



# **Biodiversidad y vulnerabilidad de ecosistemas costeros en Baja California Sur**

Aportaciones de estudiantes de grado, posgrado y posdoctorado 2008-2012

.....

Editores: Mónica Pérez-Ramírez y Salvador E. Lluch-Cota





# **Biodiversidad y vulnerabilidad de ecosistemas costeros en Baja California Sur**

Aportaciones de estudiantes de grado, posgrado y posdoctorado  
2008-2012

*Mónica Pérez-Ramírez y Salvador E. Lluch-Cota*

Editores



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.

*Diseño gráfico*  
Liliana Ramírez B.

*Diseño editorial*  
Mónica Pérez-Ramírez

*Edición de textos en inglés*  
Diana Leticia Dorantes Salas

**Biodiversidad y vulnerabilidad de ecosistemas costeros en Baja California Sur.  
Aportaciones de estudiantes de grado, posgrado y posdoctorado 2008-2012.**  
Editado por Mónica Pérez-Ramírez y Salvador E. Lluch-Cota.

Primera edición 2012  
D.R.© Publicación de divulgación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Instituto Politécnico Nacional No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur. La Paz, Baja  
California Sur, México, 23096

ISBN 978-607-7634-07-2

Hecho en México

“Las opiniones expresadas por los autores (textos, figuras y fotos) no necesariamente reflejan la postura de la institución editora de la publicación”

---

# Contenido

Agradecimientos

Presentación

Tutores participantes

## Primera Parte

### MIDIENDO LA BIODIVERSIDAD

<b>Capítulo 1</b>	1
Desarrollo y evaluación de métodos moleculares para la detección e identificación de dinoflagelados tóxicos y nocivos en las costas de Baja California Sur	
Angélica Herrera-Sepúlveda	
<b>Capítulo 2</b>	25
Efecto de <i>Gymnodinium catenatum</i> (Graham, 1943) productor de toxinas paralizantes (PSP) sobre la expresión genética del ostión del Pacífico	
<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793)	
Norma García-Lagunas	
<b>Capítulo 3</b>	51
Respuesta del ostión del Pacífico <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793) a la exposición aguda y sub-crónica a <i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg, 1860) Stein 1975, productor de toxinas diarreicas, mediante el seguimiento de la expresión de genes específicos	
Reyna Romero	
<b>Capítulo 4</b>	76
Asincronía en la especiación asociada con el levantamiento del Istmo de Panamá: el caso de los haemúlidos	
Jose Tavera	

	<b>Capítulo 5</b>	
Ecomorfología y evolución de la familia Pomacentridae (Perciformes: Labroidi) en el Pacífico Oriental		94
	Rosalía Aguilar-Medrano	
	<b>Capítulo 6</b>	
Composición temporal del fitoplancton en ambiente de arrecife costero en el sureste de la Península de Baja California		122
	Alejandra Torres-Ariño	
	<b>Capítulo 7</b>	
Variabilidad temporal de los ensamblajes de macroalgas en arrecifes rocosos de Bahía de Loreto		145
	Alejandra Mazariegos-Villarreal	
	<b>Capítulo 8</b>	
Macroalgas en bancos abuloneros de la costa occidental de Baja California Sur		165
	Alma Rosa Rivera-Camacho	
	<b>Capítulo 9</b>	
Variación espacio-temporal de la densidad de <i>Acanthaster planci</i> (Echinodermata: Asteroidea) en el Golfo de California		183
	Daniela A. Murillo-Cisneros	
	<b>Capítulo 10</b>	
Estructura comunitaria de asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) en Bahía de Loreto		199
	Fabián Cervantes-Gutiérrez	
	<b>Capítulo 11</b>	
Variación estacional, contenido energético y biomarcadores lipídicos –ácidos grasos- de la comunidad planctónica de Balandra, Baja California Sur en un ciclo anual		218
	Nayeli Pedroza-Martínez	

	<b>Capítulo 12</b>	
Variación espacial de la estructura de las comunidades de peces de arrecife en la costa oeste del Golfo de California		230
	Alejandro Aldana-Moreno	

	<b>Capítulo 13</b>	
Señales isotópicas del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de <i>Megastraea undosa</i> (Wood, 1828), <i>Megathura crenulata</i> (Sowerby, 1825) y algunas de sus fuentes de alimento		245
	M. Magali Gómez-Valdez	

	<b>Capítulo 14</b>	
Dieta natural de <i>Megathura crenulata</i> (Sowerby, 1825) en arrecifes rocosos de la costa Pacífico de Baja California Sur		256
	Fatima Aguilar-Mora	

	<b>Capítulo 15</b>	
Condición fisiológica de la almeja generosa, <i>Panopea globosa</i> , en Bahía Magdalena, BCS		269
	Laura Margarita Cruz-Gómez	

	<b>Capítulo 16</b>	
Relación trófica entre los peces de arrecife y manglar en La Paz, BCS		284
	Samuel Calderón-Liévanos	

## Segunda Parte

### RELACIONANDO LA BIODIVERSIDAD CON LA VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS

	<b>Capítulo 17</b>	
Macroalgas en el arrecife del Canal de San Lorenzo BCS después del impacto del buque Lázaro Cárdenas II y el huracán Juliette		296
	Tonatiuh Chávez-Sánchez	

	<b>Capítulo 18</b>	
Revisión del conocimiento actual sobre florecimientos macroalgales en lagunas costeras del Golfo de California		310
	Alejandra Piñón-Gimate	

	<b>Capítulo 19</b>	
Reclutamiento coralino en un arrecife restaurado en La Paz, BCS		330
	Rafael Andrés Cabral-Tena	
	<b>Capítulo 20</b>	
Elementos de dinámica poblacional para el manejo de peces damisela del Golfo de California		346
	Julio Ayala-Aguilar	
	<b>Capítulo 21</b>	
Análisis de la comunidad íctica posterior a un evento de perturbación antropogénica en arrecife de San Lorenzo, Bahía de la Paz, BCS		359
	Briseida Mejía-Torres	
	<b>Capítulo 22</b>	
Estructura de la comunidad íctica de manglar en tres sistemas (Balandra, Enfermería y Zacatecas) y dos periodos (1980 y 2010) en relación con el grado de influencia antrópica		375
	Francisco J. López-Rasgado	
	<b>Capítulo 23</b>	
Pesca incidental en la pesquería de pelágicos menores en el noroeste de México		399
	Sergio Macías-Mejía	
	<b>Capítulo 24</b>	
Índice de fragilidad ecológica de los ecosistemas bentónicos ante el impacto de la pesca de arrastre		412
	Pablo Vega-García	
	<b>Capítulo 25</b>	
Certificación pesquera en países en desarrollo: tópicos recientes y perspectivas de implementación		428
	Mónica Pérez-Ramírez	



---

## *Agradecimientos*

Agradecemos a CONACYT, ya que su apoyo fue primordial para la realización de este libro. Por un lado, la mayoría de los autores fueron beneficiados con becas de posgrado. Por otra parte, el proyecto SEP-CONACYT 83339 *Biodiversidad y vulnerabilidad en ecosistemas marinos costeros* otorgó el financiamiento que permitió realizar parte de los estudios aquí presentados, y su integración. Otras fuentes importantes de subvención fueron: 1) proyecto SEP-CONACYT 83442 *Identificación molecular y estudio de la regulación de la expresión diferencial de genes, en el ostión del Pacífico Crassostrea gigas, en respuesta a exposición a toxinas marinas*; 2) proyecto CONACYT 50589 *Disponibilidad y aprovechamiento de macroalgas y pastos marinos en ecosistemas altamente productivos*; 3) proyecto CONABIO CT001 *Programa de monitoreo de la restauración de arrecife coralino afectado por el Buque Tanque Lázaro Cárdenas II, y de las comunidades arrecifales de la región del Parque de Loreto, Baja California Sur*; 4) proyecto CONACYT 126574 *Recursos pesqueros masivos de México ante el cambio climático*; 5) proyecto SIP 20121034 *Desempeño productivo de captura y económico-financiero de la pesca deportivo-recreativa de la zona de Los Cabos, B.C.S., México*; 6) proyecto COBI *Uso y manejo de especies de peces e invertebrados de ornato en el Parque Nacional Marino Bahía de Loreto* y 7) proyectos CONANP *Estudio técnico: Desarrollo microregional dentro del marco del área natural protegida Cabo San Lucas* y *Estudio técnico: Análisis y perspectivas para el desarrollo económico y diversificación de actividades dentro del marco del área natural protegida Cabo Pulmo*.

Expresamos nuestro agradecimiento a las instituciones donde los autores estudian y llevan a cabo sus investigaciones: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad

del Mar (UMAR) y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Así como a las instituciones nacionales y en el extranjero que se vinculan a este proyecto proveyendo expertos en diferentes disciplinas para la conformación de comités tutoriales: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) unidades Mazatlán y Guaymas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN (CICIMAR), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Instituto de Ecología (INECOL), Curtin University, Marine Biological Association (MBA), Universidad Nacional de Colombia, University of California, Université de Liège, UPMC Banyuls y SCRIPPS Institution of Oceanography (SIO).

No podemos dejar de reconocer las aportaciones que han brindado todos y cada uno de los integrantes de los comités tutoriales en CIBNOR: Bertha O. Arredondo Vega, José Alfredo Arreola Lizárraga, Felipe Ascencio Valle, Eduardo F. Balart Páez, Luis Felipe Beltrán Morales, Thelma Castellanos Cervantes, Pedro Cruz Hernández, Juan Antonio de Anda Montañez, Norma Y. Hernández Saavedra, Ana María Ibarra Humphries, Alfonso Maeda Martínez, Enrique Morales Bojórquez, Lourdes Morquecho Escamilla, Gopal Murugan, Alejandra Piñón Gimete, Elisa Serviere Zaragoza, María Teresa Sicard González y Dariel Tovar Ramírez.

Gracias a las personalidades que participan en los comités desde otras instituciones en México: Reyna Alvarado Jiménez, Francisco Becerril Bobadilla, Francisco Benítez Villalobos, Rolando Cardeña López, Gerardo Ceballos Corona, José de la Cruz Agüero, Efraín de Luna, Pablo del Monte Luna, Lloyd Findley, Alma Lilia Fuentes Farías, Silvia Alejandra García Gasca, Gustavo Hernández Carmona, Luis Hernández Moreno, Liliana Hernández Olalde, Eduardo Herrera Galindo, Sharon Herzka Llona, Volker Koch, Antonio López Serrano, Juan Manuel López Vivaz, Daniel Lluch Belda, Marco Antonio Medina,

Germán Ponce Díaz, Héctor Reyes Bonilla, Rafael Riosmena Rodríguez y Oscar Trujillo Millán. En el extranjero: Arturo Acero Pizarro (Colombia), Giacomo Bernardi (Estados Unidos), Jixin Chen (Reino Unido), Bruno Frédéricich (Bélgica), Philip A. Hastings (Estados Unidos), Linda Medlin (Francia), Bruce Phillips (Australia) y Declan Schroeder (Reino Unido).

El trabajo en campo, en laboratorio y en las colecciones fue apoyado por el personal técnico del CIBNOR: Jorge Angulo Calvillo (capítulos 11, 15, 22), Jesús Bautista Romero (15, 22, 23, 24), Horacio Bervera León (7, 15, 17, 19), Noemí Bocanegra Castillo (12, 21), Enrique Calvillo Espinoza (11, 22), Lucía Campos Dávila (4, 5, 12, 21), Laura Carreón Palau (11), Mario Cota Castro (7, 17, 19, 21), Roberto Hernández Herrera (15), Alejandra Mazariegos Villareal (8, 13, 14, 17), Carlos Pacheco Ayub (15, 22, 23, 24), Juan José Ramírez Rosas (7, 8, 13, 19, 21), Delia Irene Rojas Posadas (1, 2, 3, 6) y Arturo Sierra Beltrán (2, 3, 6). Asistencia en otras colecciones biológicas: José de la Cruz Agüero y Víctor Cota Gómez (CICIMAR), Rick Feeney (Los Angeles County Museum), Sandra J. Raredon (Museum of Natural History Smithsonian Institution) y H. J. Walker (SIO). Los autores también agradecen a los compañeros y amigos que participaron directa o indirectamente en los 25 estudios comprendidos en esta obra.

---

## *P r e s e n t a c i ó n*

Diversos foros mundiales han resaltado la necesidad de conciliar la biodiversidad (entendida como la variedad de organismos y ecosistemas) con el factor humano puesto que la biodiversidad representa beneficios ecológicos y socioeconómicos para las generaciones actuales y futuras. Este libro es presentado por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y financiado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del proyecto SEP-CONACYT 83339 *Biodiversidad y vulnerabilidad en ecosistemas marinos costeros*. La obra compila una serie de tesis recientes que examinan la biodiversidad en los ambientes costeros de Baja California Sur y el Golfo de California. La importancia de estas contribuciones radica en generar dos vertientes de conocimiento para la región: por un lado, mediciones de biodiversidad, que abarcan desde número y composición de especies hasta identificación genética y dominios tróficos. Por otra parte, la relación entre biodiversidad y vulnerabilidad de los ecosistemas en el entendido que los factores ambientales y las actividades humanas provocan impactos y cambios en los ecosistemas y las especies que en ellos habitan.

La historia geológica y evolutiva, la interacción de condiciones ambientales y la diversidad de ecosistemas costeros hacen de Baja California Sur lugar de residencia estacional o permanente para un elevado número de especies acuáticas; algunas de ellas endémicas de la región, esto es, que no se encuentran en ninguna otra parte del mundo. Esta diversidad de ecosistemas costeros se debe a características geográficas, climáticas y topográficas propias de la región. Por ello la marcada diferencia entre ambientes de alta energía situados en el Océano Pacífico y ambientes protegidos en el Golfo de California. Unido a esto consideremos un grado todavía moderado de explotación humana y tendremos

modelos excepcionales de estudio: ecosistemas arrecifales coralinos y rocosos, sistemas submareales rocosos asociados a bosques de macroalgas, lagunas costeras y manglares, que han sido escenarios para la recolección o censos de organismos, el registro de parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad, clorofila, nutrientes) y ensayos *in situ* con organismos móviles.

Contar con información que permita mejorar el entendimiento de la relación entre biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas es importante para analizar procesos naturales, determinar beneficios y costos ambientales, y pronosticar la respuesta de los ecosistemas ante variaciones climáticas y presión antropogénica. Esta información biológica al interactuar con otras disciplinas (*p. ej.* administración, economía), debe funcionar como marco de referencia para proponer medidas de manejo en materia de biodiversidad tal y como lo sugieren distintos instrumentos y convenios internacionales. En nuestro país, múltiples dependencias federales y estatales, organizaciones no gubernamentales, universidades y centros públicos de investigación llevan a cabo estudios sobre biodiversidad.

Es así como el CIBNOR, en su carácter de centro público CONACYT, produce e integra conocimientos científicos sobre impactos ambientales y antropogénicos y prepara recursos humanos especializados en manejo y conservación de recursos naturales. El proyecto SEP-CONACYT 83339, así como otros proyectos asociados a la Línea Estratégica CIBNOR EP3 *Variabilidad y vulnerabilidad de ecosistemas marinos del noroeste mexicano*, apoyaron la generación de recursos humanos para alcanzar diferentes grados académicos. Sus aportaciones, que exhiben la frescura y energía de jóvenes comprometidos con su investigación, se vieron enriquecidas con la experiencia de sus comités tutoriales conformados por científicos nacionales e internacionales, fortaleciendo las redes de cooperación y la línea de investigación en CIBNOR.

El presente libro, resultado y muestra de lo arriba expuesto, está constituido por veinticinco capítulos organizados en dos partes que en conjunto ofrecen conocimiento científico y teórico sobre la diversidad de especies y su vulnerabilidad ante algunos eventos ambientales e impactos antropogénicos. En la primera parte, se exploran mediciones de biodiversidad en sistemas costeros empleando técnicas moleculares (genética) y métodos tradicionales (taxonomía, índices de variación y relaciones tróficas). Las técnicas moleculares aquí presentadas sirven para monitorear mareas rojas (proliferación de microalgas tóxicas) y sus efectos en mariscos dirigidos a consumo humano y con importancia económica para la región. También se utilizaron técnicas moleculares para estudiar las relaciones de parentesco entre especies de peces, bajo el fundamento de que este ensamblaje de especies es un modelo que aporta pistas sobre la evolución de la vida.

Ante la necesidad de cuantificar la biodiversidad y compararla temporal (épocas del año) y espacialmente (tipos de ecosistema), los Capítulos 6, 7 y 8 abordan la composición y la estructura de comunidades productoras primarias, es decir, productoras de oxígeno: el fitoplancton y las macroalgas mientras que los Capítulos 9 y 10 tratan sobre organismos depredadores de arrecifes de coral. Estos estudios permiten conocer qué especies están presentes, qué patrones exhiben y qué factores influyen en su distribución (temperatura, nutrientes, etc.). Para comprender como es la circulación de nutrientes y energía en algunos sistemas acuáticos, se realizaron análisis tróficos con moluscos y peces.

La segunda parte del libro trata sobre la comprensión del rol de la biodiversidad en el funcionamiento de diversos ecosistemas costeros y su vulnerabilidad considerando la influencia ambiental y/o antropogénica. Así, tenemos como agentes de cambio: el encallamiento de un buque, el paso del huracán Juliette, los florecimientos algales, la instauración de arrecifes artificiales, la extracción de peces de ornato y la pesca comercial. Los Capítulos 17, 18, 19 y 21 tocan

temas como la situación específica de algunos recursos en arrecifes rocosos y coralinos tras el impacto del huracán; la relación entre productores de oxígeno y nutrientes generados por actividad humana en las costas y las necesidades futuras de investigación. También se ha integrado un estudio de caso para examinar los cambios en la comunidad de peces a través de comparaciones espaciales y temporales en tres sitios con diferente grado de impacto humano (Capítulo 22).

En los últimos años, la explotación de recursos se ha intensificado incidiendo en la biodiversidad de los ecosistemas. Los dos capítulos finales presentan algunas aplicaciones que ya integran conocimientos previos en materia de biodiversidad e impactos, en este caso, producidos por la actividad pesquera. En primera instancia, se propone un índice que expresa la fragilidad ecológica de los ecosistemas bentónicos ante la pesca de arrastre. A continuación, la certificación, una herramienta de manejo pesquero reconocida internacionalmente cuyo objetivo es fomentar la pesca sustentable y el menor daño ambiental.

Suele aceptarse que sin investigación científica sobre la diversidad, que sin generar el conocimiento que permita comprender mejor la vulnerabilidad de los ecosistemas y, por ende, articular aproximaciones adecuadas e integrales a los mismos, toda explotación sustentable y la conservación misma serían inviables en el corto o mediano plazo. Es por ello que un libro como el presente, que comunica la investigación recientemente generada en el CIBNOR sobre esta temática, contribuirá a elucidar la respuesta de ecosistemas particulares ante el creciente aumento de la presión generada por las variaciones climáticas y el desarrollo humano.

Consideramos, pues, que el libro ha de ser de interés para todo aquél preocupado —y ocupado— en conocer, aprovechar y conservar la elevada biodiversidad costera de Baja California Sur.

---

## *Tutores participantes*

Línea estratégica EP.3 CIBNOR y Proyecto SEP-CONACYT 83339

### **Bertha O. Arredondo Vega**

Investigador Titular A del CIBNOR, trabaja el tema de metabolismo de ácidos grasos en fitoplancton marino y el papel que desempeñan como biomarcadores de cadena trófica (FATM, por sus siglas en inglés) en ecosistemas marinos costeros.  
[kitty04@cibnor.mx](mailto:kitty04@cibnor.mx)

### **Eduardo F. Balart Páez**

Es biólogo por la Universidad Católica de Valparaíso, Maestro por la Universidad de Kyoto, y Doctor en Ciencias por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Su interés se ha centrado en el estudio de la biodiversidad, sistemática y ecología de los peces asociados a manglares, arrecifes, plataforma y talud continental; evaluación y biología de recursos pesqueros potenciales; así como en la ecología y restauración de arrecifes. Es autor de 60 publicaciones y en total ha dirigido 26 tesis de licenciatura hasta doctorado. Actualmente es Investigador Titular en el Programa de Ecología Pesquera, Curador de la Colección Ictiológica, y responsable del Laboratorio de Necton y Ecología de Arrecifes del CIBNOR. Es miembro del SNI Nivel I.  
[ebalart04@cibnor.mx](mailto:ebalart04@cibnor.mx)

### **Liliana Hernández Olalde**

Es Bióloga Marina (UABCS-2000), con Maestría en Manejo de Recursos Marinos (2003) y Doctorado en Ciencias Marinas (2008) otorgados por el CICIMAR-IPN; Estancia Posdoctoral CIBNOR (2011). Es candidata del SNI. Su investigación se enfoca en la reproducción de animales marinos, especialmente peces: determinación del sexo, maduración gonádica, comportamiento reproductivo y cuidado parental. Ha participado en diversos proyectos de investigación, publicado artículos en revistas especializadas y presentado trabajos en congresos nacionales e internacionales. Ha dirigido y participado en tesis de licenciatura y posgrado. En el programa de licenciatura (Biología Marina-UABCS) ha impartido cursos sobre biología celular y reproducción.  
[lilianah@uabcs.mx](mailto:lilianah@uabcs.mx)



**Norma Y. Hernández Saavedra**

Es Bióloga egresada de la FES Iztacala (UNAM). Estudio la Maestría en Ecología Marina en el CICIMAR (IPN) y el Doctorado en uso, manejo y preservación de los recursos naturales, con especialidad en Biotecnología, en el CIBNOR. Ha realizado estancias de investigación en Universidad de Oviedo, España y en el IGBMC (Université Louis Pasteur), en Francia. Es miembro del SNI Nivel II e Investigador Titular en el CIBNOR, donde imparte cátedra en Microbiología, Biología Molecular y Celular e Ingeniería Genética. Sus intereses de investigación son la biotecnología y la aplicación de técnicas moleculares para el aprovechamiento y manejo de recursos naturales. Sus proyectos han sido financiados por diversas fuentes, resultando en la publicación de artículos en revistas internacionales indexadas y en la formación de recursos humanos de nivel licenciatura, maestría y doctorado.

[nhernan04@cibnor.mx](mailto:nhernan04@cibnor.mx)

**Salvador E. Lluch-Cota**

Es Biólogo Marino por la UABCS, Maestro en Ciencias por el CICIMAR-IPN y Doctor en Ciencias por el CIBNOR. Se ha desempeñado como coordinador de varios proyectos de investigación en las áreas de variabilidad climática y sus efectos en recursos marinos. Cuenta con más de 25 publicaciones científicas internacionales, diversos capítulos de libro e informes técnicos. Ha dirigido cinco tesis de Licenciatura, cuatro de Maestría y cuatro de Doctorado. En 2007 fue acreedor del Premio Nacional de Ciencia en la categoría Científico Joven. Es miembro fundador de la Sociedad Mexicana de Pesquerías e integrante del SNI Nivel II.

[slluch@cibnor.mx](mailto:slluch@cibnor.mx)

**Alejandra Piñón Gimete**

Realizó estudios de posgrado en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Durante el doctorado trabajó con florecimientos macroalgales y su relación con nutrientes de tipo antropogénico en lagunas costeras del estado de Sinaloa. Ha participado en varios proyectos y comités tutoriales como investigador asociado en el CIBNOR. Actualmente, se encuentra en el segundo año de estancia posdoctoral en el mismo centro, bajo la dirección de la Dra. Elisa Serviere, desarrollando investigación sobre florecimientos macroalgales de la Bahía de La Paz. Es Candidata del SNI.

[apinon@cibnor.mx](mailto:apinon@cibnor.mx)

### **Elisa Serviere Zaragoza**

Realizó estudios de licenciatura, maestría y doctorado en la Facultad de Ciencias de la UNAM, en la línea de Botánica Marina. Trabajó como Profesor Asociado en el Laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias, UNAM, y actualmente es Investigador Titular del CIBNOR y miembro del SNI Nivel II. Sus líneas de investigación son Ecología Marina y Ecología Trófica. Cuenta con 48 publicaciones, 7 capítulos de libro y un Catálogo Onomástico (Nomenclátor) de las algas bentónicas marinas de México. Ha participado en la formación de alumnos de licenciatura (12) y de posgrado (14). Desde 2009, es Directora de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del CIBNOR.  
[serviere04@cibnor.mx](mailto:serviere04@cibnor.mx)



---

De izquierda a derecha: Eduardo F. Balart Páez, Elisa Serviere Zaragoza, Norma Y. Hernández Saavedra, Salvador E. Lluch-Cota y Liliana Hernández Olalde

Formación de recursos humanos.

Capítulo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Grado	D	D	D	D	D	D	M	L	L	L	L	M	L	L	M	L	L	P	M	L	L	D	M	M	D	
Estatus	c	c	c	c	t	c	t	t	t	t	c	t	t	t	c	c	t	c	t	c	c	c	t	t	t	
Bertha O. Arredondo Vega											d															
Eduardo F. Balart Páez				d	d			d	d	d	d				a		a	d	d		d	a				
Liliana Hernández Olalde*																d				d						
Norma Y. Hernández Saavedra			d	d	d																					
Salvador E. Lluch Cota						a				a					d	a				a	d	d	d	d	d	
Alejandra Piñón Gimate*												a					a									
Elisa Serviere Zaragoza								d	d				d	d	a		d	d			a					
Tutores en CIBNOR**	3	3	4	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Tutores externos	1	1	3	4	1	2	1	2	1	2	1	1	1	3	0	1	0	0	1	1	0	2	2	1	3	

\* = Investigadores posdoctorantes del proyecto; \*\* = no incluye a los investigadores del proyecto; L = licenciatura; M = maestría; D = doctorado; P = posdoctorado; c = tesis en curso; t = tesis terminada; d = director de tesis; a = asesor de tesis.



# Capítulo 12

---

Estructura comunitaria  
de los peces de arrecife de  
la costa oeste del  
Golfo de California

---

**Alejandro**  
**Aldana-Moreno**

---

CIBNOR  
Becario CONACYT 236332

## Resumen

En este estudio se abordó el análisis de la variación de la estructura de las comunidades de peces de arrecife conspicuos en la costa oeste del Golfo de California. Para ello se estructuró una base de datos a partir de censos visuales en 45 sitios dispuestos en la costa peninsular del Golfo de California en las localidades de Bahía de Los Ángeles, Bahía de Loreto, Bahía de La Paz, Cabo Pulmo y Los Cabos. La caracterización de las comunidades se hizo mediante descriptores como la riqueza, índice de Margalef, equidad, diversidad de Shannon y densidad. El grado de similitud entre localidades se estimó mediante análisis de agrupamiento y nMDS. Los resultados mostraron un claro patrón de incremento latitudinal, de norte a sur, en la mayoría de los descriptores comunitarios, excepto la densidad que se comportó de modo inverso. El número de especies dominantes tienden a aumentar de norte a sur, y las especies raras fueron las más abundantes en todas las localidades. Los análisis de agrupamiento mostraron el típico patrón de tres regiones ictiofaunísticas, Alto, Medio y Bajo Golfo.

**Palabras clave:** estructura de la comunidad; peces de arrecife, patrón latitudinal, Golfo de California

## *Reef fish community structure along the western Gulf of California coast*

### *Abstract*

*The aim of this study was to analyze the community structure variation of the conspicuous reef fishes along the west Gulf of California coast. To do that, it was structured a database with the results of the underwater fish visual censuses in 45 sites along the Gulf of California in the localities of Bahía de Los Ángeles, Bahía de Loreto, Bahía de La Paz, Cabo Pulmo, and Los Cabos. To characterize the fish community species richness, the Margalef, evenness, and Shannon's diversity and density indices were used. The similarity degree between communities was estimated by cluster analyses. The results showed an increasing latitudinal pattern, north to south, in almost all community attributes except for density, which behaved in the opposite way. The cluster analysis showed the classic pattern of three ichthyofaunistic divisions, Upper, Central, and Lower Gulf.*

**Keywords:** community structure, reef fishes, latitudinal patterns, Gulf of California

## Introducción

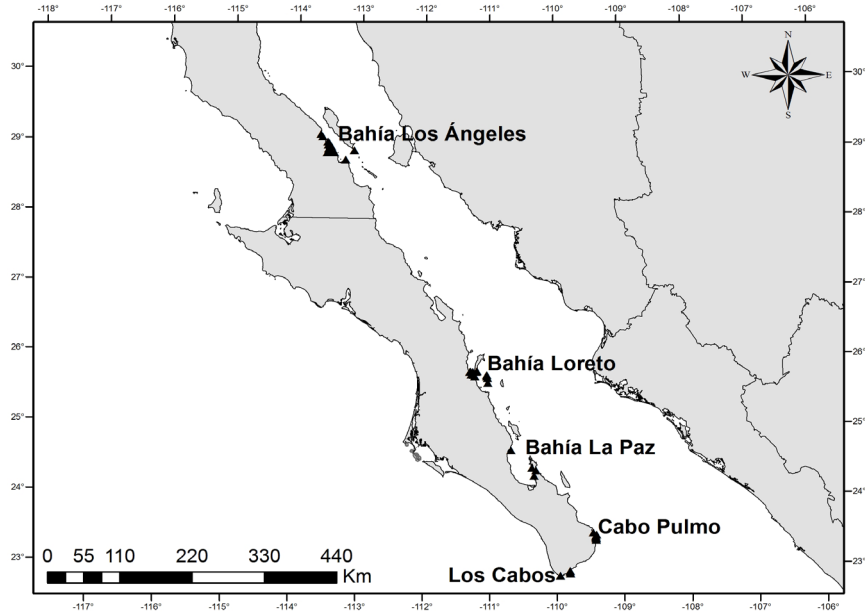
Las comunidades de peces de arrecife son complejas y estructuradas espacialmente debido a la gran variedad y heterogeneidad de hábitats en los que se les puede encontrar. Algunos autores han planteado que esta complejidad ocurre tanto a micro como a macro escala (Gladfelter *et al.*, 1980; Alevizon *et al.*, 1985; Robert & Ormund, 1987) mediada por procesos que operan a diferentes escalas temporales, ecológicas y espaciales (Caley, 1995). En el Golfo de California se han reportado alrededor de 281 especies de peces arrecifales (Thomson *et al.*, 2000). Los estudios acerca de sus comunidades son escasos, y describen su estructura en áreas puntuales o sitios separados a menos de 100 km; la mayoría de ellos se han desarrollado en los arrecifes rocosos de Bahía de La Paz o sus alrededores (Pérez-España *et al.*, 1996; Aburto-Oropeza & Balart, 2001; Arreola-Robles & Elorduy-Garay, 2002; Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Villegas-Sánchez *et al.*, 2009); aunque los hay también para Cabo Pulmo (Álvarez-Filip & Reyes-Bonilla, 2006; Álvarez-Filip *et al.*, 2006), Bahía de Los Ángeles (Viesca-Lobatón *et al.*, 2008; Mascareñas-Osorio *et al.*, 2011) e incluso en Guaymas-San Carlos (Molles, 1978). Una de las pocas excepciones es el trabajo de Thomson & Gilligan (2002) que considera las comunidades de peces criptobénticos a lo largo del Golfo de California. Sin embargo, para peces de arrecife conspicuos los análisis a mayores escalas como corresponde a la variación latitudinal en el Golfo de California, son inexistentes. El cambio de óptica de micro a macro escala posibilitará la visualización de nuevas hipótesis acerca de los mecanismos y procesos subyacentes operando en su organización. Por eso el presente trabajo pretende caracterizar los patrones de variación de los descriptores comunitarios de las asociaciones de peces de arrecife conspicuos a lo largo de la costa peninsular del Golfo de California.

## Material y métodos

Se estructuró una base de datos a partir de censos visuales subacuáticos de peces conspicuos en 45 sitios arrecifales situados en las localidades de Bahía Los Ángeles, Bahía de Loreto, Bahía de La Paz, Cabo Pulmo y Los Cabos (Figura 1). Los censos se desarrollaron con la técnica de transectos (30 x 5 m)



con tres réplicas por sitio siguiendo la metodología de Harmelin-Vivien (2002). Para cada localidad se estimaron los descriptores comunitarios básicos: la riqueza específica, índice de Margalef, índice de diversidad de Shannon, índice de equidad de Pielou y la densidad de acuerdos a las metodologías estándar descritas (Krebs, 1999; Magurran, 2004).



**Figura 1.** Regiones ictiofaunísticas propuestas por Walker (1960) para el Golfo de California, los puntos negros indican las áreas de muestreo.

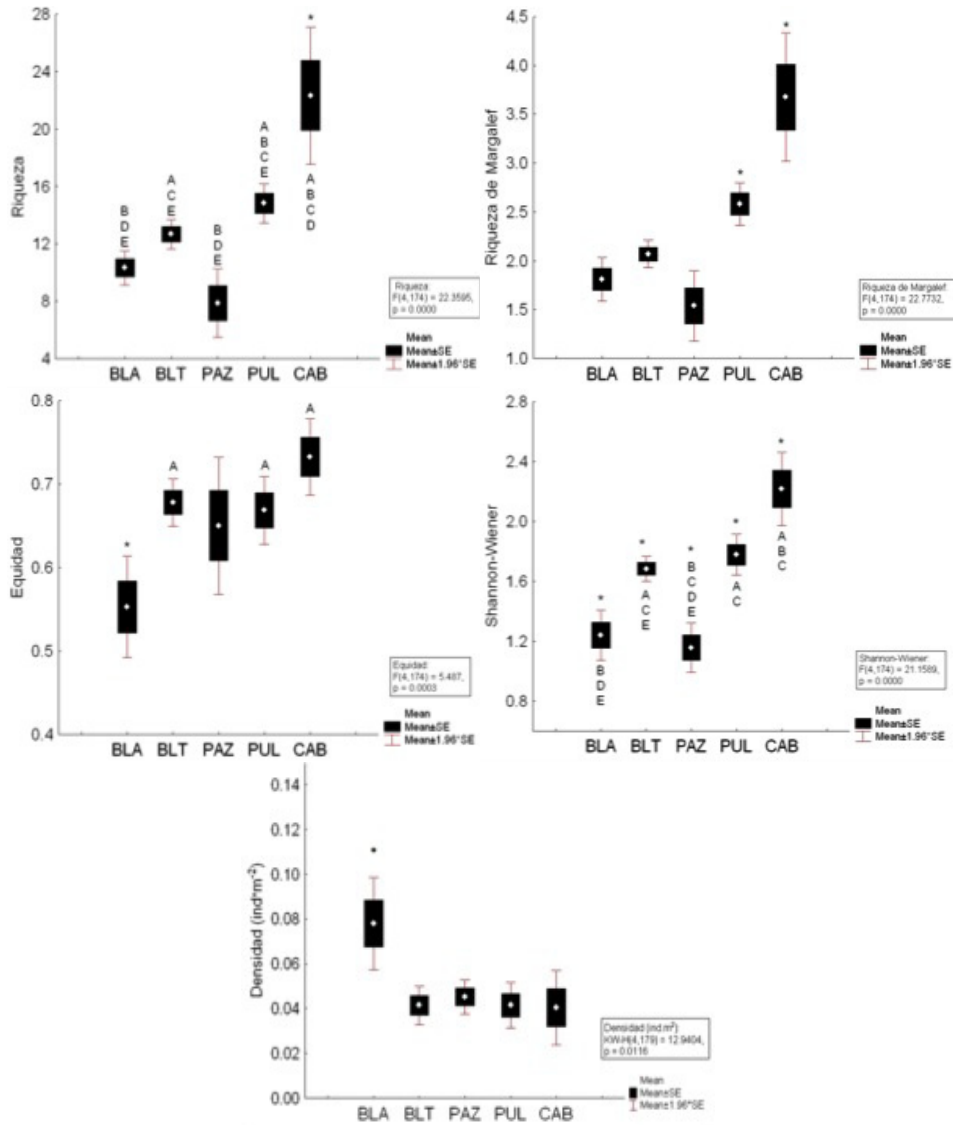
Los resultados se expresaron como valores promedio por transecto. Previo al análisis comparativo de los índices comunitarios entre localidades se aplicaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad a cada serie de datos; cuando existió normalidad en los datos se aplicaron ANOVAS de una vía, y para los casos no paramétricos, la prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1999). El grado de similitud de las comunidades entre localidades se visualizó mediante análisis de agrupamiento Bray-Curtis y el escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) (Clarke & Warwick, 2001). Posteriormente, se aplicó el análisis SIMPER, para identificar las especies responsables del patrón de agrupamiento con base en la similitud promedio de cada localidad (Clarke & Warwick, 2001).

## Resultados

En total fueron censadas 100 especies de peces arrecifales conspicuos pertenecientes a 61 géneros, 32 familias, 9 órdenes y 2 clases. Las familias más representativas fueron Labridae (10 especies), Serranidae (10), Pomacentridae (9) y Haemulidae (8). El número promedio de especies por transecto fluctuó entre un mínimo de 7.9 en Bahía La Paz a un máximo de 22.3 en Los Cabos (Figura 2). En general, se observa un claro gradiente latitudinal de incremento de norte a sur, con la notable excepción de Bahía La Paz. La ANOVA mostró diferencias significativas entre las localidades ( $F_{(4,174)} = 22.3595$ ,  $p = 0.0000$ ). La prueba *a posteriori* señaló que Los Cabos, con mayor número de especies, fue significativamente diferente; Bahía de La Paz también difiere de las demás, pero por poseer la menor riqueza; Bahía Los Ángeles mostró diferencias con Cabo Pulmo y Los Cabos; mientras Cabo Pulmo difiere de Bahía Los Ángeles, Bahía La Paz y Los Cabos.

El índice de Margalef promedio fluctuó entre un mínimo de 1.5 en Bahía La Paz y un máximo de 3.7 en Los Cabos. En general, fue observado un gradiente latitudinal de incremento de norte a sur con la excepción de Bahía La Paz (Figura 2). Existiendo diferencias significativas entre sitios ( $F_{(4,174)} = 22.7732$ ,  $p = 0.0000$ ). La prueba *a posteriori* indicó que Los Cabos, la localidad con valores más altos, es diferente a todas las demás, al igual que Cabo Pulmo, que también presentó diferencias significativas con todas las demás. El índice de equidad promedio fluctuó entre un mínimo de 0.55, en Bahía Los Ángeles, a un máximo de 0.73 en Los Cabos. La tendencia observada fue de incremento latitudinal de norte a sur (Figura 2). Sí hubo diferencias significativas entre localidades ( $F_{(4,174)} = 5.487$ ,  $p = 0.0003$ ). La prueba *a posteriori* señaló a Bahía de Los Ángeles presentando diferencias significativas con Loreto, Cabo Pulmo y Los Cabos.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener fluctuó entre un mínimo de 1.16 en Bahía La Paz a un máximo de 2.35 en Los Cabos. Este índice presentó clara tendencia al incremento latitudinal de norte a sur, con excepción de La Paz (Figura 2), existiendo diferencias significativas entre localidades ( $F_{(4,174)} = 21.1589$ ,  $p = 0.0000$ ). La prueba *a posteriori* indicó que las diferencias



**Figura 2.** Variación de los descriptores comunitarios de las asociaciones de peces de arrecife en las localidades del Golfo de California. Arriba: Riqueza específica promedio ( $\pm$  SE) e índice de Margalef; centro: equidad de Pielou y diversidad de Shannon; abajo: densidad. Las localidades están ordenadas de norte (izq.) a sur (der.). Con asterisco se indican los sitios con diferencias significativas. A = Bahía Los Ángeles; B = Bahía de Loreto; C = Bahía La Paz; D = Cabo Pulmo y E = Los Cabos.

ocurrieron entre Los Cabos con todas las demás (excepto Cabo Pulmo); entre Cabo Pulmo con Bahía de Los Ángeles y Bahía de La Paz y Loreto con Bahía de Los Ángeles y Bahía de La Paz. La densidad promedio fluctuó entre un mínimo de 0.040 ind/m<sup>2</sup> en Los Cabos, y un máximo de 0.078 ind/m<sup>2</sup> en Bahía Los Ángeles. La densidad fue notablemente mayor en Bahía Los Ángeles y las demás localidades casi no variaron (Figura 2). Sí hubo diferencias significativas entre localidades ( $KW-H_{(4,179)} = 12.9404, p = 0.016$ ). La prueba *a posteriori* indicó que las diferencias se dan entre Bahía Los Ángeles, Loreto y Cabo Pulmo.

Los análisis de agrupamiento separan a las comunidades ícticas en dos grupos al 50% de similitud, uno que corresponde a la localidad de Bahía Los Ángeles y otro que agrupa a las demás localidades (Figura 3). Sin embargo, sí aplicamos una similitud del 60%, se distinguen tres grupos espaciales correspondiendo a las divisiones ictiofaunísticas propuestas por Walker (1960). Las especies que caracterizaron a las localidades de acuerdo al análisis Simper se presentan en la Tabla 1. La localidad de Bahía Los Ángeles mostró la menor similitud al interior de la comunidad de peces conspicuos (37.86%), mientras que los otros sitios presentaron valores de similitud entre 50.34 y 56.41%. El número de especies que conforman el 90% acumulado aumenta latitudinalmente de norte a sur, de 14 a 23 especies, con la excepción de La Paz (12 especies). Varias de las especies que contribuyen de manera importante en cada localidad aparecen en otras localidades aunque con diferente grado de importancia. No obstante, también es evidente un remplazo de las especies hacia el sur, por ejemplo *Stegastes rectifraenum* y *Thalassoma lucasanum*.

## Discusión

En total fueron censadas 100 especies, lo que representa el 36.9% de las 271 especies de peces consideradas como de arrecife por Thomson *et al.* (2000). En este estudio se evidencia un patrón latitudinal de incremento de norte a sur en el número de especies promedio, así como en los índices de Margalef, diversidad de Shannon y equidad con algunas excepciones puntuales. Este patrón ha sido señalado por otros autores, al menos para la riqueza específica, como Sala *et al.* (2002) y López-Ortiz (2011) y cuestionado por Mascareñas-Osorio *et al.* (2011).

**Tabla 1.** Análisis Simper. Especies de peces conspicuos con mayor aporte individual en las distintas localidades donde DP es densidad promedio, C% es porcentaje de aporte A% porcentaje acumulado. BLA = Bahía Los Ángeles; BLT = Bahía de Loreto; CAB = Los Cabos; PAZ = Bahía de la Paz; PUL = Cabo Pulmo.

Localidad	Especies	DP	C%	A%
BLA	<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.45	28.43	28.43
	<i>Girella simplicidens</i>	0.19	7.55	35.98
	<i>Halichoeres semicinctus</i>	0.13	7.51	43.49
	<i>Chromis limbaughi</i>	0.56	7.29	50.78
	<i>Halichoeres nicholsi</i>	0.14	6.81	57.6
	<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.12	6.12	63.72
	<i>Mycteroperca rosacea</i>	0.12	5.58	69.3
	<i>Abudefduf troschelli</i>	0.13	4.98	74.28
	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	0.08	4.37	78.65
	<i>Calamus brachysomus</i>	0.05	2.75	81.4
	<i>Urobatis halleri</i>	0.04	2.4	83.81
	<i>Paralabrax auroguttatus</i>	0.08	2.13	85.94
	<i>Sphoeroides annulatus</i>	0.05	2.05	87.98
	<i>Balistes polylepsis</i>	0.06	2.03	90.01
BLT	<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.53	15.12	15.12
	<i>Chromis atrilobata</i>	0.58	13.81	28.93
	<i>Abudefduf troschelli</i>	0.53	12.32	41.25
	<i>Thalassoma lucasanum</i>	0.5	12.31	53.55
	<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.28	8.9	62.46
	<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.23	6.61	69.07
	<i>Holacanthus passer</i>	0.21	5.65	74.72
	<i>Diodon holocanthus</i>	0.11	3.47	78.19
	<i>Scarus ghobban</i>	0.13	2.61	80.8
	<i>Mycteroperca rosacea</i>	0.09	2.12	82.92
	<i>Microspathodon dorsalis</i>	0.08	1.55	84.47
<i>Paranthias colonus</i>	0.14	1.43	85.9	

Tabla 1. Continuación...

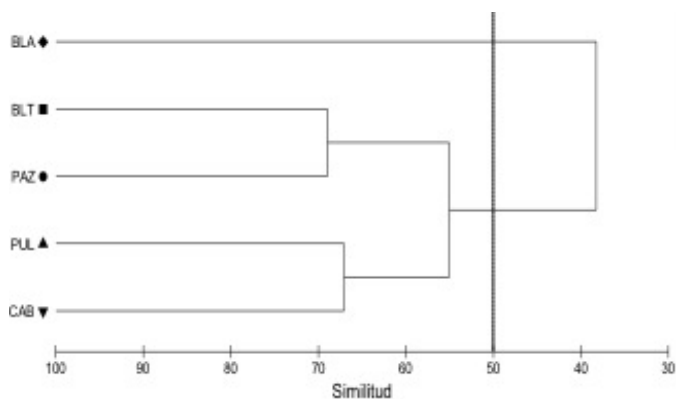
	<i>Serranus psittacinus</i>	0.08	1.4	87.3
	<i>Halichoeres dispilus</i>	0.07	1.38	88.68
	<i>Scarus compressus</i>	0.07	1.25	89.93
	<i>Apogon retrosella</i>	0.05	0.99	90.92
PAZ	<i>Thalassoma lucasanum</i>	0.83	26.07	26.07
	<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.56	23.02	49.1
	<i>Abudefduf troschelli</i>	0.51	11.25	60.35
	<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.2	7.44	67.78
	<i>Holacanthus passer</i>	0.12	4.54	72.33
	<i>Diodon holocanthus</i>	0.12	4.43	76.75
	<i>Scorpaenodes xyris</i>	0.15	3.34	80.09
	<i>Cephalopholis panamensis</i>	0.08	2.66	82.75
	<i>Chromis atrilobata</i>	0.13	2.11	84.86
	<i>Alphestes immaculatus</i>	0.07	2.06	86.93
	<i>Serranus psittacinus</i>	0.07	1.79	88.72
	<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.08	1.74	90.46
PUL	<i>Thalassoma lucasanum</i>	0.66	17.96	17.96
	<i>Chromis atrilobata</i>	0.61	12.99	30.95
	<i>Prionurus punctatus</i>	0.33	8.69	39.63
	<i>Holacanthus passer</i>	0.19	4.76	44.39
	<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.19	4.72	49.11
	<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.21	4.58	53.69
	<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.16	4.45	58.14
	<i>Stegastes flavilatus</i>	0.16	3.75	61.89
	<i>Halichoeres dispilus</i>	0.17	3.66	65.54
	<i>Paranthias colonus</i>	0.28	3.22	68.77

Tabla 1. Continuación...

	<i>Sufflamen verres</i>	0.12	3	71.76
	<i>Thalassoma grammaticum</i>	0.11	2.52	74.28
	<i>Diodon hystrix</i>	0.15	2.33	76.61
	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	0.13	2.1	78.71
	<i>Arothron meleagris</i>	0.08	2.07	80.78
	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0.17	2.02	82.81
	<i>Mycteroperca rosacea</i>	0.12	1.64	84.45
	<i>Serranus psittacinus</i>	0.09	1.49	85.94
	<i>Lutjanus argentiventris</i>	0.08	1.15	87.09
	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0.07	1.15	88.24
	<i>Abudefduf troschelli</i>	0.09	1.14	89.39
	<i>Anisotremus interruptus</i>	0.11	1.14	90.53
CAB	<i>Chromis atrilobata</i>	0.5	11.06	11.06
	<i>Thalassoma lucasanum</i>	0.36	10.41	21.46
	<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.25	7.92	29.39
	<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.25	7.1	36.49
	<i>Prionurus punctatus</i>	0.25	6.74	43.23
	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0.33	6.18	49.41
	<i>Halichoeres dispilus</i>	0.2	5.4	54.8
	<i>Stegastes flavilatus</i>	0.13	3.12	57.92
	<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.13	3.02	60.94
	<i>Sufflamen verres</i>	0.12	2.98	63.92
	<i>Serranus psittacinus</i>	0.11	2.94	66.86
	<i>Haemulon sexfasciatum</i>	0.1	2.83	69.69
	<i>Holacanthus passer</i>	0.1	2.71	72.4
	<i>Abudefduf troschelli</i>	0.17	2.7	75.11
	<i>Halichoeres nicholsi</i>	0.08	2.23	77.33

**Tabla 1.** Continuación...

<i>Acanthurus xanthopterus</i>	0.11	2.12	79.46
<i>Diodon holocanthus</i>	0.1	2.1	81.55
<i>Thalassoma grammaticum</i>	0.07	1.94	83.49
<i>Fistularia commersonii</i>	0.08	1.89	85.38
<i>Paranthias colonus</i>	0.09	1.41	86.79
<i>Lutjanus argentiventris</i>	0.16	1.26	88.05
<i>Arothron meleagris</i>	0.06	1.2	89.25
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0.06	1.1	90.35



**Figura 3.** Agrupamiento Bray-Curtis de las localidades, señalando la línea de corte al 50% de similitud. BLA = Bahía Los Ángeles; BLT = Bahía de Loreto; CAB = Los Cabos; PAZ = Bahía de la Paz; PUL = Cabo Pulmo.



Fernández-Rivera Melo (2007) encontró la menor riqueza por censo en Bahía de Los Ángeles pero sin evidenciar el patrón latitudinal norte-sur. Es probable que esta tendencia se asocie al gradiente de temperatura hacia el sur, así como con una mayor proporción de sustratos coralinos, además de los rocosos, generando gran cantidad de microhábitats en los arrecifes sureños del Golfo de California.

En contraste, la densidad se comportó de modo opuesto a la riqueza y los otros descriptores de la comunidad, siendo mayor en los arrecifes de Bahía de Los Ángeles. Una tendencia similar fue registrada por Fernández Rivera Melo (2007) usando abundancias, aunque sus valores en Bahía de Los Ángeles son la excepción. El análisis de similitud al 50% forma dos grupos, uno conformado por la localidad de Bahía Los Ángeles y otro formado por las demás localidades. Sin embargo, al ampliar el rango desimilitud al 60%, emergen las tres divisiones faunísticas propuestas por Walker (1960), utilizadas por Thomson *et al.* (2000) y discutidas por Castro-Aguirre *et al.* (1995).

El análisis SIMPER demostró que mientras más al sur esté la localidad, mayor es el número de especies que contribuyen a la identidad de la comunidad; existiendo gran redundancia de especies a lo largo del Golfo, lo que contribuye a la homogeneidad de las comunidades de peces de arrecife. Especies como *Stegastes rectifraenum*, *Chromis atrilobata*, *Canthigaster punctatissima*, *Thalassoma lucassanum*, *Bodianus diplotaenia*, *Abudefduf troschelli*, *Prionurus punctatus* y *Stegastes flavilatus* entre otras, son comunes en varias localidades, mientras que las otras especies le dan el sello característico a cada localidad (Tabla 1).

## Referencias

- Aburto-Oropeza, O. & E.F. Balart. 2001. Community structure of reef fish in several habitats of rocky reef in the Gulf of California. *Mar. Ecol.*, 22(4): 283–305.
- Alevizon, W., R. Richardson, P. Pitts & G. Serviss. 1985. Coral zonation and patterns of community structure in Bahamian reef fishes. *Bull. Mar. Sci.*, 36(2): 304–318.
- Álvarez-Filip, L., H. Reyes-Bonilla & L.E. Calderón-Aguilera. 2006. Community

- structure of fishes in Cabo Pulmo reef, Gulf of California. *Mar. Ecol.*, 27: 253–262.
- Álvarez-Filip, L. & H. Reyes-Bonilla. 2006. *Comparison of community structure and functional diversity of fishes at Cabo Pulmo coral reef, western Mexico between 1987 and 2003*. Proceeding of 10<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium. 216–225.
- Arreola-Robles, J.L. & J.F. Elorduy-Garay. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 70: 1–18.
- Caley, J. 1995. Community dynamics of tropical reef fishes: Local patterns between latitudes. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 129: 7–18.
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart & J. Arvizu-Martínez. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 5: 57–78.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 2001. *Change in Marine Communities. An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. PRIMER-E, Plymouth, 190 p.
- Fernández-Rivera Melo, F.J. 2007. Estructura comunitaria de peces arrecifales en el oeste del Golfo de California. Tesis de licenciatura. UABCS, La Paz, 94 p.
- Gladfelter, W.B., J.C. Ogden & E.H. Gladfelter. 1980. Similarity and diversity among coral reef fish communities: a comparison between tropical Western Atlantic and Virgin Islands and Tropical Central Pacific (Marshall Island) patch reefs. *Ecology*, 61(5): 1156–1158.
- Harmelin-Vivien, M.L. 2002. Energetics and fish diversity on coral reefs, 265–274. En: Sale P.F. (Ed.) *Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem*. Academic Press, San Diego.
- Krebs, M.J. 1999. *Ecological Methodology*. Harper & Row, Nueva York, 654 p.
- López-Ortiz, A.M. 2011. *Comparación de diversas medidas de biodiversidad de peces en arrecifes del pacífico mexicano (de Bahía de Los Ángeles, 29°N a Oaxaca 16°N)*. Tesis de maestría. UABCS, La Paz, 102 p.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science, Oxford, 256 p.
- Mascareñas-Osorio I., B. Erisman, J. Moxley, E. Balart & O. Aburto-Oropeza. 2011. Checklist of conspicuous reef fishes of the Bahía de Los Ángeles region, Baja California Norte, Mexico, with comments on abundance and ecological biogeography. *Zootaxa*, 2922: 60–68.

- Molles, M.C. 1978. Fish species on model and natural reef patches experimental insular biogeography. *Ecol. Monogr.*, 48: 289–305.
- Pérez-España, H., F. Galván-Magaña & L.A. Abitia-Cárdenas. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del sureste del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.*, 22(3): 273–294.
- Robert, C.M. & R.F.G. Ormond. 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 41: 1–8.
- Rodríguez-Romero, J., A.F. Muhlia-Melo, F. Galván-Magaña, F.J. Gutiérrez-Sánchez & V. García-López. 2005. Fish assemblages around Espiritu Santo Island and Espiritu Santo Seamount in the lower Gulf of California, México. *Bull. Mar. Sci.*, 77: 33–50.
- Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J.C. Barrera & P.K. Dayton. 2002. A general model for designing network of marine reserves. *Science*. 298: 1991–1993.
- Thomson, D.A. & M. Gilligan. 2002. Rocky-shore fishes, 154–180. En: Case, T.J., M.L. Cody & E. Ezcurra. *A New Island Biogeography in the Sea of Cortés*. Oxford University Press, Nueva York, 669 p.
- Thomson, D.A., L.T. Findley & A.N. Kerstitch. 2000. *Reef Fishes of the Sea of Cortez: The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California*. University of Texas Press, Austin, 374 p.
- Viesca-Lobatón, C., E.F. Balart, A. González-Cabello, I. Mascareñas-Osorio, O. Aburto-Oropeza, H. Reyes-Bonilla & E. Torreblanca. 2008. Peces arrecifales, 385–428. En: Danemann, G.D. & E. Ezcurra (Eds.) *Bahía de los Ángeles: Recursos Naturales y Comunidad: Línea Base 2007*. SEMARNAT/INE/PRONATURA Noroeste/San Diego Natural History Museum, México, D.F., 740 p.
- Villegas-Sánchez, C.A., L.A. Abitia-Cárdenas, F.J. Gutiérrez-Sánchez & F. Galván-Magaña 2009. Rocky-reef fish assemblages at San José Island, Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.*, 80: 109–179
- Walker, B.W. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. *Syst. Zool.*, 9(3): 123–133.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 672 p.