revestimientos alternativos libres de estaño no sólo son costosos, sino que también sus componentes metálicos pueden representar problemas ambientales (Hellio *et al.*, 2004). Se ha demostrado que más de 100 especies de organismos marinos exhiben la capacidad de prevenir la colonización de organismos incrustantes (Clare, 1998). Dentro de ellos, las ascidias al estar libres de especies epizooicas han recibido atención y son ampliamente estudiados para evaluar la actividad antiincrustante de sus metabolitos (Fusetani, 2004). El extracto crudo de *D. nathaensis* reveló una significativa propiedad antiincrustante e inhibió completamente la producción de bisus y la adhesión de mejillones a bajas concentraciones, indicando su alta actividad disuasoria (Murugan y Ramasamy, 2003).

Como se ha explicado, el manejo de especies invasoras se torna en un problema de interés nacional, sobre todo cuando su presencia ocasiona daños pocas veces valorados sobre algunas actividades económicas establecidas (*p.e.* pesca artesanal, maricultivos, infraestructura turística, portuaria, acuícola, etcétera) que pueden representar fuentes de trabajo para las comunidades asentadas en los márgenes de las zonas litorales del país. En este sentido, la presencia de la especie invasora del tunicado *D. stylifera* representa un nicho de oportunidad para hacer un uso integral de la especie, no sólo enfocado a tratar de mitigar los efectos ecológicos que podría representar su presencia en la laguna de La Paz, Baja California Sur, México, sino aprovechar en la medida de lo posible la producción excedente de biomasa que representa un problema actual para los productores de moluscos bivalvos de importancia comercial (*p.e.* las hachas), ya que destinan gran cantidad de recursos humanos y económicos para el saneamiento dentro de la laguna de La Paz.

Conclusiones

Bajo el contexto expuesto, debido al incremento de su abundancia en la región de la bahía de la Paz, Baja California, México, la especie *D. stylifera* muestra gran potencial como fuente de compuestos con actividad biológica, de acuerdo con los datos bibliográficos, especies cercanamente relacionadas con *D. stylifera* producen didemninas y tamarandinas, que son una familia de péptidos cíclicos bioactivos evaluados principalmente como anticancerígenos, antitumorales, antimicrobianos y antivirales; aunque las actividades mostradas por los extractos y compuestos obtenidos de estos organismos, abarcan una gama mayor de actividades biológicas, entre las que se encuentran la antioxidante, antiinflamatoria, antiincrustantes e inhibidores de múltiples enzimas, entre otras. Sin embargo, no existen reportes sobre la actividad biológica ni del potencial farmacológico que posee *D. stylifera*, lo cual brinda una ventana de oportunidades para la búsqueda y el aislamiento de principios activos útiles en diversas ramas de la industria, principalmente la farmacéutica y la alimenticia, sin dejar de lado la agroquímica, textil y de pinturas.

Literatura citada

- Ali, H. y Tamilselvi, M. (2016). *Ascidians in coastal water: A comprehensive inventory of ascidian fauna from the Indian coast*. Springer. USA.
- Alcántara Guevara, J.L.; Avalos Garcés, J.A.; Pozo Bernal, S.A.; Facundo, V.; Viviana, M. y Yarlequé Alcas, D.B. (2016). Alimentos balanceados YOLI. Mejora en el diseño del proceso de elaboración y composición de alimentos balanceados en la empresa. Universidad de Piura, Perú.
- Ananthan, G.; Karthikeyan, M.M.; Selva, P.A. y Raghunathan, C. (2012). Studies on the seasonal variations in the proximate composition of ascidians from the Palk Bay, southeast coast of India. *Asian Pacific Journal Of Tropical Biomedicine*, 2(10): 793-797.
- Arens, C.J.; Paetzold, S.C. y Davidson, J. (2011). The effect of high-pressure spraying for tunicate control on byssal thread characteristics in the cultured blue mussel (*Mytilus edulis* Linnaeus, 1758). *Aquatic Invasions*, 6(4): 507-510.
- Azumi, K.; Yoshimizu, M.; Suzuki, S.; Ezura, Y. y Yokosawa, H. (1990). Inhibitory effect of halocytamine, an antimicrobial substance from

- ascidian hemocytes, on the growth of fish viruses and marine bacteria. *Experientia*, 46(10): 1066-1068.
- Barroso, C.M.; Reis-Henriques, M.A.; Ferreira, M.S. y Moreira, M.H. (2002). The effectiveness of some compounds derived from antifouling paints in promoting imposex in *Nassarius reticulatus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82(2): 249-255.
- Bastida-Zavala, R. y García-Madrigal, S. (2012). First record in the Tropical Eastern Pacific of the exotic species *Ficopomatus uschakovi* (Polychaeta, Serpulidae). *ZooKeys*, 238, 45.
- Bastida-Zavala, R.; De León-González, J.Á.; Carballo, J.L. y Moreno-Dávila, B. (2014). Invertebrados bénticos exóticos: Esponjas, poliquetos y ascidias. En: R. Mendoza y P. Koleff (eds.), *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 317-336). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Belfroid, A.C.; Purperhart, M. y Ariese, F. (2000). Organotin levels in seafood. *Marine Pollution Bulletin*, 40(3): 226-232.
- Brewin, B.I. (1953). Australian ascidians of the sub-family Holozoinae and a review of the sub-family. *Transactions and Proceedings of the Royal Society of New Zealand*, 81(1): 53-64.
- Calado, R. y Chapman, P.M. (2006). Aquarium species: Deadly invaders. *Mar Pollut Bull*, 52(6): 599-601.
- Carlton, J.T. (1999). Molluscan invasions in marine and estuarine communities. *Malacologia*, 41(2): 439-454.
- Carlton, J.T.; Chapman, J.W.; Geller, J.B.; Miller, J.A.; Carlton, D.A. *et al.* (2017). Tsunami-driven rafting: Transoceanic species dispersal and implications for marine biogeography. *Science*, 357(6358): 1402-1406.
- Carver, C.E.; Chisholm, A. y Mallet, A.L. (2003). Strategies to mitigate the impact of *Ciona intestinalis* (L.) biofouling on shellfish production. *Journal of Shellfish Research*, 22(3): 621-631.
- Casertano, M.; Menna, M. y Imperatore, C. (2020). The ascidian-derived metabolites with antimicrobial properties. *Antibiotics*, 9(8): 510.
- Clare, A.S. (1998). Towards nontoxic antifouling. *Journal of Marine Biotechnology*, 6(1): 3-6.
- Cole, L. y Lambert, G. (2009). *Tunicata (Urochordata) of the Gulf of Mexico*. Gulf of Mexico-Origins, Waters, and Biota Biodiversity Texas A&M Press, College Station, Texas, 1209-1216.
- Coordinación General de Puertos y Marina Mercante (2019). Sistema Portuario Nacional. Recuperado de: <https://www.gob.mx/puertosymarinamercante/documentos/sistema-portuario-nacional?idiom=es>

- Coutts, A.D.M. y Forrest, B.M. (2005). Evaluation of eradication tools for the clubbed tunicate *Styela clava*. *Cawthron Report*, 1110, 48.
- Coutts, A.D. y Forrest, B.M. (2007). Development and application of tools for incursion response: Lessons learned from the management of the fouling pest *Didemnum vexillum*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 342(1): 154-162.
- Degnan, B.M.; Hawkins, C.J.; Lavin, M.F.; McCaffrey, E.J.; Parry, D.L. y Watters, D.J. (1989). Novel cytotoxic compounds from the ascidian *Lissoclinum bistratum*. *Journal of Medicinal Chemistry*, 32(6): 1354-1359.
- de Nys, R. y Steinberg, P.D. (2002). Linking marine biology and biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(3), 244-248.
- Dias, G.M.; Rocha, R.M.; Lotufo, T.M.C. y Kremer, L.P. (2013). Fifty years of ascidian biodiversity research in São Sebastião, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(1): 273-282.
- Doherty, T.S.; Glen, A.S.; Nimmo, D.G.; Ritchie, E.G. y Dickman, C.R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(40): 11261-11265.
- Erba, E.; Bassano, L.; Di Liberti, G.; Muradore, I.; Chiorino, G., et al. (2002). Cell cycle phase perturbations and apoptosis in tumour cells induced by aplidine. *British Journal of Cancer*, 86(9): 1510.
- Fedorov, S.N.; Radchenko, O.S.; Shubina, L.K.; Balaneva, N.N.; Bode, A.M., et al. (2006). Evaluation of cancer-preventive activity and structure-activity relationships of 3-Demethylubiquinone Q 2, Isolated from the Ascidian *Aplidium glabrum*, and its synthetic analogs. *Pharmaceutical research*, 23(1): 70-81.
- Forrest, B.M.; Hopkins, G.A.; Dodgshun, T.J. y Gardner, J.P.A. (2007). Efficacy of acetic acid treatments in the management of marine biofouling. *Aquaculture*, 262(2-4), 319-332.
- Fusetani, N. (2004). Biofouling and antifouling. *Natural product reports*, 21(1), 94-104.
- Galicia-Nicolás, E.C.; Águila-Ramírez R.N.; Rico-Virgen, E.G. y Medina-López, M.A. (2018). Colonización y sucesión de organismos marinos implicados en el proceso de biofouling en paneles sumergidos en La Paz, Baja California Sur, México. En: A. Pérez-Morales y M.C. Álvarez García (eds.), *Estudios recientes en el océano Pacífico mexicano* (pp. 25-42). Universidad de Colima, México.
- García-March, J.R. (2005). Aportaciones al conocimiento de la biología de *Pinna nobilis* Linneo, 1758 (Mollusca: Bivalvia) en el litoral mediterráneo ibérico. Tesis doctoral. Universidad de Valencia, España.

- Gollasch, S. y Leppäkoski, E. (1999). *Initial risk assessment of alien species in Nordic coastal waters*. Nordic Council of Ministers.
- Gollasch, S. (2002). The importance of ship hull fouling as a vector of species introductions into the North sea. *Biofouling*, 18(2): 105-121.
- Gurevitch, J. y Padilla, D.K. (2004). Response to Ricciardi. Assessing species invasions as a cause of extinction. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(12): 620.
- Ferreira, C.E.L.; Gonçalves, J.E.A. y Coutinho, R. (2004). Cascos de navios e plataformas como vetores na introdução de espécies exóticas. En: J.S.V. Silva y R.C.C.L. Souza (Org.), *Água de lastro e bioinvasão* (pp. 143-155). Rio de Janeiro: Ed. Interciência.
- Hajek, A.E. y Eilenberg, J. (2018). *Natural enemies: An introduction to biological control*. UK: Cambridge University Press.
- Hellio, C.; Marechal, J.P.; Veron, B.; Bremer, G.; Clare, A.S. y Le Gal, Y. (2004). Seasonal variation of antifouling activities of marine algae from the Brittany coast (France). *Marine Biotechnology*, 6(1): 67-82.
- Hertrampf, J.W. y Piedad-Pascual, F. (2012). *Handbook on ingredients for aquaculture feeds*. Suiza: Springer Science & Business Media.
- Hewitt, C.L. y Campbell, M. (2010). *The relative contribution of vectors to the introduction and translocation of invasive marine species*. Canberra, Australia: Commissioned by The Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (DAFF). The National Centre for Marine Conservation and Resource Sustainability within the Australian Maritime College.
- Jiang, T.L.; Liu, R.H. y Salmon, S.E. (1983). Antitumor activity of didemnin B in the human tumor stem cell assay. *Cancer chemotherapy and pharmacology*, 11(1): 1-4.
- Kang, C.K.; Choy, E.J.; Lee, W.C.; Kim, N.J.; Park, H.J. y Choi, K.S. (2011). Physiological energetics and gross biochemical composition of the ascidian *Styela clava* cultured in suspension in a temperate bay of Korea. *Aquaculture*, 319(1-2): 168-177.
- Kremer, L.P. y Rocha, R.M. (2011). The role of *Didemnum perlucidum* F. Monniot, 1983 (Tunicata, Ascidiacea) in a marine fouling community. *Aquatic Invasions*, 6(4): 441-449.
- Kott, P. (1957). The ascidians of Australia. II. Aplousobranchiata Lahille: Clavelinidae Forbes & Hanly and Polyclinidae Verrill. *Marine and Freshwater Research*, 8(1): 64-110.
- Kott, P. (1972). The ascidians of South Australia I. Spencer Gulf, St Vincent Gulf and Encounter Bay. *Transactions of the Royal Society of Australia*, 96: 1-52.

- Kott, P. (1990). The Australian Ascidiacea part 2, Aplousobranchia (1). *Mem Qld Mus*, 29: 1-266.
- Kumaran, N.S. y Bragadeeswaran, S. (2014). Nutritional composition of the Colonial Ascidian *Eudistoma viride* and *Didemnum psammathodes*. *Biosci Biotech Res Asia*, 1: 331-338.
- Lambert, C.C. y Lambert, G. (1998). Non-indigenous ascidians in southern California harbors and marinas. *Marine Biology*, 130(4): 675-688.
- Lambert, G. y Sanamyan, K. (2001). *Distaplia alaskensis* sp. nov. (Ascidiacea, Aplousobranchia) and other new ascidian records from south-central Alaska, with a redescription of *Ascidia columbiana* (Huntsman, 1912). *Canadian Journal of Zoology*, 79(10): 1766-1781.
- Lambert, G. (2002). Nonindigenous ascidians in tropical waters. *Pacific Science*, 56(3): 291-298.
- Lambert, G. (2005). Ecology and natural history of the protochordates. *Canadian Journal of Zoology*, 83(1): 34-50.
- LeBlanc, N.; Davidson, J.; Tremblay, R.; McNiven, M. y Landry, T. (2007). The effect of anti-fouling treatments for the clubbed tunicate on the blue mussel, *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 264(1-4): 205-213.
- Locke, A.; Doe, K.G.; Fairchild, W.L.; Jackman, P.M. y Reese, E.J. (2009). Preliminary evaluation of effects of invasive tunicate management with acetic acid and calcium hydroxide on non-target marine organisms in Prince Edward Island, Canada. *Aquatic Invasions*, 4(1): 221-236.
- Macedo, M.W.F.S.; Cunha, N.B.D.; Carneiro, J.A.; Costa, R.A.D.; Alencar, S.; Cardoso, M.H. y Dias, S.C. (2021). Marine organisms as a rich source of biologically active peptides. *Frontiers in Marine Science*, 8: 889.
- Mastrototaro, F. y Tursi, A. (2010). Ascidiacea. *Biologia Marina Mediterranea*, 17(1): 625-633.
- Maya Henao, S. (2016). Procesos de producción de alimentos balanceados. Planta de concentrados COLANTA Itagüí. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Administrativas Agropecuarias, Caldas, Antioquia. Corporación Universitaria Lasallista.
- Meenakshi, V.K. (2009) A report on the nutritive value of ascidians. *Enrich*, 1(1): 58-68.
- Michaelsen, W. (1930). Ascidae Krikobanchiae. *Fauna Südwest-Australiens* 5(7): 463-558.
- Monniot, C. y Monniot, F. (1984). Ascides littorales de Guadeloupe VII. Espèces nouvelles et complémentaires à l'inventaire. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 6(3).

- Murugan, A. y Ramasamy, M.S. (2003). Biofouling deterrent activity of the natural product from ascidian, *Distaplia nathensis* [Chordata]. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences (IJMS)*, 32(2): 162-164
- Navia, A.J.L. y San Sebastián, M.M. (2018). Drogas marinas: Los animales marinos como fuentes de compuestos antitumorales. *Ambiociencias*, (13): 34-51.
- Naylor, R.L.; Hardy, R.W.; Bureau, D.P.; Chiu, A.; Elliott, M.; Farrell, A.P.; Forster, I.; Gatlin, D.M.; Goldburg, R.J.; Hua, K. y Nichols, P.D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *PNAS*, 106: 15103-15110.
- Odate, S. y Pawlik, J.R. (2007). The role of vanadium in the chemical defense of the solitary tunicate, *Phallusia nigra*. *Journal of Chemical Ecology*, 33(3): 643-654.
- Okolodkov, Y.B.; Bastida-Zavala, R.; Ibáñez, A.L.; Chapman, J.W.; Suárez-Morales, et al. (2007). Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar*, 11(32): 29-67.
- Okolodkov, Y.B. y García-Escobar, H. (2014). Agua de lastre y transporte de los organismos incrustantes, leyes y acciones: Perspectivas para México. En: A.M. Low Pfeng, P.A. Quijón y E.M. Peters Recagno (eds.), *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México* (pp. 55-80). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), University of Prince Edward Island (UPEI).
- Otani, M. (2006). Important vectors for marine organisms unintentionally introduced to Japanese waters. En: F. Koike, M.N. Clout, M. Kawamichi, M. De Poorter y K. Iwatsuki (Eds.), *Assessment and Control of Biological Invasion* (pp. 92-103). Japón y Suiza: Shoukadoh Book Sellers, Kyoto, Japan and IUCN, Gland, Switzerland.
- Pérès, J.M. (1956). a-Ascidies: Résultats des campagnes scientifiques de la «Calypso». Études sur le seuil Siculo-tunisien, Vol. II. *Ann. Institut Océanographique de Paris*, 32: 256-304.
- Pérez, J.E.; Alfonsi, C.; Nirchio, M.; Muñoz, C. y Gómez, J.A. (2003). The introduction of exotic species in aquaculture: A solution or part of the problem? *Interciencia*, 28(4): 234-238.
- Ramírez-Luna, S. (2018a). *Impactos económicos de la presencia del tunicado Distaplia stylifera en la pesquería de callo de hacha en la Ensenada de La Paz, durante el proceso de repoblamiento 2016-2017 y durante la temporada de pesca 2018*. México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) México.

- Ramírez-Luna, S. (2018b). *Protocolo de detección temprana y respuesta rápida ante la presencia de tunicados en zonas de producción de moluscos de importancia económica*. México: PNUD México.
- Ramírez-Santana, I.D. (2013). Distribución de la ascidia exótica invasora *Polyclinum constellatum* Savigny, 1816 en el Golfo de California y análisis de riesgo a la biodiversidad nativa. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara.
- Rocha, R.M.; Guerra-Castro, E.; Lira, C.; Pauls, S.M.; Hernández, I.; Pérez, A. y Caraballo, V. (2010). Inventory of ascidians (Tunicata, Ascidiacea) from the National Park La Restinga, Isla Margarita, Venezuela. *Biota Neotropica*, 10(1): 209-218.
- Rocha, R.M.; Dias, G.M. y Lotufo, T.M.C. (2011). Checklist das ascídias (Tunicata, Ascidiacea) do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(1a): 1-11.
- Rocha, R.M.D.; Zanata, T.B. y Moreno, T.R. (2012). Keys for the identification of families and genera of Atlantic shallow water ascidians. *Biota Neotropica*, 12(1): 269-303.
- Roje-Busatto, R. y Ujević, I. (2014). PSP toxins profile in ascidian *Microcosmus vulgaris* (Heller, 1877) after human poisoning in Croatia (Adriatic Sea). *Toxicon*, 79: 28-36.
- Salgado-Barragan, J.; Mendez, N. y Toledano-Granados, A. (2004). *Ficopomatus miamiensis* (Polychaeta: Serpulidae) and *Styela canopus* (Ascidiacea: Styelidae), non-native species in Uriás estuary, SE Gulf of California, Mexico. *CBM-Cahiers de Biologie Marine*, 45(2): 167-174.
- Sambrook, K.; Holt, R.H.; Sharp, R.; Griffith, K.; Roche, R.C., et al. (2014). Capacity, capability and cross-border challenges associated with marine eradication programmes in Europe: The attempted eradication of an invasive non-native ascidian, *Didemnum vexillum* in Wales, United Kingdom. *Marine Policy*, 48: 51-58.
- Secretaría de Marina y Recursos Naturales (Semanat) (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Publicado el 3 de diciembre. *Diario Oficial de la Federación*.
- Shenkar, N.; Gittenberger, A.; Lambert, G.; Rius, M.; Moreira Da Rocha, R. et al. (2022). Ascidiacea World Database. *Distaplia stylifera* (Kowalevsky, 1874). Recuperado de: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=236661> on 2018-10-29.
- Suleria, H.; Osborne, S.; Masci, P. y Gobe, G. (2015). Marine-based nutraceuticals: An innovative trend in the food and supplement industries. *Marine drugs*, 13(10): 6336-6351.

- Svane, I. y Young, C.M. (1989). The ecology and behaviour of ascidian larvae. *Oceanography and Marine Biology* 27: 45-90.
- Tacon, A.G.J. (1985). Utilisation of conventional and unconventional protein sources in practical fish feeds. *Nutrition and feeding in fish*: 119-145.
- Tacon, A.G. y Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(1): 1-10.
- Tamilselvi, M.; Sivakumar, V.; Abdul Jaffar Ali, H. y Thilaga, R.D. (2010). Preparation of pickle from *Herdmania pallida*, simple ascidian. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 5(1): 88-92.
- Tovar-Hernández, M.A.; Suárez-Morales, E. y Yáñez-Rivera, B. (2010). The parasitic copepod *Haplostomides hawaiiensis* (Cyclopoida) from the invasive ascidian *Polyclinum constellatum* in the southern Gulf of California. *Bulletin of Marine Science*, 86(3): 637-648.
- Tovar-Hernández, M.A.; Yáñez-Rivera, B.; Villalobos-Guerrero, T.F.; Aguilar-Camacho, J.M.; Ramírez-Santana, I.D. (2014). Invertebrados marinos exóticos en el golfo de California. En: A.M. Low Pfeng, P.A. Quijón y E.M. Peters Recagno (eds.), *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México* (pp. 381-409). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), University of Prince Edward Island (UPEI).
- Trepos, R.; Cervin, G.; Hellio, C.; Pavia, H.; Stensen, W.; Stensvåg, K. y Svenson, J. (2014). Antifouling compounds from the sub-arctic ascidian *Synoicum pulmonaria*: Synoxazolidinones A and C, pulmonarins A and B, and synthetic analogues. *Journal of natural products*, 77(9): 2105-2113.
- Van Name, W.G. (1921). Ascidians of the West Indian region and south eastern United States. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 44(16).
- Van Name, W.G. (1945). The North and South American ascidians. *Bulletin of American Museum of Natural History*, 84: 1- 476.
- Walsh, J.R.; Carpenter, S.R. y Vander Zanden, M.J. (2016). Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15): 4081-4085.
- Watters, D. (2018). Ascidian toxins with potential for drug development. *Marine drugs*, 16(5): 162.
- Weigle, S.M.; Smith, L.D.; Carlton, J.T. y Pederson, J. (2005). Assessing the risk of introducing exotic species via the live marine species trade. *Conservation Biology*, 19(1): 213-223.

Metodología del marco lógico para el manejo de la pesquería de pargos en Colima

Catherine Ramírez-Tenorio
Alejandro Pérez-Muñoz
Elaine Espino-Barr

Resumen

La metodología del marco lógico es una herramienta útil en la planeación estratégica de proyectos y programas. Está basada en la ejecución de acciones en un plazo de tiempo determinado y coordina objetivos planteados. Consta de tres etapas: diseño, ejecución y evaluación. Para el Plan de Manejo Pesquero (PMP) de pargos y huachinango en Colima se ha logrado la etapa del diseño, la cual es de importancia porque garantiza el ordenamiento pesquero y sirve de ejercicio para la concientización del sector. El primer paso fue identificar a los involucrados directos e indirectos en la actividad pesquera en Colima de estos dos productos, seguido por el análisis de los problemas y la identificación de sus causas y consecuencias; posteriormente, analizar los objetivos que describe la situación a la que se desea llegar, elaborar la matriz de marco lógico y el documento con formato oficial del INAPESCA, antes de pasar a otras instancias. Derivado de los talleres de planeación, se encontró que los pescadores involucrados están congregados en 33 sociedades cooperativas que agrupan entre 10 y 40 socios cada una, además hay más de 90 permisionarios y aproximadamente 1 000 pescadores libres. Los principales problemas son la pesca ilegal, el precio fijado por intermediarios más los organismos de tamaños juveniles en la

captura y una reglamentación generalizada para la escama marina. El propósito del PMP de pargos y huachinango es lograr una pesquería regulada que favorezca la sustentabilidad del recurso y de su hábitat, así como la participación de un mercado justo para el pescador. Por lo que el PMP propone la creación de una norma oficial que determine las tallas de primera captura, de acuerdo a cada especie objetivo; caracterice las artes y métodos de pesca y proponga una veda regional por especie; así como de impulsar a la pesquería de pargos y huachinango a la certificación.

Palabras clave

Plan de Manejo Pesquero (PMP), marco lógico, huachinango, pargos, pesquería, Colima, México.

Logical Framework Methodology for the Snapper Fishery Management in Colima

Abstract

The methodology of the Logical Framework is a useful tool in the strategic planning of projects and programs, based on the execution of actions within a certain period of time that coordinates the objectives that were contemplated. It consists of three stages: design, execution, and evaluation. For the Snapper Management Plan in Colima, the design process has been achieved, which is of great importance because it guarantees the fishing system and serves as an exercise for the awareness of the sector. The first step was to identify those directly, and indirectly, involved in the snapper fishing activity in Colima, followed by the analysis of the problems, the identification of their causes and consequences; analyzing the objectives that describe the situation you wish to reach, preparing the Logical Framework Matrix, and the document with the official format of INAPESCA, before moving on to other instances. Deri-

ved from the planning workshops, it was found that the fishermen involved are united in 33 cooperative societies that group between 10 to 40 members each. In addition, there are more than 90 permit holders and approximately 1 000 free fishers. The main problems are, illegal fishing, a price fixed by intermediaries, and an increase of organisms of juvenile sizes in the capture and generalized regulations for artisanal fishery. The purpose of the Snapper Fishing Management Plan (PMP) is to achieve a regulated fishery, which favors the sustainability of the resource, its habitat and the participation of a fair market for the fisherman. Therefore, the PMP proposes the creation of an official norm, which determines the sizes of the first catch according to each target species, characterizes the fishing gear and methods, and proposes a regional closure per species; as well as promoting the snapper and red snapper fishery to certification.

Keywords

Management plan, logic frame method, red snapper, fishery, Colima, México.

Introducción

El plan de manejo pesquero (PMP) es un conjunto de acciones encaminadas al desarrollo de la actividad pesquera de forma equilibrada, integral y sustentable; apegada al conocimiento actualizado de los aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros, ambientales, económicos, culturales y sociales que se tengan de ella. Se encuentran en el contexto establecido en la Carta Magna, en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables en los artículos: 4 fracción XXXVI, 36 fracción II y 39 (DOF, 2007), así como de la Carta Nacional Pesquera 2010 (DOF, 2010). El PMP tiene un enfoque precautorio, acorde con el Código de Conducta para la Pesca Responsable, del cual México es promotor y signatario, y es congruente con los ejes estratégicos definidos en el Plan Nacional de Desarrollo (DOF, 2019).

La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS), reconoce a estas como actividades de importancia para la seguridad nacional y prioritaria para el desarrollo del país (DOF, 2007), ya que fortalecen la soberanía alimentaria y territorial de

México. Dicha ley establece principios de ordenamiento, fomento y regulación del manejo integral y el aprovechamiento sustentable de la pesca y la acuacultura, considerando sus aspectos sociales, tecnológicos, productivos, biológicos y ambientales; además, define las bases para la ordenación, conservación, protección, repoblación y aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas, así como la protección y rehabilitación de los ecosistemas en que se encuentran los recursos. Por otra parte, la LGPAS promueve el mejoramiento de la calidad de vida de los pescadores y acuicultores del país a través de los programas que se instrumentan para el sector pesquero y acuícola.

Adicional a la LGPAS, otras leyes concurrentes son:

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización, concerniente a la emisión de Normas reglamentarias de las pesquerías (DOF, 1992, 2009).
- Ley General de Sociedades Cooperativas, que rige la organización y funcionamiento de las sociedades de producción pesquera (DOF, 1994).
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), relativa a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente y acervo biológico del país (DOF, 1997).

Para facilitar el proceso de diseño, ejecución y evaluación de proyectos, como es el PMP, se recurre a la metodología de marco lógico, ya que es una herramienta que permite planificar con objetivos y seguir mediante su diseño estructurado y a través de metas; así mismo, permite la evaluación del mismo y facilita la participación y comunicación entre las partes interesadas (Ortegón *et al.*, 2005; Carignani *et al.*, 2015). De manera que este método surge como respuesta a diferentes problemas de planificación, como son los proyectos que carecen de precisión debido a que sus objetivos están poco relacionados con el propósito de los mismos o que no se ejecutan adecuadamente por la falta de claridad en dar seguimiento al proyecto; por otro lado, aquellos proyectos que no definen una imagen clara (metas) y dentro de sus alcances.

Por lo tanto, el método del marco lógico propuesto enfrenta estos problemas y provee ventajas como: aportar una terminología

que facilita la comunicación entre los involucrados y que sirve para reducir ambigüedades durante la planificación; aporta un formato para llegar a acuerdos precisos acerca de los objetivos, metas y riesgos del proyecto que comparten los diferentes involucrados; suministra un temario analítico y bien estructurado (componentes, líneas de acción y acciones) basado en las matrices del marco lógico que pueden utilizar los involucrados, los consultores y el equipo del proyecto para elaborar tanto el proyecto como el informe del mismo; enfoca el trabajo técnico en los diferentes objetivos y puede acortar documentos del proyecto en forma considerable, lo cual quiere decir que aporta información necesaria para la ejecución, monitoreo y evaluación, de manera que la metodología del marco lógico proporciona una estructura para detallar, en un solo cuadro, la información más importante (Ortegón *et al.*, 2005; Aldunate y Córdoba, 2011).

La metodología contempla un análisis del problema, jerarquización de objetivos y selección de una estrategia de implementación óptima (líneas de acción, acciones y metas). El producto de esta metodología es una matriz (el marco lógico) que resume lo que el proyecto pretende hacer y cómo, cuáles son las acciones clave y cómo los productos del proyecto serán monitoreados y evaluados (Ortegón *et al.*, 2005; Aldunate y Córdoba, 2011; Carignani *et al.*, 2015; Cámara *et al.*, 2017). Por otra parte, dentro del marco de planeación subsiste una relación de coordinación técnico-funcional que es de vital importancia para que el proyecto cumpla con las metas para lo cual fue diseñado; por lo tanto, la relación entre los diferentes niveles de coordinación de los involucrados en el proyecto permitirá complementarse, retroalimentarse y coordinarse, con la finalidad de lograr una dinámica coherente de acciones y esfuerzos.

Los niveles asociados al diseño de los planes y estrategias pueden ser del orden macroeconómico, regional o local, que marque el rumbo y la velocidad sobre lo que se quiere, cómo se quiere, con quién y para quién se quiere hacer (Ortegón *et al.*, 2005; Aldunate y Córdoba, 2011). Por lo que el presente trabajo busca crear de manera objetiva y dirigida un PMP donde las especies involucradas sean los pargos y el huachinango capturados por la pesca ribereña en el estado de Colima mediante el uso de la metodología del marco lógico.

Metodología

Caracterizar a los involucrados en el PMP de pargos y huachinango de Colima

La metodología del marco lógico utilizada se deriva de lo propuesto por los autores Ortegón *et al.* (2005) y Aldunate y Córdoba (2011), quienes recomiendan trabajar desde el principio del diseño de un proyecto que integre todo lo que se involucra en el tema, considerado estratégico en la problemática y para su solución, ya sea que sus actividades estén relacionadas directamente o indirectamente con el PMP. Por lo tanto, se consultaron los registros de pesca de la oficina de la CONAPESCA en Manzanillo, Colima, para de ser posible reunir los nombres, números telefónicos, correos electrónicos y direcciones de las cooperativas pesqueras y de sus representantes, así como de los permisionarios y pescadores libres, para hacer contacto y realizar los talleres de planeación.

Por otra parte, se investigaron aquellos involucrados encargados de oficinas de gobierno, como la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Marina (SEMAR), Capitanía de Puerto, representantes estatales de áreas medioambientales como el Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado (IMADES) de Colima y municipales; además, se incluyeron aquellos académicos e investigadores expertos en los temas relacionados con la pesca o aprovechamiento de los recursos, específicamente en Colima. Se integró una base de datos en una hoja de cálculo para facilitar la búsqueda y el uso de la información.

En el PMP también se describe la unidad de pesca (tipo embarcaciones, artes de pesca, esfuerzo pesquero, entre otros) y los grupos de interés (sociedades cooperativas, permisionarios, pescadores libres, comercializadores, etcétera).

Para caracterizar a los pescadores de pargos y huachinango, se identificaron cuáles eran las especies con los mayores registros de captura, según el Sistema de Información de Pesca y Acuacultura de Colima, con información de los años 2000 a 2017 (SIPESCA 2018).

Identificar el problema central de la pesquería y de los involucrados

Para el diseño del Plan de Manejo Pesquero se inició con lo que indica la metodología del marco lógico: identificar los problemas que hay, según los involucrados, acerca de la pesquería de pargos y huachinango en el estado de Colima. Para ello, se organizó un taller en el Centro Regional de Investigación en Acuicultura y Pesca (CRIAP) de Manzanillo, con los representantes de las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera (SCPP) y de dos a tres pescadores por cooperativa, permisionarios, pescadores libres y autoridades de las dependencias antes mencionadas.

En mesas de trabajo se identificaron problemas que tienen que ver con producción, mercado, reglamento, aspectos biológicos y ecológicos y de innovación tecnológica, con la finalidad de ser más objetivos y para fomentar el diálogo entre los involucrados. En cada mesa se asignó un facilitador para guiar en la redacción de los problemas sobre papeletas, las cuales posteriormente eran colocadas por tema en un espacio a la vista de todos, creando una *lluvia de ideas*.

De todos los problemas encontrados, se fueron leyendo las papeletas para hacerlas del conocimiento de quienes asistieron y así poder definir en común un tentativo problema central. Una vez definido, se retiraron las papeletas y fueron repartidas al azar a las mesas de trabajo; en seguida se les indicó que identificaran las causas colocando una *C* en la papeleta y una *E* en los efectos. Todas las papeletas fueron nuevamente colocadas al frente, divididas por causa y efecto. Por último, los involucrados ponderaron cinco problemas personales (podían ser causas o efectos) más importantes para sus actividades pesqueras, colocando una señal en cada papeleta.

Para identificar el problema central y generar un árbol de problemas con la redacción adecuada (como lo indica la metodología del marco lógico), se llevó toda la evidencia de lo generado en el taller para trabajo de gabinete.

Por otro lado, como una fuente complementaria de información, se aplicaron encuestas socioeconómicas a los pescadores para conocer la situación actual de sus actividades con respecto a ingresos, gastos y de vivienda.

Analizar los datos históricos de las capturas e ingresos económicos

Se utilizó la información de los *Anuarios estadísticos de pesca* de los años 1956 a 1999 y del *Sistema de información de pesca y acuacultura* de 2000 a 2018 (SIPECA, 2018), ambas fuentes de estadísticas oficiales, para integrar los componentes dentro del documento del PMP, como la importancia, la cual habla del volumen actual de las capturas y su valor económico en cuanto a los ingresos que le generan al sector pesquero anualmente. Derivado de la aplicación de encuestas socioeconómicas se obtuvo el destino del ingreso económico en los gastos del hogar, también se menciona el autoconsumo de los recursos en el hogar de los pescadores. Las tendencias históricas contienen las series de captura anual de pargos y huachinango en Colima de 1955 a 2018, datos obtenidos del SIPECA y el cual tiene como fuente los avisos de arribo que entrega el pescador a las oficinas de la CONAPESCA en Manzanillo y Tecomán.

La disponibilidad del recurso se comparó con la información de las encuestas socioeconómicas, donde se le preguntó al pescador cuáles eran los meses en los que obtenían mayor captura de pargos y huachinango. Por último, con relación a las capturas de pargos y huachinango, se presenta en el documento final del PMP un resumen de las conclusiones acerca del estado general de la pesquería, con base en los elementos planteados en los puntos anteriores y considerando los aspectos biológico, económico, social y administrativo, así como la problemática de la pesquería relativa que se obtuvo previamente en los talleres de planeación.

Definir el propósito y las líneas de acción del PMP

Como trabajo de gabinete, basado en lo propuesto por Ortigón *et al.* (2005) y Aldunate y Córdoba (2011), se creó un árbol de problemas con las papeletas obtenidas en el primer taller, colocando el problema central tentativo en medio del espacio; las causas marcadas con la letra C fueron colocadas debajo del problema central y en orden, donde las papeletas con mayor puntaje fueron colocadas primero y las demás con el mismo sentido del tema y con menor puntuación debajo, respetando los cinco temas generales propuestos en el taller: producción, mercado, reglamento, aspectos biológicos y ecológicos, y aspectos de innovación tecnológica.

Lo mismo fue realizado con las papeletas marcadas con la letra *E*, como efectos del problema central. El árbol de problemas fue analizado y corregido según se menciona en la metodología del marco lógico, asegurando que respectivamente representen las causas el problema central y los efectos de este, así como que el problema central este correctamente definido y que las relaciones (causales) debidamente expresadas, ya que el árbol de problemas define una imagen completa de la situación negativa existente.

Para determinar el propósito y las líneas de acción del PMP, se trabajó a partir del árbol de problemas un árbol de objetivos, creado y validado en un segundo taller de planeación con los involucrados durante una exposición de un facilitador. Este análisis de los objetivos permite describir la situación futura a la que se desea llegar una vez resueltos los problemas, que consisten en convertir los estados negativos del árbol de problemas en soluciones, expresadas en forma de estados positivos (objetivos). De esta manera, las causas se convierten en medios y los efectos en los fines, mientras que el problema central se convierte en el propósito del árbol de objetivos y del PMP.

Para identificar las líneas de acción, según se indica en la metodología del marco lógico, a partir de los medios del árbol de objetivos se proponen acciones probables que puedan, en términos operativos, conseguir el medio. De manera que no sólo se seleccionan las líneas de acción más factibles —en términos económicos, técnicos, legales y ambientales—, sino también las más pertinentes, eficientes y eficaces para solucionar los problemas.

Por último, con el árbol de objetivos tentativo se integraron las matrices de marco lógico en niveles jerárquicos, como los fines, el propósito, los componentes, las líneas de acción y acciones que se le deriven del PMP, las cuales posteriormente fueron validadas por los involucrados durante un tercer taller de planeación.

Las primeras matrices corresponden a cada componente del PMP, y están relacionados con los temas sugeridos en la clasificación de problemas y objetivos, con una redacción más amplia y acorde a los criterios para la revisión de los indicadores, los cuales permiten evaluar si el componente, las líneas de acción y las acciones se están cumpliendo; por lo tanto, la redacción de cada uno

de ellos podrá cambiar hasta obtener una mejor puntuación en la revisión de los mismos. Las siguientes tres matrices contienen la misma información, la primera sólo indica los fines, el propósito, los componentes y las líneas de acción del PMP; la segunda matriz contiene todos los componentes con sus respectivas líneas de acción y acciones; mientras que la tercera, por componentes se describen las líneas de acción con sus respectivos indicadores, meta final, resultados parciales y el o los responsables de que se realicen.

Resultados

Los involucrados en el PMP de pargos y huachinango de Colima

Se encontró un total de ocho sectores involucrados en el PMP de pargos y huachinango en Colima, integrados por: 33 Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera, 90 permisionarios, aproximadamente 1 000 pescadores libres, seis dependencias del gobierno federal, un instituto de medio ambiente a nivel estado, una sociedad mercantil, tres dependencias municipales (en Manzanillo, Armería y Tecmán) y siete investigadores y académicos (cuadro 1).

Las especies objetivo del PMP fueron seis: huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922), pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869), pargo colmillón o mulato *Lutjanus novemfasciatus* (Gill, 1862), pargo alazán *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869), pargo listoncillo *Lutjanus colorado* (Jordan y Gilbert, 1882) y pargo tecomate *Hoplopagrus guntheri* (Gill, 1862). Los pescadores de pargos y huachinango están asociados a una flota ribereña de tipo artesanal o de pequeña escala, incluso aquellos que pescan en los vasos de la laguna de Cuyutlán; las embarcaciones son de tres tipos: cayucos de madera, cayucos de fibra de vidrio y lanchas de fibra de vidrio. Las principales artes de pesca utilizadas son las redes agalleras, líneas de mano, palangre de fondo, atarraya, buceo semiautónomo y a pulmón, así como una almadraba ubicada en la bahía Santiago, frente a la playa La Boquita en Manzanillo.

Asimismo, se identificaron 13 sitios de desembarco, con una tendencia a encontrarse cercanos a las zonas urbanas, tradicionalmente para la actividad de la pesca ribereña no se contempla infraestructura de atraque para las embarcaciones ni para el

acopio y conservación del producto, con excepción de la Playita de Enmedio, localizada en Manzanillo; sin embargo, el producto de la pesca se comercializa en las comunidades de la región.

Cuadro 1
Involucrados en el PMP de pargos y huachinango en Colima

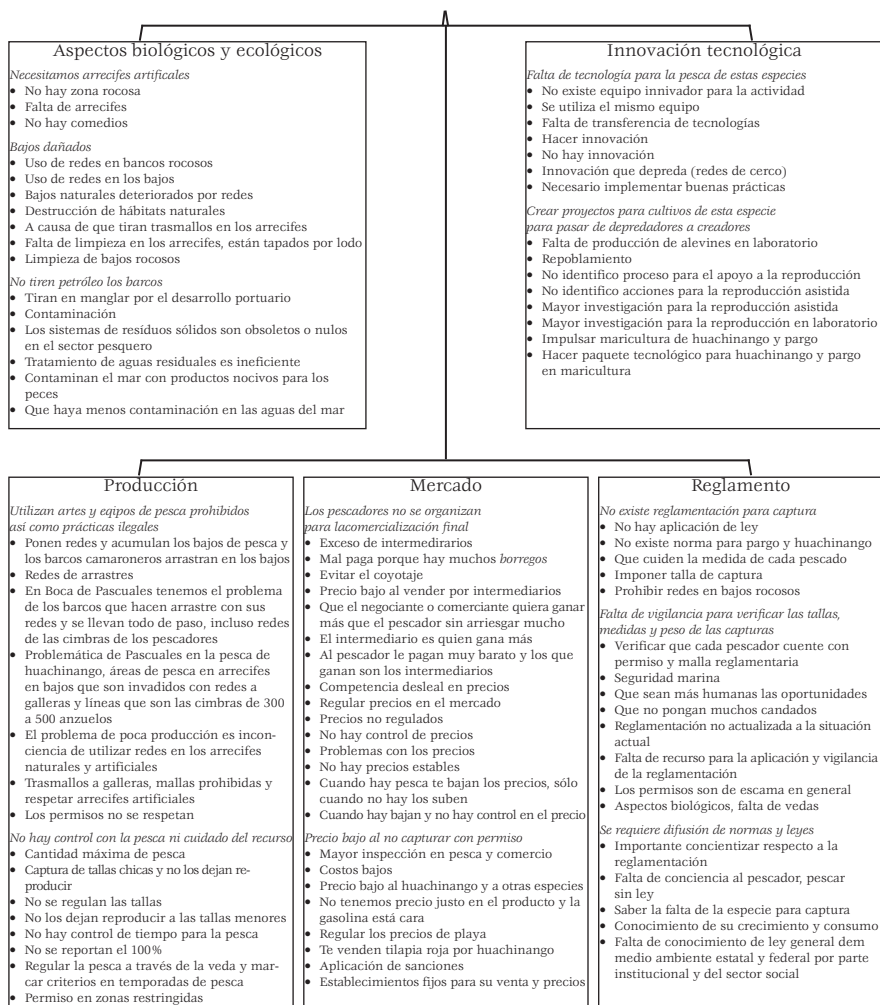
	Dependencia u organización	Número de involucrados
1	Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera	33 (10 a 40 socios)
2	Permisionarios	90
3	Pescadores libres	1 000 aprox.
4	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA)	3
	Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA)	1
	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	1
	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SEDER)	2
	Secretaría de Marina (SEMAR)	1
	Capitanía de Puerto	1
5	Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (IMADES)	1
6	Administración Portuaria Integral (API)	1
7	Municipales (en Manzanillo, Armería y Tecomán)	9
8	Académicos e investigadores	7

El problema central de la pesquería y de los involucrados

Durante el primer taller identificaron 12 problemas de mayor importancia, entre los que destacan: competencia desleal con precios bajos, insuficientes acciones de vigilancia, bajos y arrecifes dañados por sobreexplotación y asolvamiento, poca difusión de normas, destrucción de hábitats naturales —como el manglar— y poca innovación en las artes de pesca (figura 1). El problema central validado es *la pesquería de pargos y huachinango es una actividad con regulación incipiente, afectada por el deterioro del hábitat y las tendencias de demanda del mercado.*

Figura 1 Árbol de problemas derivado del primer taller con los involucrados del PMP de pargos y huachinango en Colima, 2018

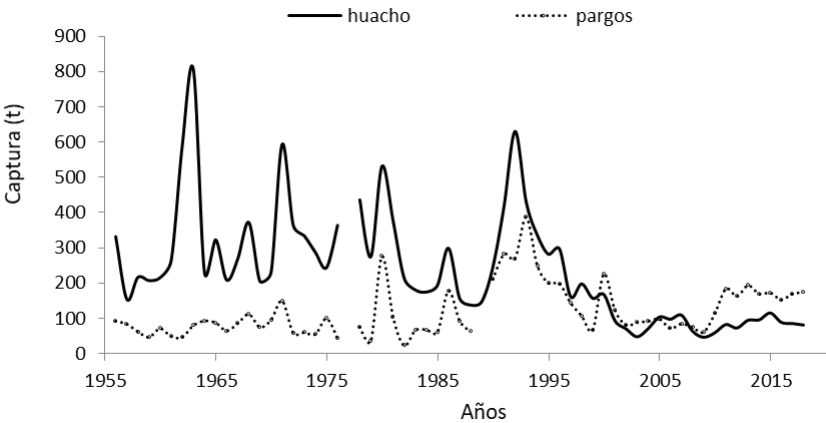
La pesquería del pargo y huachinango en Colima es una actividad con regulación incipiente que, aunada al deterioro del hábitat y las tendencias de la demanda del mercado, provoca indicio de sobreexplotación



Datos históricos de las capturas e ingresos económicos

La captura promedio de pargos entre 1956 y 1979 se mantuvo anualmente entre 74 t, aumentando a 275 t en 1980; sin embargo, la máxima fue registrada en 1993 con 386 t, posteriormente disminuyó hasta 67 t en 1999, pasando a aumentar en el siguiente año a 225.3 t (2000), seguido por una disminución en las capturas hasta 2009 con 60.3 t, mientras que para los años de 2012 a 2018 se mantuvo en promedio entre las 170 t. Respecto a la captura de huachinango, muestra mayores fluctuaciones a lo largo del tiempo, registrándose capturas más altas en los años de 1963, 1971, 1980 y 1992 con 804, 593, 531 y 630 t, respectivamente; a partir de 1993, disminuyeron a 48.24 t hasta el año 2003, a partir de entonces y hasta 2018 se mantuvieron en promedio en 85 t (figura 2).

Figura 2
Serie histórica de captura de huachinango
y pargos en Colima



Fuente: Anuarios estadísticos de 1956 a 1999 y SIPESCA 2000 a 2018.

De las encuestas practicadas se obtuvo que los pargos y huachinango son productos con demanda regional y nacional que se cotizan actualmente en precios mayores a 90 pesos por kg en presentación entero y hasta en 160 pesos/kg en filete. De manera conjunta, estos recursos pesqueros aportan más de 14000 t a la

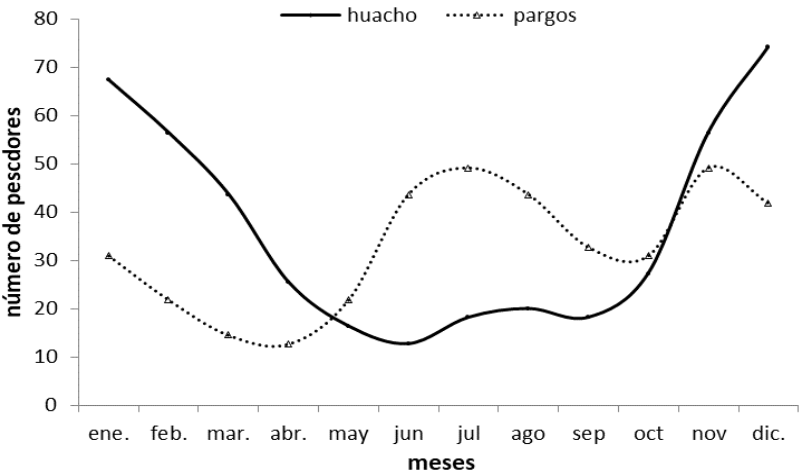
producción pesquera nacional y en Colima es superior a 300 t, generando un valor de producción superior a 16 millones de pesos al año (SIPESCA, 2018).

Relativo a la economía familiar de los pescadores, las encuestas realizadas mostraron que dos actividades son importantes en el gasto semanal: la alimentación y educación, \$1 551 pesos y \$610 pesos, respectivamente. El gasto en educación es importante debido a que la mayoría tiene hijos que asisten a la escuela, del total de hijos varones, 56% asisten a la escuela y del total de hijas mujeres, 65% asisten a la escuela. El autoconsumo de las especies capturadas es una alternativa de alimentación que es aprovechada por la mayor parte de los pescadores, ya que los organismos considerados como de segunda calidad son destinados al autoconsumo por 95% de los pescadores; de este porcentaje 12% señaló que captura especies de primera calidad para autoconsumo. En promedio los encuestados consumen por semana 5.5 ± 4.9 kg de especies de segunda calidad y aproximadamente dos de cada tres pescadores (65%, aproximadamente) consume este producto de dos a cuatro días por semana.

Respecto a la disponibilidad de los recursos, aproximadamente entre 30 y 40% de los pescadores encuestados indicaron que obtienen altas capturas de pargo a lo largo del año, a excepción de los meses de marzo y abril en los que uno de cada diez pescadores señaló obtener altas capturas (figura 3). Por otro lado, la captura reportada en el Sistema de Información de Pesca y Acuicultura (SIPESCA, 2018) indica mayor disponibilidad de pargos en el mes de octubre, coincidiendo con las capturas constantes a lo largo del año (figura 4); asimismo, más de 50% de los pescadores indicaron que obtienen altas capturas de huachinango en los meses de diciembre a enero; sólo 10% de los pescadores señaló que captura huachinango entre los meses de mayo y agosto (figura 3), mientras que los datos del SIPESCA confirman que las capturas de huachinango precisamente aumentan en los meses de octubre a enero (figura 4).

Figura 3

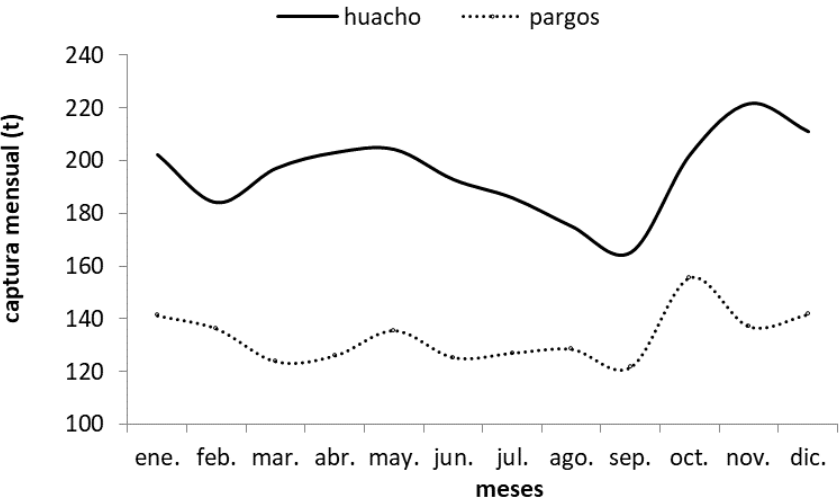
Meses de mayor captura de pargo y huachinango en Colima, de acuerdo a la experiencia de los pescadores



Fuente: Encuestas socioeconómicas para El Plan de Manejo Pesquero de pargos y huachinango de Colima, 2018.

Figura 4

Meses de mayor captura de pargo y huachinango en Colima



Fuente: SIPESCA, 2018.

Definición de las líneas de acción del PMP

Se definió el propósito como “Una pesquería regulada, que favorece la sustentabilidad del recurso, de su hábitat y la participación de un mercado justo para el pescador”. Para lograr cumplir con el propósito, se validaron ante el sector cuatro componentes: el primero, tiene que ver con fomentar el uso de artes y equipos para la práctica de pesca responsable, al cual se le atribuyeron dos líneas de acción y siete acciones en total. El segundo, trata de cómo elaborar un plan de acción para la comercialización justa de los productos pesqueros que sea desarrollado por los propios involucrados, éste contiene dos líneas de acción y cinco acciones en conjunto. El tercer componente, contribuye a la pesca responsable de pargos y huachinango mediante el establecimiento de una regulación actualizada a la que se apegue el sector pesquero y adopte como herramienta para cuidado del recurso, para este se crearon dos líneas de acción y cinco acciones. El cuarto, definió cómo desarrollar las propuestas de manejo para la restauración de las poblaciones naturales y su hábitat, con cinco líneas de acción y 18 acciones en total (cuadro 2).

Entre los principales problemas destacan: 1) *Pesca ilegal*, para abordarlo se describieron las metas de elaborar y evaluar cada tres años un catálogo de artes y técnicas de pesca responsable de pargos y huachinango; integrar un comité u organismo con pescadores de pargos y huachinango para dar seguimiento a sus actividades; elaborar y validar el plan de acción de vigilancia de la actividad pesquera cada tres años. 2) *Mercado y venta de productos con intermediarios*, para ello se determinó presentar proyectos de manejo del producto pesquero y de comercialización a partir del tercer año; llevar a cabo al menos dos talleres anuales a partir del segundo año de la implementación del PMP, para dar seguimiento a los precios; que los pescadores de pargos y huachinango comercialicen su propio producto, sin depender de intermediarios. 3) *Reglamentación generalizada*, para escama marina y su relación con el aumento de organismos con talla juvenil en las capturas de la pesca ribereña y de laguna, las metas fueron establecer acuerdos para proponer lineamientos que sirvan para establecer una Norma Oficial Mexicana (NOM) para la regulación de la pesca de pargos

y huachinango en el Pacífico mexicano, en colaboración con los principales actores; integrar y validar cada dos años una lista de invitados a las reuniones de fomento de la normatividad; así como elaborar trípticos y carteles de divulgación al menos un año después de que la normatividad esté vigente.

Cuadro 2
Componentes, líneas de acción, acciones
del PMP para pargos y huachinango en Colima

1	Fomentar el uso de artes y equipos para la práctica de pesca responsable		
	Línea de acción	Acción	
1.1	Realizar talleres para fomentar las prácticas de pesca responsable	1.1.1	Identificar las prácticas de pesca responsable adecuadas a la pesquería de pargos y huachinango en Colima
		1.1.2	Integrar una lista de participantes en los talleres de fomento de las prácticas de pesca responsable
		1.1.3	Llevar a cabo talleres y elaborar herramientas de difusión para fomentar artes y prácticas de pesca responsable
1.2	Desarrollar acuerdos entre las organizaciones pesqueras y la autoridad, para el control de la pesca y cuidado del recurso	1.2.1	Identificar a los posibles involucrados en las acciones de control de la pesca
		1.2.2	Establecer un organismo o comité de pescadores para dar seguimiento a las actividades que se deriven de la pesquería de pargos y huachinango
		1.2.3	Gestionar la organización de talleres para la elaboración de un programa de vigilancia de la actividad pesquera
		1.2.4	Establecer acuerdos entre los principales actores del programa con el gobierno del estado para dar seguimiento a la vigilancia de las actividades pesqueras

Continúa en la página 195

Viene de la página 194

2	Elaborar un plan de acción para la comercialización justa de los productos desarrollado por las organizaciones pesqueras		
Línea de acción		Acción	
2.1	Crear propuestas para el acopio y comercialización del producto	2.1.1	Desarrollar talleres donde el sector pesquero dará a conocer propuestas de comercialización
		2.1.2	Diseñar proyectos prospectivos del mercado de pargos y huachinango de acuerdo a técnicas innovadoras de comercialización
2.2	Establecer precios justos al pescador en el marco de acuerdos del plan de acción	2.2.1	Desarrollar talleres con pescadores y comerciantes para llegar a acuerdos sobre los precios que serán establecidos a los productos pesqueros de acuerdo a la oferta-demanda
		2.2.2	Establecer los diferentes tipos de comercialización del producto y sus estándares de calidad
		2.2.3	Buscar financiamiento gubernamental para la creación de proyectos de comercialización del producto pesquero
3	Contribuir a la pesca responsable de pargos y huachinango mediante el establecimiento de una regulación actualizada, a la que se apegue el sector pesquero y adopte como herramienta para cuidado del recurso		
Línea de acción		Acción	
3.1	Aportar elementos técnicos y sociales para el establecimiento de la normatividad para la regulación de la pesca de pargos y huachinango	3.1.1	Aportar elementos técnicos para el establecimiento de la NOM conforme al procedimiento guiado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Pesca Responsable e instancias involucradas en el proceso (CONAPESCA, SAGARPA, COFEMER y consulta pública)
		3.1.2	Establecer acuerdos de colaboración para la continua actualización de la normatividad

Continúa en la página 196

Viene de la página 195

Línea de acción		Acción	
3.2	Difundir la normatividad vigente para fomentar la implementación de acciones de pesca responsable	3.2.1	Integrar una lista de pescadores, intermediarios y comerciantes para darles a conocer la normatividad vigente
		3.2.2	Realizar reuniones con pescadores e investigadores para dar a conocer la normatividad y el beneficio que conlleva el cumplimiento de la misma
		3.2.3	Elaborar herramientas de difusión de la normatividad para la población pesquera y medidas para consumo al público
4	Desarrollar propuestas de manejo para la restauración de las poblaciones naturales del recurso y su hábitat		
4.1	Fomentar el desarrollo de nuevos proyectos de arrecifes artificiales y remediar los daños a estructuras sembradas y bajos pesqueros	4.1.1	Gestionar la organización de reuniones para proponer el desarrollo de nuevos proyectos de arrecifes artificiales o para remediar daños de estructuras sembradas y bajos pesqueros
		4.1.2	Diseño de proyectos y su seguimiento mediante la colaboración del sector pesquero e instancias correspondientes
4.2	Fortalecer las acciones dirigidas a la restauración de zonas de manglar	4.2.1	Establecer acuerdos de colaboración con autoridades del gobierno y empresa privadas para restaurar zonas de manglar
		4.2.2	Participar en actividades de monitoreo y restauración del manglar
4.3	Proponer estrategias de manejo de la pesquería usando técnicas de repoblamiento	4.3.1	Identificar laboratorios de producción de alevines de las especies objetivo
		4.3.2	Diseñar un programa de repoblamiento de las especies objetivo del presente PMP
		4.3.3	Establecer acuerdos de colaboración para la implementación del programa de repoblamiento de las especies objetivo del PMP
		4.3.4	Establecer una zona de refugio pesquero en la bahía de Carrizales

Continúa en la página 197

Viene de la página 196

Línea de acción		Acción	
4.4	Proponer tecnologías innovadoras para la pesca sustentable de estas especies	4.4.1	Proponer proyecto de investigación para identificar tecnologías innovadoras para la pesca de las especies objetivo en Colima
		4.4.2	Llevar a prueba las nuevas técnicas de pesca con los pescadores de la región
4.5	Aumentar el impulso al desarrollo de proyectos para maricultivos y manejo de la población silvestre	4.5.1	Determinar especies susceptibles de cultivo en la región
		4.5.2	Desarrollar paquete tecnológico para el cultivo de especies susceptibles de pargos o huachinango
		4.5.3	Transferir tecnología para el cultivo de pargos y huachinango al sector pesquero para el desarrollo de cultivo piloto y comercial de especies nativas
		4.5.4	Gestionar fondos para el financiamiento de proyecto de fomento y comerciales para el cultivo de peces marinos
		4.5.5	Diseñar un programa de repoblamiento de las especies objetivo del presente PMP
		4.5.6	Establecer acuerdos de colaboración para la implementación del programa de repoblamiento de las especies objetivo del PMP
		4.5.7	Fomentar el diseño de políticas públicas para la implementación de subsidios que sean destinados para la conversión del pescador al cultivo de especies

Discusión

La identificación correcta de los involucrados en el PMP para pargos y huachinango provee información valiosa para la planeación y, como lo menciona Ortegón *et al.* (2005), debe de existir una imagen clara de cómo lucirá el proyecto si tuviese éxito, por lo que las metas del proyecto deben estar apegadas a la realidad y acorde a las limitaciones del mismo. Al realizar un análisis colaborativo, como lo plantea la metodología del marco lógico, y conocer la realidad de lo que sucede con la pesquería de estos productos —tanto

en el ámbito económico, como social y laboral de los pescadores y de los demás involucrados— es como se definen los objetivos. Por otra parte, la metodología brinda de manera sencilla una orientación clara sobre el seguimiento del proyecto, ya que cuenta con métodos de medición que permiten visualizar el cumplimiento y desarrollo del mismo, lo cual brinda un control sobre los resultados (Jardon y Martínez, 2015).

Asimismo, la planeación estratégica del marco lógico también ofrece una directriz precisa de los problemas y sus posibles soluciones que permiten la generación de políticas públicas y una articulación institucional, para evitar acciones equivocadas que puedan perjudicar el propósito y metas del proyecto (Jardon y Martínez, 2015; Pérez-Márquez, 2019); por lo tanto, los talleres de planeación con los involucrados crean vínculos entre los diferentes grupos de carácter administrativo del sector, entre otros: investigadores que comparten su conocimiento mediante el diálogo en las mesas de trabajo; representantes del gobierno federal, estatal y municipal que dan a conocer sus atribuciones y los alcances que pueden aportar al PMP; pescadores que aportan conocimientos con base a su experiencia sobre los recursos pesqueros y siendo los principales validadores del PMP debido a que serán los actores directos del co-manejo. Tal como ocurrió con el éxito del Parque Nacional Cabo Pulmo (PNCP) en Baja California Sur, decretado gracias a los esfuerzos conjuntos del gobierno federal y estatal, así como de los académicos, organizaciones civiles y la sociedad local organizada, llevándolo al reconocimiento nacional e internacional por el incremento en su biomasa de fauna marina con respecto a la condición previa al decreto (Bobadilla *et al.*, 2017); otro ejemplo de cómo la sociedad organizada y comprometida puede trabajar en coordinación para lograr un mismo objetivo es el decreto del Plan de Manejo Pesquero de meros y especies asociadas en la península de Yucatán, pesquería que se encontraba sobreexplotada y requería de la urgente recuperación y administración adecuada de estos recursos (DOF, 2014).

La tarea de identificación de los involucrados se facilita con las leyes, normas y reglamentos sobre atribuciones, lineamientos, coordinaciones, etcétera, como lo propuesto en la Ley General de

Pesca y Acuicultura Sustentables, que señala la importancia de la pesca para la seguridad nacional y el desarrollo del país (DOF, 2007) y asegura que las entidades federativas y los municipios ejercerán sus atribuciones en materia de pesca y acuicultura sustentables. El INAPESCA, como organismo público, es responsable de la investigación científica y tecnológica del sector pesquero nacional; la CONAPESCA, como entidad de administración pública federal, promueve y ejecuta programas y proyectos de fomento y desarrollo de las actividades pesqueras y acuícolas; la SEMARNAT asegura el cumplimiento de la ley en materia de preservación, restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente; entre otras instituciones (DOF, 2007); así también los pescadores tienen el deber de respetar las normas asociadas a la pesca y sus especies objetivo, un ejemplo generalizado en todo el país es el cumplimiento de la NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013, la cual especifica los sistemas, métodos y técnicas de captura prohibidos en la pesca en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos (DOF, 2015).

Por otra parte, el análisis colectivo de los problemas que atañe a la pesquería de pargos y huachinango en Colima, de acuerdo a lo definido por la metodología (Ortegón *et al.*, 2005; Aldunate y Córdoba, 2011), permite atacarlos de manera objetiva y más eficiente, ya que derivado de la identificación de las causas y los efectos, la metodología del marco lógico destaca cuáles son las acciones prioritarias y quiénes serán los actores que llevarán a cabo las actividades de seguimiento del PMP. Así también, con el análisis de involucrados se conoce quién de los actores podría representar un retraso en el cumplimiento de las metas, por lo que se recomienda poner especial atención si el objetivo es cumplir con un componente del PMP. Otra ventaja de la metodología del marco lógico, es que permite replantear los objetivos y metas en la etapa de evaluación, ya que es una estrategia de mejora constante y de acuerdo a las situaciones de cada proyecto en específico (Carignani *et al.*, 2015 y Cámara *et al.*, 2017).

Respecto al problema central de la pesquería de pargos y huachinango que surgió de los talleres de planeación, debido a que los pescadores indicaron que a partir del año 2010 a la fecha se han capturado peces de menor tamaño, es decir con tallas menores a la de primera madurez, Zárate *et al.* (2014) en su libro *Sustentabilidad*

y pesca responsable en México, señalan que el estatus de la población de huachinango se encuentra al máximo sustentable (308 t anuales), además de que los estados de Jalisco, Colima y Michoacán presentan una sobrepesca por reclutamiento. Por otro lado, Arreguín y Arcos (2011) reportan al huachinango como una especie sobreexplotada y concluyen que una de las causas es que la flota ribereña de Colima se enfoca cada vez más en depredadores tope, como pargos y huachinango, lo cual limita la diversificación de sus actividades y como consecuencia conlleva al deterioro del recurso en la zona costera, ya que es ahí donde más predominan los juveniles de diversas especies; dichos autores señalan también que una situación agravante es el bajo control administrativo que se tiene de la flota ribereña en el país, la cual se extiende a lo largo de más 12 000 km de costa, dificultando el control de su operación, por lo que podría conllevar a una explotación prolongada de estos recursos con consecuencias de cambios en los parámetros poblacionales de estas especies, así como en su crecimiento individual y de madurez (Cerdenares *et al.*, 2014).

Espino-Barr *et al.* (2001), por su parte, mencionan que la talla promedio de los recursos a través de un periodo es de los indicadores más simples del nivel de explotación de una pesquería específica, de manera que su disminución es un efecto negativo en la población debido al riesgo de que la captura se componga de juveniles o hembras maduras a poco de desovar, por lo que consideran importante analizar la tendencia en la serie de tallas promedio. Algunas de las acciones propuestas por el PMP de pargos y huachinango para atacar el problema central de la pesquería es la elaboración de normativas especializadas en estas dos especies, ya que se requiere de una atención inmediata en el control de las capturas y artes de pesca, las cuales deberán definir tallas mínimas de primera captura para huachinango, flamenco, alazán, listoncillo, coconaco y pargo colmillón; permisos de pesca específicos para la especie objetivo, según el arte de pesca; así como especificar las características de las artes y métodos de pesca de acuerdo a la especie objetivo y determinar una veda regional para su crecimiento.

Se propone el diseño de proyectos de comercialización para generar una demanda de recursos pesqueros con estándares adecuados para una futura participación en la certificación de la pes-

quería, esto con el propósito de mejorar los beneficios económicos en los ingresos de los pescadores, ya que ofrece una ventaja competitiva en el mercado, además de que asegura la sostenibilidad de los recursos pesqueros y el controlar los precios y la mejora de infraestructura para el acopio y comercialización de los recursos. Convirtiéndose en un modelo más de casos de éxito, como el de la langosta roja de Baja California, México (Pérez *et al.*, 2012), o de la merluza en Sudáfrica (Lallemand *et al.*, 2016).

Finalmente, otras de las acciones del PMP es participar en la mejora y vigilancia de los ecosistemas prioritarios para el desarrollo de las especies marinas. Para disminuir la presión pesquera sobre el recurso pargo, se propone la coordinación entre el sector pesquero y dependencias federales y estatales para el desarrollo de proyectos de acuicultura y maricultura de estas especies objetivo del PMP, así como de aquellas con potencial interés comercial.

Conclusiones

Los involucrados en la elaboración, operación y seguimiento del PMP de pargos y huachinango en Colima son pescadores que inciden sobre las especies objetivo; autoridades municipales, estatales, federales; especialistas académicos; comerciantes y proveedores de artículos para la pesca. Depende de su propio interés poner en marcha los lineamientos de la planeación.

El problema central identificado es que la pesquería de pargos y huachinango es una actividad con regulación incipiente, afectada por el deterioro del hábitat y las tendencias de demanda del mercado.

Las capturas de pargos y huachinango registradas en el SIPES-CA han disminuido en los últimos 15 años, coincidiendo con lo obtenido en las encuestas socioeconómicas realizadas a los pescadores.

El propósito del PMP de pargos y huachinango en Colima es lograr una pesquería regulada, que favorezca la sustentabilidad del recurso, de su hábitat y la participación de un mercado justo para el pescador.

La metodología del marco lógico permite reunir un panorama amplio y discutido entre las partes involucradas del problema central que afecta a la pesquería de pargos y huachinango en Colima, por lo

que brinda una herramienta útil para resolver los problemas y retroalimentar el PMP si así se requiere.

Literatura citada

- Aldunate, E. y Córdoba, J. (2011). Formulación de programas con la metodología de marco lógico. México: CEPAL.
- Arreguín-Sánchez, F. y Arcos-Huitrón, E. (2011). La pesca en México: Estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21(3): 431-462.
- Cámara, L.; Cervera, J.L. y Sainz, H. (2002). Aplicación del enfoque del marco lógico a la cooperación internacional en materia estadística. *Revista Española de Desarrollo y Cooperación*, 9.
- Carignani, M.; Nores, L. y Oviedo, S. (2015). Evaluación y gestión de riesgos relacionados con la inocuidad de los alimentos y el rol del consumidor: Planificación estratégica y desarrollo del marco lógico. *Revista CES Salud Pública*, 6(2): 160-167.
- Cruz-Romero, M. y Espino-Barr, E. (2006). Desarrollo y resultados de la investigación de la pesca ribereña. En: P. Guzmán Amaya y D.F. Fuentes Castellano (coords.), *Pesca, acuacultura e Investigación en México* (pp. 295-309). México: CEDRSSA.
- Diario Oficial de la Federación (1992). Ley Federal sobre Metrología y Normalización, concerniente a la emisión de Normas reglamentarias de las pesquerías. Publicada el 30 de abril en el *DOF*. México: Gobierno Federal Mexicano.
- Diario Oficial de la Federación (1994). Ley General de Sociedades Cooperativas. Publicada el 3 de agosto en el *DOF*. México: Gobierno Federal Mexicano.
- Diario Oficial de la Federación (1996). Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicada el 13 de diciembre en el *DOF*. México: Gobierno Federal Mexicano.
- Diario Oficial de la Federación (2007). Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables. Publicada el 24 de julio en el *DOF*. México: Gobierno Federal Mexicano.
- Diario Oficial de la Federación (2009). Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada el 30 de abril en el *DOF*. México: Gobierno Federal Mexicano.
- Diario Oficial de la Federación (2010). Carta Nacional Pesquera. Publicada el 2 de diciembre en el *DOF*. México: Gobierno Federal Mexicano, 54-56 p.

- Diario Oficial de la Federación (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Publicada el 12 de julio en el *DOF*. México: Gobierno Federal Mexicano. 24p.
- Cerdenares, L.G.; Antonio, E.R.; Carrillo, S.R.; Medina, G.G.; Tolentino, V.A.; Herrera, D.L. y Martínez, S.K. (2014). Impacto de la actividad pesquera sobre la diversidad biológica: Revisión para el Pacífico sur de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(1): 95-114.
- Espino-Barr, E.; Cruz-Romero, M. y García-Boa, A. (2001). Tendencia de la talla del huachinango *Lutjanus peru* en Colima, México, de noviembre de 1982 a diciembre de 1997. *Ciencia Pesquera*, 15.
- Espino-Barr, E.; García-Boa, A. y Puente-Gómez, M. (2015). Cálculo de los parámetros de edad y crecimiento aplicados a la administración de recursos pesqueros. Cartel. INAPESCA, SAGARPA.
- Jardon-Medina, A.G. y Martínez-Rodríguez, M.C. (2015). Evaluación de políticas públicas usando metodología de marco lógico y encuestas. VI Congreso Internacional en Gobierno, Administración y Políticas Públicas GIGAPP-IUIOG, 29 de septiembre al 2 de octubre. Madrid, España.
- Lallemand, P.; Bergh, M.; Hansen, M. y Purves, M. (2016). Estimating the economic benefits of MSC certification for the South African hake trawl fishery. *Fisheries Research*, 182: 98-115.
- Ortegón, E.; Pacheco, J.F. y Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).
- Pérez-Márquez, M. (2019). El turismo como elemento socioeconómico alternativo para un desarrollo local sostenible: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Pérez-Ramírez, M.; Ponce-Díaz, G. y Lluch-Cota, S. (2012). The role of MSC certification in the empowerment of fishing cooperatives in Mexico: The case of red rock lobster co-managed fishery. *Ocean & coastal management*, 63: 24-29.
- Sistema de información de pesca y acuicultura (SIPESCA) (2018). Base de datos 2000-2018. México: SAGARPA. Recuperado de: <https://sipesca.conapesca.gob.mx/loginfiel.php>
- Zárate-Becerra, M.E.; Espino-Barr, E.; García-Boa, A. *et al.* (2014). Huachinango del Pacífico centro-sur, costa de Nayarit a Chiapas. En: Instituto Nacional de Pesca, *Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo* (pp. 141-175). México: SAGARPA.

¿Puede un algoritmo no-supervisado de *Machine Learning* identificar eventos extremos? Sedimentología de una playa arenosa con baja influencia antropogénica

Alain Zuber
María del Carmen Álvarez
Miguel Ángel Díaz-Flores
Joel Bracamontes-Ramírez
José Luis Lorenzo-Paniahua

Resumen

El presente estudio propone el uso de un algoritmo no-supervisado de *Machine Learning* para la clasificación y monitoreo de playas a través de la identificación de la forma del perfil de playa, los ciclos tormenta y no-tormenta, y dos eventos meteorológicos extremos registrados durante 2014 y 2015, mediante los parámetros granulométricos más utilizados: tamaño, clasificación, asimetría y curtosis. El algoritmo *KMeans* utiliza el parámetro de varianza con el objetivo de agrupar datos con características similares. Los resultados muestran dos casos congruentes. El primer caso identifica tres grupos, uno con poca variabilidad correspondiente a la zona segunda berma-dunas y dos grupos en la zona de lavado-primera berma con diferente variabilidad en los parámetros granulométricos, aludiendo a los ciclos tormenta y no-tormenta. El segundo caso identifica cuatro grupos, tres de ellos idénticos al primer caso y un grupo extra *desfasado*, con tamaño de grano más grueso y alto

grado de clasificación a lo largo de todo el perfil de playa, aludiendo a eventos extremos.

Palabras clave

Fenómenos meteorológicos, *Machine Learning*, sedimentos, *KMeans*.

Can an Unsupervised *Machine Learning*
Algorithm Identify Extreme Events?
The Sedimentology of a Sandy Beach
with Low Anthropogenic Influence

Abstract

This study proposes the use of an unsupervised algorithm of Machine Learning for classification and monitoring of beaches, through the identification of the shape of the beach profile, storm and non-storm cycles, and two extreme weather events registered during 2014 and 2015, using the most commonly granulometric parameters; mean, sorting, skewness, and kurtosis. The *KMeans* algorithm uses the variance parameter in order to group data with similar characteristics. Our results show two congruent cases. The first case identifies three groups; one of them shows little variability at the second berm-dune zone, and two groups at the swash zone-first berm show different variability in the granulometric parameters, these groups represent the storm and non-storm cycles. The second case identifies four groups; three of them identical to the first case and an extra *out of phase* group, with coarser grain size and a higher degree of classification, along the entire beach profile, representing extreme events.

Keywords

Meteorological phenomena, Machine Learning, Sediments, *KMeans*.

Introducción

El territorio mexicano cuenta con una longitud de costa de 11 122 km (Lara-Lara *et al.*, 2008). Esta extensión está distribuida en 17 de los 32 estados del país, con un total de 7 828 km de acceso al océano Pacífico y golfo de California, mientras que las entidades del golfo de México y mar Caribe comparten 3 294 km (INEGI, 2003). De acuerdo con cifras del Sistema Nacional de Información Estadística del Sector Turismo de México (DATATUR), durante enero de 2018 se registró un ingreso de 4.5 millones de turistas extranjeros con un ingreso de 1 941 millones de dólares, considerando sólo turistas internacionales (SECTUR, 2018).

El dato anterior se puede calificar como positivo bajo el punto de vista económico y negativo desde el punto de vista de la degradación del medio ambiente, pero no se pueden omitir los efectos adversos que conlleva la explotación de playas desde el punto de vista recreativo. Un claro ejemplo de esta problemática es la mala planeación de edificaciones cercanas a la playa, sin tomar en cuenta la dinámica litoral local, así lo describen González *et al.* (2014) con el problema de erosión de playa en una zona turística con alta influencia antropogénica, relacionada con la mala planificación de edificaciones y modificando la dinámica litoral local, y como consecuencia la pérdida del material sedimentario en la playa.

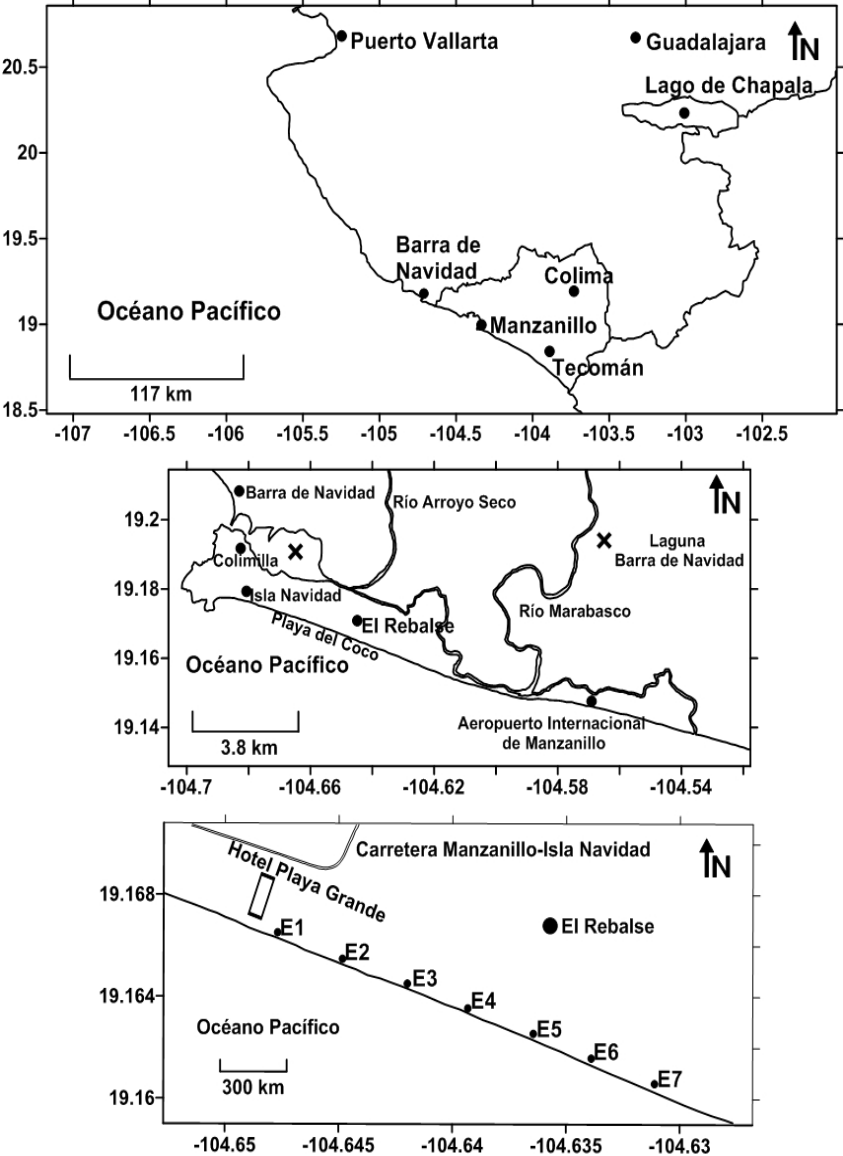
Debido a que la zona costera es un sistema altamente dinámico, espacial y temporalmente, la aplicación de monitoreos constantes puede otorgarnos una idea acerca de la dinámica local durante los periodos de calma y tormenta (calma-tempestad). Por tanto, es necesario implementar una herramienta que ayude a la caracterización de los procesos de erosión y deposición del sedimento, y que al mismo tiempo favorezca a la clasificación de la costa. En este trabajo proponemos el uso de un algoritmo no-supervisado de *Machine Learning* llamado *KMeans* y su potencial uso en la caracterización de una playa, basándose en la dinámica del sedimento. Nuestro principal objetivo es la caracterización de la playa seca con baja influencia antropogénica durante un ciclo calma-tempestad como un caso de estudio.

Área de estudio

Playa del Coco, ubicada en la zona norte del litoral del estado de Colima (104°36'-104°42'O y 19°09'-19°11'N), es un sitio ideal para monitorear la dinámica del sedimento y por la baja afluencia puede caracterizarse como un sitio con bajo impacto antropogénico. Colinda al sureste con el río Marabasco, una fuente importante de sedimentos; y al noroeste con el poblado de Isla Navidad, una zona impactada antropogénicamente (figura 1). La playa está localizada cerca del ejido El Rebalse, en el estado de Jalisco, México (Fregoso, 1945). Tiene una longitud de 11 km y se extiende desde la desembocadura principal del río Marabasco hasta el cerro de San Francisco, cerca del poblado de Isla Navidad (Meyer *et al.*, 2006; Comisión Nacional del Agua, 2011).

Esta playa presenta, en general, una relación directa con la plataforma continental y los cambios estacionales (Olivos *et al.*, 2006); la marea presente es de tipo semidiurna con un rango de 70 cm (Secretaría de Marina, 1973; Gámez, 1998); el clima es cálido y subhúmedo (Quijano y Vidaurri, 1987; Magaña *et al.*, 1999; Trasviña *et al.*, 1999; Meyer *et al.*, 2006). El río Marabasco presenta una desembocadura principal y dos secundarias, la primera desemboca directamente en el océano Pacífico, la segunda cerca del aeropuerto internacional Playa de Oro y la tercera en la laguna de Barra de Navidad (Comisión Nacional del Agua, 2011). La circulación marina local ha sido descrita con detalle por otros autores, entre otros, Gaviño y Galicia (1995), Galicia y Gaviño (1996), Bulgakov y Martínez (2006), Galicia *et al.* (2006), consúltense para obtener una descripción más completa de la circulación.

Figura 1
Área de estudio y estaciones de muestreo



Métodos

Machine Learning

De acuerdo con Shalev y Ben (2014), el aprendizaje automático o *Machine Learning* (ML) es una rama de la inteligencia artificial que permite programar computadoras para que puedan aprender a partir de cierta información de entrada, la cual se convierte en experiencia o conocimiento.

Pedregosa *et al.* (2011) definen que un problema de aprendizaje considera un conjunto de datos muestra y luego intenta predecir las propiedades de datos desconocidos, los datos de entrada pueden ser un sólo número o muestras multivariadas o con varios atributos. Asimismo, señalan que las herramientas de ML se dividen en dos categorías: supervisado y no-supervisado. La primera categoría *aprende* de un conjunto de datos de entrada para predecir una o más variables, además considera datos continuos o categóricos, por ejemplo, el reconocimiento de dígitos a mano. La segunda categoría considera un conjunto de datos de entrenamiento sin ningún valor objetivo, el propósito de este método es agrupar datos con características similares, que proyecten los resultados en dos o tres dimensiones para una mejor visualización.

Alguno de los principales sectores en los que se han utilizado algoritmos de ML son transporte, hospitalario, financiero, legal, gubernamental y energético; dentro de estos sectores su principal uso es el reconocimiento facial, de voz o de objetos; correos electrónicos no solicitados (*spam*) y antivirus; predicción y pronósticos; análisis de imágenes; seleccionar clientes potenciales y recomendación de productos; entre otros. Esta información es procesada por algoritmos de ML para optimizar operaciones en tiempo real, contar con predicciones, conocer tendencias, detectar anomalías y procesar datos no estructurados, principalmente (ProMéxico, 2017).

Considerando el punto anterior, podemos apreciar la importancia y la utilidad de los algoritmos de ML en nuestra vida diaria. Por tanto, el presente estudio plantea utilizar un algoritmo de ML no-supervisado que agrupa datos con características similares, para la determinación sedimentológica e identificación de los periodos calma-tempestad en una playa arenosa con baja influencia antropogénica; para ello hacemos uso del algoritmo *KMeans*.

Algoritmo KMeans

En este trabajo se hace uso de la paquetería *scikit-learn Machine Learning in Python* (disponible en <https://scikit-learn.org>). Se trata de una herramienta para el análisis e interpretación de datos, basado en NumPy, SciPy y Matplotlib (disponible en Python 3 y versiones superiores). Además, posee la característica de ser código abierto utilizable comercialmente bajo la licencia tipo BSD. Esta paquetería contiene diferentes herramientas como: *classification, regression, clustering, dimensionality reduction, model selection* y *pre-processing* (ver más en <https://scikit-learn.org>). Aquí se presenta el uso del algoritmo *KMeans*, pertenece a la familia *clustering*, forma parte de los métodos no-supervisados y tiene la habilidad de agrupar datos con características similares.

De acuerdo con los desarrolladores de *scikit-learn* (Pedregosa *et al.*, 2011), el algoritmo *KMeans* separa un grupo de muestras en k grupos con características similares, dado un número entero k y un conjunto de datos $x \in X$. El algoritmo itera para encontrar k *centroides* $c \in C$ tales que se minimice el cuadrado de la distancia total entre cada dato x , y el *centroide* más cercano, de acuerdo con la ecuación 1.

$$\sum_{i=1}^n \min_{\mu_j \in C} (\|x_i - \mu_j\|^2) \quad (1)$$

En este caso en particular, *Kmeans* utiliza el promedio μ de cada grupo como *centroide*, de tal forma que el algoritmo utiliza la varianza como criterio de selección y agrupa las muestras al minimizar el cuadrado de la distancia entre cada elemento x y el promedio μ , mismo que se obtiene del conjunto de datos X perteneciente a cada agrupación C .

El algoritmo *KMeans* tiene tres pasos: en el primero elige arbitrariamente k *centroides* del conjunto de datos X ; en el segundo agrupa el resto de datos al *centroide* más cercano; y finalmente, en el tercer paso asigna k nuevos centroides tomando el promedio μ de todas las muestras en C asignadas al *centroide* anterior. *KMeans* itera entre los últimos dos pasos hasta que los *centroides* no se mueven significativamente, esto se logra cuando la diferencia entre los *centroides* asignados en la iteración anterior y los nuevos es menor a cierto valor de tolerancia (ver más en Pedregosa *et al.*, 2011).

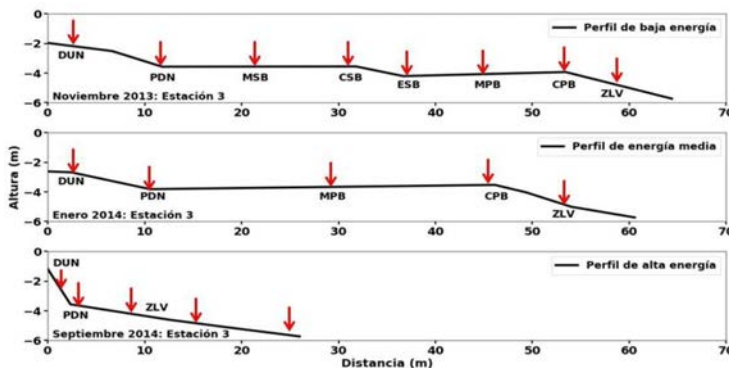
Adquisición de los datos

Muestra de arena y perfil de playa

Se establecieron siete estaciones a lo largo de la playa con una distancia de 300 m entre ellas. Los muestreos se realizaron cada dos meses durante la marea baja, desde septiembre 2013 a septiembre 2014 (ver más en Zuber, 2015), y como caso excepcional, un muestreo de un evento extremo ocurrido en octubre 2015.

Los datos del perfil fueron obtenidos con una estación total SOKKIA SET610®, cada perfil fue georreferenciado con un banco de nivel ubicado dentro del ejido El Rebalse, con una altura de 5.7 m y coordenadas $9^{\circ}10'37.76101''\text{N}$ - $104^{\circ}38'28.88354''\text{O}$, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2003). La altura geoidal se obtuvo con el modelo GGM10 versión 201802280954 desarrollado por el INEGI (2003, disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/alturasgeoidales/>), que calcula la altura geoidal en cada perfil. Se midió cada punto de inflexión del perfil de playa, desde la zona de lavado hasta la primera duna. Debido a que este estudio se enfocó en la playa seca, las corrientes y las mareas no fueron medidas. Además, se recolectaron muestras de sedimento de la zona de lavado, cresta y mitad de la primera berma, escarpe, cresta y mitad de segunda berma, pie de duna y duna (figura 2).

Figura 2
Clasificación del perfil de playa



Leyenda del perfil: zona de lavado (1 = ZLV), cresta de primera berma (2 = CPB), mitad de primera berma (3 = MPB), escarpe de segunda berma (4 = ESB), cresta de segunda berma (5 = CSB), mitad de segunda berma (6 = MSB), pie de duna (7 = PDN) y duna (8 = DUN).

Análisis granulométrico

Las muestras fueron secadas en una estufa eléctrica a una temperatura de 35-40 °C, con la finalidad de evitar la formación de agregados. Se tomaron 100 g de muestra que fueron tamizados en una serie de tamices con intervalo de -3.0 a 4.0 Φ , correspondientes a los tamaños de arena gruesa a arena fina. Los parámetros de tamaño de grano promedio (ecuación 2), clasificación (ecuación 3), asimetría (ecuación 4) y curtosis (ecuación 5) se obtuvieron con la ayuda del software GRADISTAT (Blott y Pye, 2001) (disponibles en <http://www.kpal.co.uk/gradistat.html>) basado en la metodología de Folk y Ward (1957):

$$M_z = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3} \quad (2)$$

$$\sigma_I = \frac{\Phi_{16} - \Phi_{54}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6} \quad (3)$$

$$S_k = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (4)$$

$$K_G = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \quad (5)$$

Análisis del perfil de playa

Los perfiles de playa se clasificaron según sus niveles energéticos y de acuerdo a su geomorfología. Estudios como el del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC, 2000), Ley-Vega de Seoane *et al.* (2007), Navarro-Lozano *et al.* (2009) y Aleman *et al.* (2015), sobre la clasificación del perfil de la playa, definen dos condiciones: alta y baja energía, que se corresponden a las condiciones de tormenta y no-tormenta, respectivamente. En el presente estudio, las condiciones energéticas se encontraban entre ambos extremos; por tanto, los perfiles de playa se clasificaron como de baja, media y alta energía (figura 2).

Resultados

Variabilidad sedimentaria

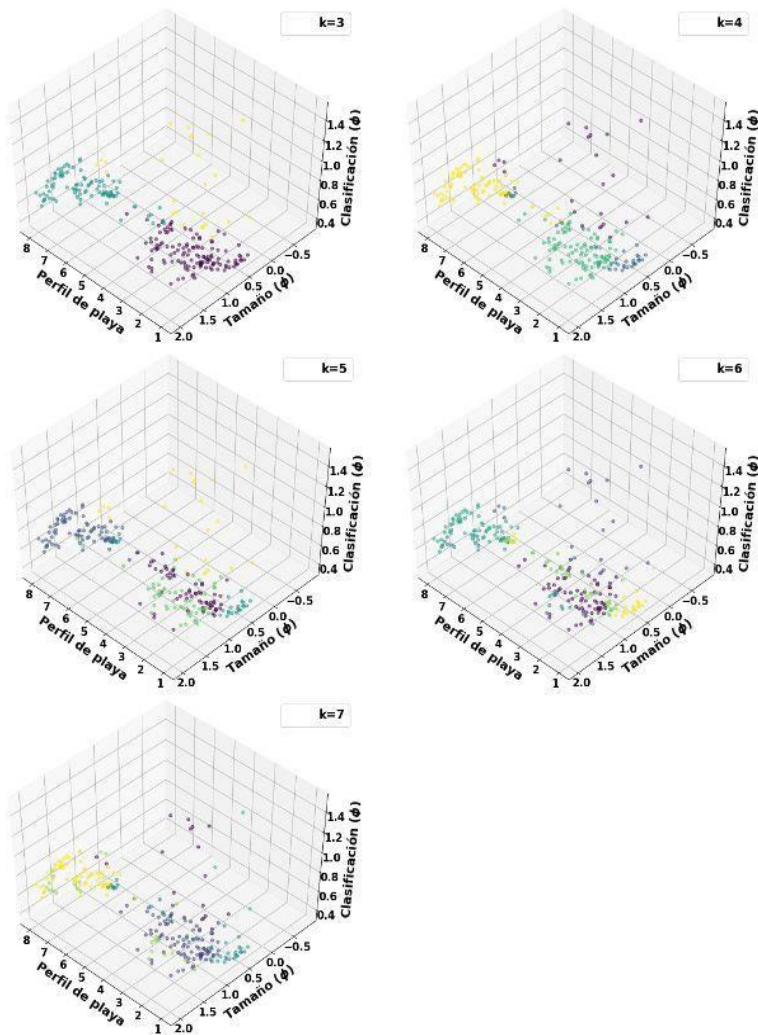
La figura 3 muestra los resultados del algoritmo *KMeans*. En general, se presentan los diferentes grupos en que se divide la sección del perfil de playa. El objetivo de utilizar diferentes valores es conocer la capacidad que tiene el algoritmo para identificar grupos, nótese que al aumentar los valores de k aumenta el número de grupos, y el algoritmo se vuelve más generalizado.

El algoritmo mostró que existe mayor libertad para crear subgrupos dentro de grupos con mayores valores de k . Valores menores a $k=3$ restringen el modelo, por ejemplo, al utilizar $k=2$ el algoritmo sólo tiene dos opciones para agrupar. Cabe resaltar que los colores hacen referencia al número de grupos utilizados, por lo que pueden variar al utilizar un número de k diferente.

Los mejores resultados se obtuvieron al usar valores de $k=3$ y $k=4$. El primer caso ($k=3$) muestra tres grupos: dos de ellos bien caracterizados (puntos morados y verdes) con valores de arena gruesa (AG) a media (AM) entre la zona de lavado-escarpe de segunda berma (ZLV-ESB) y la zona escarpe de segunda berma-duna (ESB-DUN), y el tercer grupo (puntos amarillos) con valores de arena gruesa (AG) a muy gruesa (AMG) a lo largo de todo el perfil. El segundo caso ($k=4$) muestra cuatro grupos: los dos primeros representan la zona de ZLV-ESB (puntos azules y morados) con diferente valor de clasificación (figura 3); el tercer grupo con menor variabilidad en la zona ESB-DUN (puntos amarillos); y el cuarto grupo, se encuentra en desfase con respecto al resto, es presentado por arena AG a AMG a lo largo de todo el perfil.

La figura 4 muestra que el valor de $k=3$ describe dos grupos (puntos morados y verdes) de arena AG a AM con valores de bien clasificado (BC) a moderadamente clasificado (MC), el tercer grupo (puntos amarillos) muestra arena tipo AG a AMG moderadamente bien clasificado (MBC) a pobremente clasificado (PC). En el caso de $k=4$, dos grupos (puntos morados y amarillos) de AM presentan el grado de clasificación BC a MC, este grado es característico de las secciones ZLV-ESB y ESB-DUN; el tercer grupo es dominado por AG BC a MBC, y el cuarto grupo con AMG MC a PC.

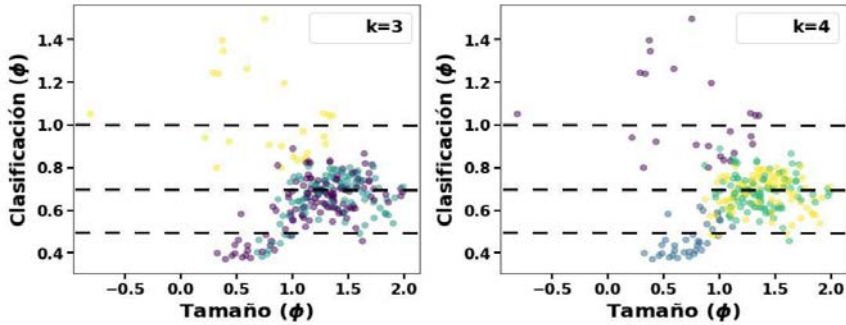
Figura 3
Resultados del algoritmo *KMeans* con diferentes valores de k



Leyenda del perfil de playa: zona de lavado (1 = ZLV), cresta de primera berma (2 = CPB), mitad de primera berma (3 = MPB), escarpe de segunda berma (4 = ESB), cresta de segunda berma (5 = CSB), mitad de segunda berma (6 = MSB), pie de duna (7 = PDN) y duna (8 = DUN). *Leyenda del tamaño de grano:* arena muy gruesa (AMG = -0.5-0.0), arena gruesa (AG = 0.0-1.0), arena media (AM = 1.0-2.0) y arena fina (AF = 2.0-2.5). *Leyenda de la clasificación:* bien clasificado (BC = 0.35-0.5), moderadamente bien clasificado (MBC = 0.5-0.7), moderadamente clasificado (MC = 0.7-1.0) y pobremente clasificado (PC = 1.0-2.0).

Figura 4

Relación entre el tamaño de grano
y clasificación para los casos de $k=3$ y $k=4$

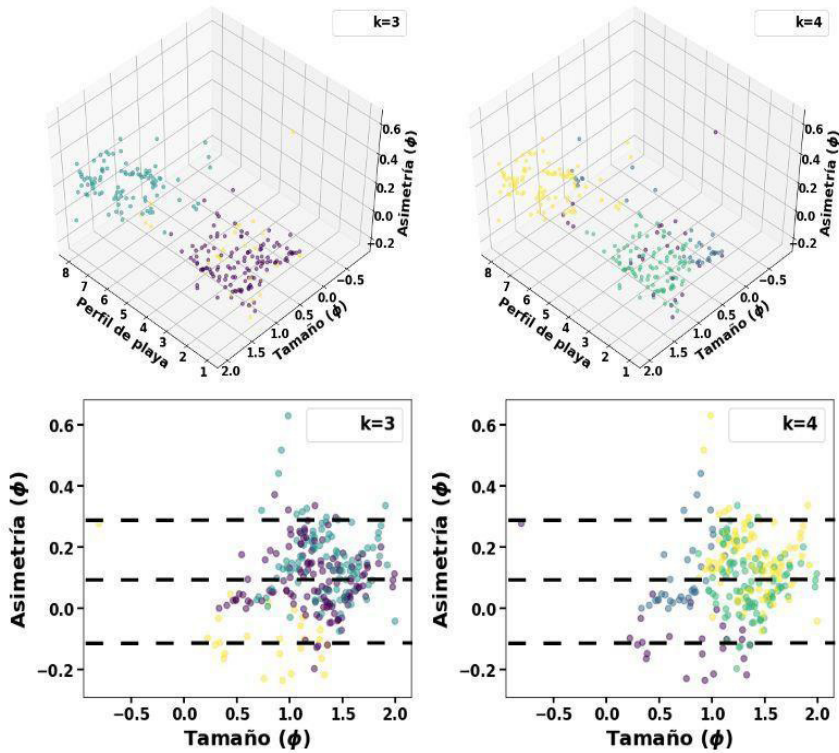


Leyenda del tamaño de grano: arena muy gruesa (AMG = -0.5-0.0), arena gruesa (AG = 0.0-1.0), arena media (AM = 1.0-2.0) y arena fina (2.0-2.5). *Leyenda de la clasificación:* bien clasificado (BC = 0.35-0.5), moderadamente bien clasificado (MBC = 0.5-0.7), moderadamente clasificado (MC = 0.7-1.0) y pobremente clasificado (PC = 1.0-2.0).

Acerca del parámetro de asimetría (S_k), la figura 5 muestra los resultados de la relación tamaño-asimetría durante el estudio. El primer caso ($k=3$), el grupo correspondiente a la sección ESB-DUN (puntos verdes de la sección 4-8) de arena gruesa y media con tendencia hacia granos finos con alto valor de S_k , caso similar al registrado en la sección ZLV-ESB (puntos morados de la sección 1-4), mientras que el último grupo (puntos amarillos) registró arenas tipo AG con bajo valor de S_k y tendencia hacia sedimento más grueso. El segundo caso ($k=4$) presenta un comportamiento similar al primero, la diferencia es la aparición de un nuevo grupo, al parecer con un desfase (puntos grises) en todo el perfil con arenas AG y alto valor de S_k con tendencia hacia granos finos; por otra parte, sigue estando presente el grupo (puntos verdes) de arenas AM a AG con tendencia hacia granos gruesos.

Figura 5

Relación entre el perfil de playa, tamaño de grano y asimetría (parte superior) y relación entre tamaño de grano y asimetría (parte inferior)



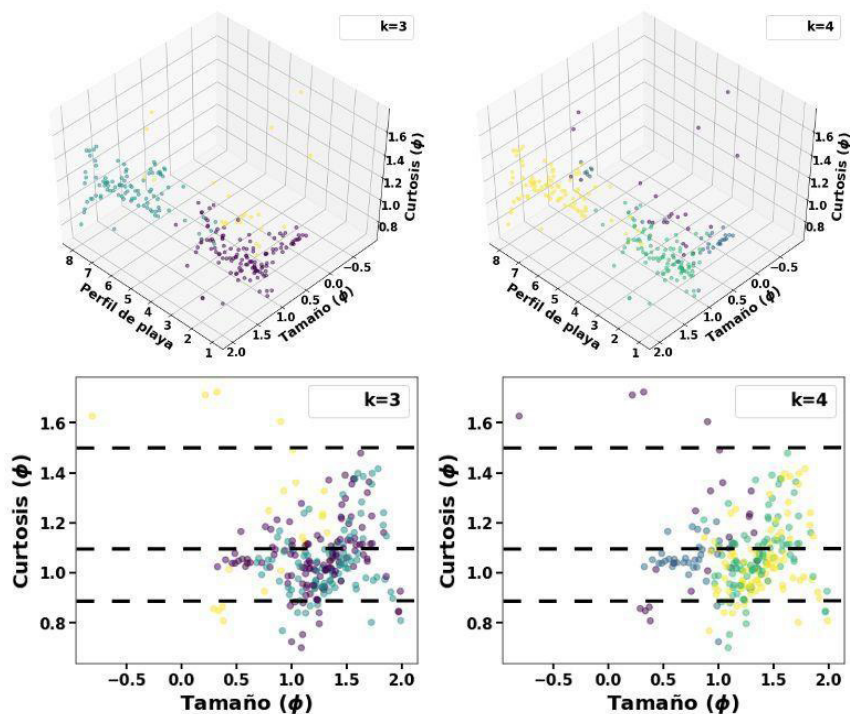
Leyenda del perfil de playa: zona de lavado (1 = ZLV), cresta de primera berma (2 = CPB), mitad de primera berma (3 = MPB), escarpe de segunda berma (4 = ESB), cresta de segunda berma (5 = CSB), mitad de segunda berma (6 = MSB), pie de duna (7 = PDN) y duna (8 = DUN). *Leyenda del tamaño de grano:* arena muy gruesa (AMG = -0.5-0.0), arena gruesa (AG = 0.0-1.0), arena media (AM = 1.0-2.0) y arena fina (AF = 2.0-2.5). *Leyenda asimetría:* muy sesgada hacia finos (VFS = +1.0-+0.3), sesgada hacia finos (FSK = +0.3-+0.1), simétrica (SYM = +0.1-0.1), sesgada hacia gruesos (PC = -0.1-0.3), muy sesgada hacia gruesos (VCS = 0.3-1.0).

La figura 6 muestra la variabilidad de la relación tamaño-curtosis. El primer caso ($k=3$) tiene tres grupos bien definidos: dos de ellos (puntos morados y verdes) con tamaño de grano similar y curtosis tipo mesocúrtica en la mayor parte de sus valores, mientras que el tercer grupo (puntos amarillos) registra tamaño de gra-

no más grueso y curtosis tipo leptocúrtica. El segundo caso ($k = 4$) identifica cuatro grupos: dos grupos (puntos morados y amarillos) similares en las secciones ZLV-ESB y ESB-DUN, el tercer grupo (puntos grises) en la sección ZLV-ESB con sedimento más grueso y curtosis tipo mesocúrtica a leptocúrtica, y un cuarto grupo (puntos verdes) con altos valores de curtosis (leptocúrtica a leptocúrtica) distribuido a lo largo de todo el perfil de playa.

Figura 6

Relación entre el perfil de playa, tamaño de grano y curtosis (parte superior) y relación entre tamaño de grano y curtosis (parte inferior)



Leyenda del perfil de playa: zona de lavado (1 = ZLV), cresta de primera berma (2 = CPB), mitad de primera berma (3 = MPB), escarpe de segunda berma (4 = ESB), cresta de segunda berma (5 = CSB), mitad de segunda berma (6 = MSB), pie de duna (7 = PDN) y duna (8 = DUN). *Leyenda del tamaño de grano:* arena muy gruesa (AMG = -0.5-0.0), arena gruesa (AG = 0.0-1.0), arena media (AM = 1.0-2.0) y arena fina (AF = 2.0-2.5). *Leyenda curtosis:* platocúrtica (PLA = 0.67-0.9), mesocúrtica (MES = 0.9-1.1), leptocúrtica (LEP = 1.1-1.5) y muy leptocúrtica (VLE = 1.5-3.0).

Discusiones

Relación entre el perfil de playa y fenómenos hidrometeorológicos

Antes de analizar los resultados obtenidos de la modelación, es necesario destacar en la zona de estudio, de acuerdo con Zuber (2015) y los datos del Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos sobre eventos hidrometeorológicos (<https://www.nhc.noaa.gov>), durante 2014, que gran parte de los perfiles de energía media fueron registrados durante el periodo de tormentas tropicales y huracanes (junio-octubre). Entre los fenómenos registrados destacan las tormentas tropicales Lorena, Elida, Norbet y Polo, con vientos de 83, 85, 75 y 110 km/h, y distancias de 232, 195, 230 y 215 km al área de estudio, respectivamente (Avila, 2014; Blake, 2014a; Bravo, 2014b; Díaz 2014; Trejo-Ruíz, 2014).

Respecto a los huracanes, sobresalen Manuel (I), Cristina (II), Odile (III) y Patricia (V), con vientos de 120, 155, 175 y 342 km/h, y distancias de 509, 307, 206 y 240 km al sitio de estudio, respectivamente (Berg, 2014; Blake, 2014b; Bravo, 2014a; Pasch y Zelinsky, 2014; Cangialosi y Kimberlain, 2015; Kimberlain *et al.*, 2016). El perfil de baja energía fue registrado durante la época de calma, en los meses de noviembre a marzo.

Otro factor importante a tomar en cuenta es el tiempo transcurrido entre la presencia del fenómeno hidrometeorológico y el tiempo de muestreo (de octubre 2014 y noviembre 2015); aunque en ambos meses se presentó el perfil de alta energía, este parece diferir entre un evento y otro. En el caso de noviembre 2015, el perfil muestra una pendiente menos pronunciada con respecto a octubre 2014, considerando que ambos eventos tuvieron la influencia de un huracán de alta categoría.

La diferencia entre ambos es la presencia del huracán Patricia (V) durante noviembre de 2015, como un caso aislado, mientras que en octubre de 2014 hubo mayor frecuencia e influencia de fenómenos hidrometeorológicos en la zona de estudio. Debemos considerar que el lapso de días entre el muestreo y la influencia del evento fue mayor en el caso de noviembre 2015, esto se debió a los daños sufridos en los caminos, dificultando el acceso. Por lo tanto, podemos decir que esta es una prueba de la respuesta del sistema para recuperar el sedimento erosionado.

KMeans y sedimentología

Como se explicó en el apartado de resultados, los mejores valores del algoritmo *KMeans* se obtuvieron con $k=3$ y $k=4$, que parecen representar los procesos calma-tempestad y calma-tempestad-forzante extremo, de acuerdo a la sección del perfil de playa registrado por Zuber (2015), donde se puede observar un gran retroceso de la línea de orilla entre el periodo de tempestad (perfil de energía media) y forzante extremo (perfil de alta energía). Debemos considerar que el algoritmo tiene ciertos factores limitantes (Pedregosa *et al.*, 2011) entre ellos: i) el criterio de suma de cuadrados dentro del centroide (CSCC) asume que son convexos e isotrópicos, y ii) no es una métrica normalizada, sólo sabemos que el número óptimo es el más cercano a cero. Debemos considerar que la escala Φ expresada en los parámetros sedimentológicos es tipo $\Phi = -\log_2 d$ (ver más en Blott y Pye, 2001), donde d es el diámetro de la partícula de sedimento; por lo tanto, la base log-normal cubre la deficiencia del algoritmo *KMeans* para detectar valores muy cercanos. Además, esta escala ha sido utilizada en otros estudios cerca de la región (*i.e.*, Meyer *et al.*, 2006; Holland *et al.*, 2011; González *et al.*, 2014; Zuber, 2015).

Otro inconveniente señalado por Pedregosa *et al.* (2011) es la elección del valor k más adecuado y el algoritmo es sensible a la iniciación. Para resolver el primer problema se eligieron diferentes números de $k=3\dots7$, los números menores a 3 restringen el algoritmo a una o dos soluciones posibles. Por otra parte, para resolver el problema de iniciación, Arthur y Vassilvitskii (2007) proponen el esquema de iniciación *k-means++* (implementado en *scikit-learn*), con el objetivo de iniciar los centros de los grupos lo más distantes entre sí y evitar caer en mínimos locales. El punto anterior muestra la capacidad del algoritmo *KMeans* para distinguir entre dos grupos de la sección ZLV-ESB de la figura 4 usando $k=4$.

De acuerdo con los parámetros granulométricos de los sedimentos, la playa del Coco estuvo dominada por la presencia de arenas medias distribuidas en todo el perfil de playa la mayor parte del tiempo, con la presencia de un grupo de arenas gruesas en los casos $k=3$ y $k=4$ de la figura 3 (puntos amarillos y morados, respectivamente). ¿Puede ser esto un indicativo de eventos extremos? ¿Se pueden diferenciar los eventos de *tormenta* y *forzantes*

extremos? Para poder resolver estas preguntas debemos considerar el resto de parámetros granulométricos. Nava (1994) propone que la relación tamaño-clasificación otorga una idea de la energía que actúa en los sedimentos. Así, considerando la relación de los parámetros texturales de los sedimentos y los resultados obtenidos del algoritmo *Kmeans*, el grado de clasificación (valores bajos de Φ) aumenta con respecto a los niveles energéticos relativos presentes. El fenómeno anterior puede observarse en los casos $k=3$ y $k=4$ (puntos amarillos y morados, respectivamente), haciendo alusión a eventos de tormenta, con diferencia que el caso $k=4$ puede identificar dos grupos en la ZLV-ESB (calma-tempestad); por lo tanto, los puntos morados con alto grado de clasificación distribuidos a lo largo del perfil pueden hacer alusión a eventos extremos, en este caso de estudio los huracanes Odile (III) y Patricia (V).

Tomando en cuenta el parámetro de asimetría, los casos $k=3$ y $k=4$ presentaron cuatro intervalos diferentes. Los valores negativos hacen alusión a la presencia de sedimentos de tipo más grueso (Folk, 1980; Ríos y Cisternas, 1998). Este fenómeno se presentó en ambos casos con valores <0 , con diferencia que el caso $k=4$ que identifica dos grupos con mismo tamaño de grano y asimetría (puntos verdes y amarillos) en dos secciones diferentes del perfil de playa; otro grupo (puntos azules) con tamaño más grueso y un último grupo con valores negativos de asimetría con tamaños de arena media y gruesa. Por lo tanto, es posible que estos dos últimos hagan referencia a los periodos de *tormenta* y *forzante extremo*.

Los valores de curtosis no muestran una clara tendencia, aunque gran cantidad de los valores registraron curtosis tipo MES (lo más cercano a una distribución normal), seguido de las distribuciones LEP, PLA y VLE, para ambos casos ($k=3$ y $k=4$), aunque las distribuciones tipo LEP y VLE han sido registradas en otros estudios (por ejemplo, Cronan, 1972; Ríos y Cisternas, 1998) donde se relacionan los parámetros granulométricos de los sedimentos y niveles energéticos de la hidrodinámica local.

En general, playa del Coco se caracteriza por presentar el perfil de energía media con una sola y amplia berma la mayor parte del año, influenciado por la incidencia directa del oleaje y cambios abruptos ocasionados por huracanes de alta categoría.

Con respecto a la variabilidad sedimentológica, esta playa mostró sedimento de tipo arena gruesa y media, moderadamente bien clasificada a moderadamente clasificada la mayor parte del año.

Conclusiones

Los mejores resultados del algoritmo *KMeans* se obtuvieron al utilizar valores $k=3$ y $k=4$. A partir de estos dos valores caracterizamos los eventos calma-tempestad y calma-tempestad-forzantes extremos, obteniendo dos conclusiones importantes:

El primer caso parece representar los ciclos calma-tempestad correctamente, este caso *reconoce* las áreas zona de lavado-escape de segunda berma y escarpe de segunda berma-dunas con un tercer grupo desfasado que se distribuye a lo largo de todo el perfil de playa. Este último puede ser relacionado con la estación de huracanes y tormentas tropicales.

El segundo caso presenta el mismo comportamiento que el primero, sólo que este reconoce dos grupos en el área de zona de lavado-escarpe de segunda berma, probablemente correspondientes al ciclo calma-tempestad. Además, parece *reconocer* los eventos extremos; por ejemplo, huracanes de alta categoría como Odile (III) y Patricia (V) en un nuevo grupo con tamaño de grano más grande, mayor grado de clasificación con tendencia hacia granos más gruesos y altos valores de curtosis, características todas ellas de valores atípicos.

En este estudio demostramos la utilidad del algoritmo no-supervisado *Kmeans* de *Machine Learning* en la caracterización sedimentológica de una playa con baja influencia antropogénica. Tuvo la capacidad de identificar las secciones del perfil de playa expuestas a los procesos calma-tempestad y calma-tempestad-forzantes extremos y, pese a que este algoritmo no-supervisado cuenta con algunas limitaciones, resultó ser una herramienta útil en la caracterización sedimentológica de playas; por tanto, se recomienda utilizar algoritmos supervisados para una mejor comparación y caracterización de playas.

Literatura citada

- Aleman, N.; Robin, N.; Certain, R.; Anthony, E.J. y Barusseau, J.P. (2015). Longshore variability of beach states and bar types in a microtidal, storm-influenced, low-energy environment. *Geomorphology*, 241: 175-191.
- Arthur, D. y Vassilvitskii, S. (2007). k-means+ +: The advantages of careful seeding. En: *Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on discrete algorithms* (pp. 1027-1035). Society for Industrial and Applied Mathematics. Disponible en: <https://theory.stanford.edu/~sergei/papers/kMeansPP-soda.pdf>
- Ávila, L. (2014, 8 de agosto). Tropical Storm Elida. National Hurricane Center. Recuperado de: https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/EP052014_Elida.pdf
- Berg, R. (2014, 29 de enero). Hurricane Polo. National Hurricane Center. Recuperado de: https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/EP172014_Polo.pdf
- Blake, E. (2014a, 8 de enero). Tropical Storm Lorena. National Hurricane Center. Recuperado de: https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/EP122013_Lorena.pdf
- Blake, E. (2014b, 21 de agosto). Hurricane Cristina. National Hurricane Center. Recuperado de: https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/EP032014_Cristina.pdf
- Blott, S.J. y Pye, K. (2001). GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248. doi: 10.1002/esp.261.
- Bravo, C. (2014a, 15 de junio). Reseña del huracán Cristina del océano Pacífico. Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2014-Cristina.pdf>
- Bravo, C. (2014b, 17 de septiembre). Reseña del huracán Odile del océano Pacífico. Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2014-Odile.pdf>
- Bulgakov, S. y Martínez Zatarain, A. (2006). Surgencia y vientos favorables en la costa oriental del Pacífico mexicano. En: M. Jiménez Quiroz, M. y E. Espino Barr (eds.), *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán* (pp. 29-40). México: Editorial Omega.
- Cangialosi, J. y Kimberlain, T. (2015, 4 de marzo). Hurricane Odile. National Hurricane Center. Recuperado de: https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/EP152014_Odile.pdf

- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2011, 31 de octubre). Respuesta a solicitud de acceso a la información. *Organismo de cuenca Lerma-Santiago- Pacífico*. México.
- Cronan, D.S. (1972). Skewness and kurtosis in polymodal sediments from the Irish Sea. *Journal of Sedimentary Research*, 42(1): 102-106.
- Díaz, J. (2014, 2 de julio). Reseña de la tormenta tropical Elida del océano Pacífico. Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2014-Elida.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2003). Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, edición 2002. Recuperado de: <https://sic.cultura.gob.mx/documentos/10.pdf>
- Folk, R.L. y Ward, W.C. (1957). Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1).
- Folk, R.L. (1980 [1974]). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas: Hemphill Publishing Company.
- Fregoso, J.L. (1945, 28 de agosto). Resolución presidencial en el expediente de dotación de ejidos al poblado de El Rebalse, municipio de Cihuatlán, Jalisco. DOF, México.
- Gámez, E. (1998). Aplicaciones de cómputo para determinar la hidrodinámica aledaña a los estados de Jalisco y Colima. Tesis de maestría. Universidad de Colima, México.
- Galicia, M. y Gaviño, J. (1996). Estudio numérico de refracción de oleaje y circulación en la costa de Colima. *GEOS*, 16(4): 256.
- Galicia, M.; Gaviño, J.; Torres, E. y Sánchez, M. (2006). Condiciones hidrológicas y de circulación en el litoral de Colima durante el año 2002. En: M. Jiménez Quiroz y E. Espino Barr (eds.), *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán* (pp. 42-50). México: Editorial Omega.
- Gaviño, J. y Galicia, M. (1995). Estudio de refracción de oleaje y de oscilaciones del nivel del agua (seiches) en el Puerto Interior de San Pedrito, Manzanillo Colima. *GEOS*, 15(2): 16-17.
- Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC) (2000). Procesos litorales. Documento de referencia. Vol. II. Recuperado de: https://smc.ihcantabria.es/SMC25/wp-content/uploads/2015/08/Documento-de-referencia_Volumen2.Procesos-litorales.pdf
- González, J.; Silva, R.; Mendoza, E. y Delgadillo, A. (2014). Towards coastal management of a degraded system: Barra de Navidad, Jalisco, Mexico. *Journal of Coastal Research*, 71(sp1): 107-113.

- Holland, L.; Romero, M.; Davidson, R. y Cardille, J. (2011). Landscape changes in a coastal system undergoing tourism development: implications for Barra de Navidad Lagoon, Jalisco, Mexico. *Investigaciones Geográficas*, 74: 7-18.
- Kimberlain, T.; Blake, E. y Cangialosi, J. (2015, 4 de febrero). Hurricane Patricia. National Hurricane Center. Recuperado de: https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/EP202015_Patricia.pdf
- Lara-Lara, J.R. et al. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. *Capital Natural de México*, 1: 109-134.
- Ley-Vega de Seoane, C.; Gallego-Fernández, J.B. y Vidal Pascual, C. (2007). Procesos físicos. En: *Manual de restauración de dunas costeras* (pp. 21-73). España: Ministerio de Medio Ambiente - Dirección General de Costas.
- Magaña, V.; Amador, J.A. y Medina, S. (1999). The midsummer drought over Mexico and Central America. *Journal of Climate*, 12(6): 1577-1588.
- Meyer, A.; Vargas, R. y Galicia, M. (2006). Caracterización y transporte de sedimentos en la costa norte de Colima. En: M. Jiménez Quiroz y E. Espino Barr (eds.), *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán* (pp. 66-80). México: Editorial Omega.
- Nava, E. (1994). Sedimentología de la cuenca San Juan de los Planes, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.
- Navarro-Lozano, J.O.; Nava-Sánchez, E.H.; Godinez-Orta, L. y Murillo-Jiménez, J.M. (2009). Morfología y sedimentos de la playa y plataforma de la bahía San Lucas, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 16(2): 132-146.
- Olivos, A.; Salas, J.; García, G.; Galicia, M.; Torres, E. y Quijano, S. (2006). Distribución horizontal de nutrientes y clorofila-a sobre la plataforma continental del estado de Colima durante 2002. En: M. Jiménez Quiroz y E. Espino Barr (eds.), *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán* (pp. 56-65). México: Editorial Omega.
- Pasch, R. y Zelinsky, D. (2014, 6 de enero). Hurricane Manuel. National Hurricane Center. Recuperado de: https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/EP132013_Manuel.pdf
- Pedregosa, F.; Varoquaux, G.; Gramfort, A.; Thirion, B. et al. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12: 2825-2830.
- ProMéxico (2017). Machine Learning: Inteligencia artificial que está transformando al mundo. Unidad de Inteligencia de Negocios. Re-

- cuperado de: <https://docplayer.es/88828083-Machine-learning-inteligencia-artificial-que-esta-transformando-al-mundo.html>
- Quijano, S. y Vidaurri, A. (1987). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y productividad primaria en las bahías y lagunas de Manzanillo. Reporte interno. IOM, Secretaría de Marina (SEMAR). Colima, México, Pp. 115.
- Ríos, R. y Cisternas, V. (1998). Uso de parámetros sedimentológicos en el reconocimiento de ambientes hidrodinámicos en los canales y fiordos adyacentes a Campos de Hielo Sur. *Investigaciones Marinas*, 26: 21-30. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71781998002600003>
- Secretaría de Turismo (SECTUR) (2018). Resultados de la actividad turística enero 2018. Recuperado de: <http://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/versionesRAT.aspx>
- Secretaría de Marina (SEMAR) (1973). *Estudio geográfico de la región de Manzanillo Colima*. México: Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. Pp. 157.
- Shalev-Shwartz, S. y Ben-David, S. (2014). *Understanding machine learning: From theory to algorithms*. New York: Cambridge University Press.
- Trasviña, A.; Lluch-Cota, D.; Filonov, A.E. y Gallegos, A. (1999). Oceanografía y El Niño. En: V.O. Magaña R. (Ed.), *Los impactos de El Niño en México* (pp. 69-101). México: SEP- Conacyt y DGPC-SEGOB.
- Trejo-Ruiz, L. (2014, 22 de septiembre). Reseña del huracán Polo del océano Pacífico. Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2014-Polo.pdf>
- Zuber, A. (2015). Evolución anual (2013-2014) del perfil de playa y sedimentología en playa del Coco, ejido El Rebalse, Jalisco. Tesis de licenciatura. Universidad de Colima, México.

Conclusiones

El conocimiento sobre nuestros océanos es extenso gracias al Esfuerzo, dedicación y tenacidad de investigadores e investigadoras quienes se interesan en explorarlos desde diversas líneas de investigación, aportando nuevas luces sobre cómo funcionan estos complejos ecosistemas. Este libro presenta trabajos enmarcados en diferentes temáticas de la oceanología, como la distribución del fitoplancton en aguas costeras; canibalismo de organismos acuáticos; ecología trófica; contaminación marina; estudios pesqueros, tanto de escama como de crustáceos; así como propuestas a la resolución de problemas que involucran el uso sustentable de los recursos marinos, como son los planes de manejo de pesquerías y la oceanología geológica que involucra la modelación costera.

Los artículos que integran esta edición evidencian los avances en el conocimiento del océano Pacífico mexicano, ya que los diferentes enfoques permiten entender sus fenómenos físicos, químicos, biológicos y geológicos. Asimismo, se manifiesta la relevancia que tiene el efecto del ser humano sobre el océano y la preocupación por las consecuencias a corto y mediano plazos, derivados de la contaminación por plásticos, el manejo de recursos pesqueros, la modelación de procesos costeros y la interdependencia entre el fitoplancton y los siguientes niveles tróficos, etcétera.

Sin duda, este libro será un referente científico-académico que servirá de apoyo para proyectos vigentes y nuevos prospectos, de aquí que consideramos que su difusión es pieza clave para poner en contexto a tomadores de decisiones sobre el estado actual en el que se encuentra la participación de la población humana en este gran ecosistema y, con ello, establecer planes de manejo para el óptimo aprovechamiento de los recursos de forma sustentable, entre muchas otras cosas.

Coordinadores

ALFREDO PÉREZ MORALES

Doctor en Ciencias Marinas, posdoctorados en Limnología y en Ecología Marina. Es profesor-investigador titular en el Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad de Colima y docente en el nivel superior y de posgrado de la misma universidad. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la red temática Conacyt: *Florecimientos algales nocivos (Red-FAN)*. Sus líneas de investigación son la ecología acuática, fitoplancton tóxico, toxinología, ecotoxicología y acuacultura. | aperez42@ucol.mx.

MARCO ANTONIO GALICIA PÉREZ

Doctor en Ciencias. Es profesor-investigador titular en el Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad de Colima y docente en el nivel superior y de posgrado en la misma Universidad. Responsable de proyectos en la Universidad de Colima, CFE (MIA-R, PSCA), API-Manzanillo, PEMEX, entre otros y director de tesis de licenciatura y maestría en aspectos de hidrodinámica de cuerpos de agua, levantamientos topográficos, simulación numérica en cuerpos de agua. Sus líneas de investigación son modelación hidrodinámica numérica en sistemas marinos, procesos costeros, análisis armónico de la marea, nivel de la superficie del agua, fenómenos hidrometeorológicos, levantamientos de perfiles de playa y monitoreo de dunas costeras. | galicia@ucol.mx.

ARAMIS OLIVOS ORTIZ

Doctor en Biología Marina por la Universidad de Barcelona, España. Es profesor-investigador de tiempo completo en el Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas (CEUNIVO) de la Universidad de Colima; docente en la Facultad de Ciencias Marinas; miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel I); director de tesis de licenciatura y posgrado en Programas Nacionales de Posgrados de Calidad (PNPC) y presidente de la Sociedad Mexicana para el Estudio de los Florecimientos Algales Nocivos A.C. (SOMEFAN). Sus líneas de investigación son distribución/disponibilidad de nutrientes inorgánicos disueltos, sus relaciones estequiométricas y su influencia en la generación de proliferaciones algales; estudio de procesos biogeoquímicos entre la columna de agua/sedimentos; e hidrología y su influencia ecológica para el manejo de recursos marinos | aolivos@ucol.mx

Autoras/autores

ÁGUILA-RAMÍREZ RUTH NOEMÍ. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, 23090, México. | raguilar@ipn.mx

AGUILAR-PALOMINO BERNABÉ. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82 San Patricio, Jalisco, México. CP.48980. | baguilar007@gmail.com

ÁLVAREZ MARÍA DEL CARMEN. Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas. Universidad de Colima. Carretera Manzanillo-Barra de Navidad Km 20. Col. El Naranjo. CP 28860. Manzanillo, Colima.

ÁLVAREZ-GONZÁLEZ CARLOS ALFONSO. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

ÁLVAREZ-VILLAGOMEZ CARINA SHIANYA. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

AMEZCUA-GÓMEZ CARLOS ALBERTO. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82 San Patricio, Jalisco, México. CP. 48980.

BANDA-DÁVILA ARMANDO. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82 San Patricio, Jalisco, México. CP. 48980.

BECERRA-GÓMEZ ALONSO. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82 San Patricio, Jalisco, México. CP. 48980.

BRACAMONTES-RÁMIREZ, JOEL. Institute of Environmental Physics. University of Bremen. Otto-Hahn Allee 1, Bremen D-28359, Germany.

BRIONES-HERNÁNDEZ SERGIO ALEJANDRO. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, BCS, México.

CAMARRILLO-COOP SUSANA. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP. 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

CORTÉS-LARA MARÍA DEL CARMEN. Centro de Investigaciones Costeras. Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad #203 Delegación Ixtapa CP. 48280. Puerto Vallarta, Jalisco, México. | maricarmen_corteslara@hotmail.com

CRUZ-ESCALONA VÍCTOR HUGO. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, CP. 23090, México.

CUPUL-MAGAÑA AMÍLCAR LEVÍ. Centro de Investigaciones Costeras. Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad #203 Delegación Ixtapa, CP. 48280. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

CUPUL-VELÁZQUEZ ANA MERCEDES. Centro de Investigaciones Costeras. Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad #203, Ixtapa, CP. 48280. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

DE LA CRUZ-GONZÁLEZ FRANCISCO JAVIER. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Bahía de Banderas, Nayarit. Calle Tortuga #1, La Cruz de Huanacastle, Nayarit. CP. 63732.

DE LA ROSA-GARCÍA SUSANA. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP. 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

DÍAZ-FLORES MIGUEL. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, CP. 04510, México.

ESPINO-BARR ELAINE. Centro Regional de Investigación en Acuicultura y Pesca de Manzanillo, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Playa Ventanas s/n, Manzanillo, Colima. CP. 28200, Tel: 314 332 3750, 314 332 3751.

GARCÍA-ULLOA GÁMIZ DIEGO. Departamento para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82. San Patricio-Melaque. CP. 48980. Cihuatlán, Jalisco.

GARCÍA-ULLOA GÁMIZ MANUEL II. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Alcaldía Coyoacán. CP. 04510. Ciudad de México.

GARCÍA-ULLOA MANUEL. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes #250. Col. San Joaquín. CP 81101. Guasave, Sinaloa. | turbotuag@hotmail.com

GARDUÑO-DIONATE MANUEL. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Av. México #190, Col. Del Carmen. Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, CP. 04100. | mdionati@yahoo.com.mx

GODÍNEZ-SIORDIA DANIEL. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82 San Patricio, Jalisco, México. CP. 48980.

GUERRERO-ZÁRATE ROCÍO. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP. 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ SALVADOR. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82. San Patricio, Jalisco, México. CP. 48980.

HINOJOSA LARIOS JOSÉ ÁNGEL. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82. San Patricio, Jalisco, México. CP. 48980.

IBARRA-NAVARRETE INGRID. Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. Gómez Farías #82. San Patricio, Jalisco, México. CP. 48980.

LÓPEZ-VILA JESÚS MANUEL. Laboratorio Interdisciplinario de Ecología Costera. Centro de Investigaciones Costeras, Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. CP. 30500, Tonalá, Chiapas. | jesus.lopez@unicach.mx

LORENZO-PANIAHUA, JOSÉ LUIS. Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas. Universidad de Colima. Carretera Manzanillo-Barra de Navidad, km 20. Col. El Naranjo. CP. 28860. Manzanillo, Colima.

LUNA-RAYA MARÍA CONSEPCIÓN. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Bahía de Banderas, Nayarit. Calle Tortuga #1, La Cruz de Huanacastle, Nayarit. CP. 63732.

MARTÍNEZ-GARCÍA RAFAEL. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP. 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

MAYTORENA-VERDUGO CLAUDIA IVETTE. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, CP. 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

MEDINA-LÓPEZ MARCO ANTONIO. Universidad Autónoma de Baja California Sur, km 5.5, CP. 23080 La Paz, BCS, México.

MÉNDEZ-GARCÍA ANDREA MUSUY. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, CP. 23090, México.

MENDOZA-PORRAS OMAR. CSIRO Livestock and Aquaculture, Queensland Bioscience Precinct, 306 Carmody Rd, St Lucia, QLD, Australia.

MERA-ORTIZ GHELEN. Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. Av. Usumacinta #851, Fracc. Laguitos CP. 29020. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

MORENO-DÁVILA BETZABÉ. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR). Mar Bermejo #195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS. 23096, México.

MUÑOZ-OCHOA MAURICIO. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS. CP. 23090, México.

PASCASIO-PABLO EVER EDUARDO. Laboratorio Interdisciplinario de Ecología Costera. Instituto de Ciencias Biológicas-Subsede Tonalá, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Calle Juan José Calzada esq. Prolongación Calzada de Guadalupe s/n, Col. Evolución. CP. 30500. Tonalá, Chiapas.

PEÑA-MARÍN EMYR SAÚL. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP. 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

PÉREZ-JIMÉNEZ GRACIELA MARÍA. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP. 86139. Villahermosa, Tabasco, México.

PÉREZ-MORALES ALFREDO. Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima. Carretera Manzanillo-Barra de Navidad, km 20. Col. El Naranjo. CP. 28868. Manzanillo, Colima, México.

PÉREZ-MUÑOZ ALEJANDRO. Centro Regional de Investigación en Acuicultura y Pesca de Manzanillo, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Playa Ventanas s/n, Manzanillo, Colima. CP. 28200, Tel: 314 332 3750, 314 332 3751.

PÉREZ-VELÁZQUEZ PABLO ALEJANDRO. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Bahía de Banderas, Nayarit. Calle Tortuga #1, La Cruz de Huanacastle, Nayarit. CP. 63732.

RAMÍREZ-LUNA SILVIA. Noroeste Sustentable, Transbordadores s/n, Col. El Manglito, La Paz, BCS, México.

RAMÍREZ-TENORIO CATHERINE. Centro Regional de Investigación en Acuicultura y Pesca de Manzanillo, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Playa Ventanas s/n, Manzanillo, Colima. CP. 28200, Tel: 314 332 3750, 314 332 3751. | catherinetenorio2@gmail.com

RODRÍGUEZ-PRECIADO JOSÉ ALBERTO. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Bahía de Banderas, Nayarit. Calle Tortuga #1, La Cruz de Huanacastle, Nayarit. CP. 63732.

ROMERO-BERNY EMILIO ISMAEL. Laboratorio Interdisciplinario de Ecología Costera. Instituto de Ciencias Biológicas-Subsede Tonalá, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Calle Juan José Calzada esq. Prolongación Calzada de Guadalupe s/n, Col. Evolución. CP. 30500. Tonalá, Chiapas. | emilio.romero@unicach.mx

SANTAMARÍA-DAMIÁN SALVADOR. Programa de Doctorado en Ecología y Desarrollo Sustentable. Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad. El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Tapachula. Carretera a Antiguo Aeropuerto km 2.5. CP. 30700. Tapachula, Chiapas.

SEPÚLVEDA-QUIROZ CÉSAR ANTONIO. Laboratorio de Acuicultura Tropical. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5. CP. 86139. Villahermosa, Tabasco, México. | casq15@gmail.com

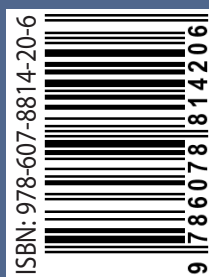
TOLEDO-GONZÁLEZ JUAN ANTONIO. Laboratorio Interdisciplinario de Ecología Costera. Instituto de Ciencias Biológicas-Subsede Tonalá, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Calle Juan José Calzada esq. Prolongación Calzada de Guadalupe s/n, Col. Evolución. CP. 30500. Tonalá, Chiapas.

VELÁZQUEZ-VELÁZQUEZ ERNESTO. Museo de Zoología. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. CP. 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

ZUBER, ALAIN. Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas. Universidad de Colima. Carretera Manzanillo-Barra de Navidad, km 20. Col. El Naranjo. CP. 28860. Manzanillo, Colima; y Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático. Universidad Nacional Autónoma de México. Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, CP. 04510. | zuber@comunidad.unam.mx

Estudios marinos y pesqueros en el Pacífico mexicano, Alfredo Pérez Morales, Marco Antonio Galicia Pérez y Aramis Olivos Ortiz (coordinadores), fue editado en la Dirección General de Publicaciones de la Universidad de Colima, avenida Universidad 333, Colima, Colima, México, www.ucol.mx. La edición digital se terminó en junio de 2022. En la composición tipográfica se utilizó la familia ITC Veljovick Book. El tamaño del libro es de 22.5 cm por 15 cm de ancho. Programa Editorial: Daniel Lorenzo Peláez Carmona. Gestión Administrativa: María Inés Sandoval Venegas. Diseño de portada: Lizeth Maricruz Vázquez Viera. Diseño de interiores: José Luis Ramírez Moreno. Cuidado editorial: Myriam Cruz Calvario.

Esta obra presenta distintas estampas que acontecen en el socioecosistema océano-zona costera, desde aspectos ecológicos que modulan la presencia de los productores primarios (fitoplancton), que son las microalgas que dan soporte a los distintos niveles tróficos en el océano, hasta herramientas actuales y sofisticadas como el *Machine Learning* para predecir la evolución costera promovida por su propia dinámica, en la cual se consideran aspectos de temporalidad. Integra investigaciones donde se analiza la distribución y presencia de especies de peces de importancia comercial y su comportamiento en el medio natural a través de su dieta o bajo condiciones de cautiverio que pueden llevar a obtener mejores rendimientos en la acuicultura, pasando por aspectos ecológicos de grandes depredadores, el manejo de pesquerías y los efectos antropogénicos de residuos plásticos que cada vez son más comunes en el océano abierto o la intromisión de especies exóticas en la región costera que pueden generar alteraciones en el medio. Es pues una recopilación de trabajos valiosos para el estudio y entendimiento de los recursos marinos, de gran utilidad para su uso sustentable y sostenible, pero al mismo tiempo contiene aportaciones de conocimiento actuales para hacer del trabajo científico un medio para emprender acciones que coadyuven a la implementación de acciones de incidencia para la restauración de nuestros océanos.



UNIVERSIDAD DE COLIMA