



# **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>	
Desarrollo y evaluación de métodos moleculares para la detección e identificación de dinoflagelados tóxicos y nocivos en las costas de Baja California Sur		1
	Angélica Herrera-Sepúlveda	
	<b>Capítulo 2</b>	
Efecto de <i>Gymnodinium catenatum</i> (Graham, 1943) productor de toxinas paralizantes (PSP) sobre la expresión genética del ostión del Pacífico		25
	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793)	
	Norma García-Lagunas	
	<b>Capítulo 3</b>	
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		51
	Reyna Romero	
	<b>Capítulo 4</b>	
Asincronía en la especiación asociada con el levantamiento del Istmo de Panamá: el caso de los haemúlidos		76
	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.

---

## *Presentación*

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										
Norma Y. Hernández Saavedra			d	d	d																					
Salvador E. Lluch Cota						a				a					d	a				a		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 15

---

Condición fisiológica  
de la almeja generosa,  
*Panopea globosa*,  
en Bahía  
Magdalena, BCS

---

**L a u r a**  
**M a r g a r i t a**  
**C r u z - G ó m e z**

---

CIBNOR  
Becaria CONACYT 236228

## Resumen

La almeja *Panopea globosa* es una especie vulnerable y de interés comercial. Con la finalidad de contribuir con indicadores biológicos útiles en el análisis de alternativas para su manejo, se estudió la condición fisiológica de *P. globosa* mediante el índice de condición (IC) y el índice de glándula digestiva (IGD); y se relacionaron con factores ambientales. El IC demostró ser buen indicador del periodo reproductivo y el IGD del periodo en que se alimenta la almeja. En conjunto, los índices representan una aproximación metabólica. En relación con los factores ambientales, se comprobó que el estado fisiológico de la almeja depende directamente de la disponibilidad de alimento e indirectamente de la temperatura.

**Palabras clave:** *Panopea globosa*, índice de condición, índice de glándula digestiva, Bahía Magdalena

## *Physiological condition of geoduck clam, *Panopea globosa*, in Bahía Magdalena, BCS*

### *Abstract*

*The geoduck clam, *Panopea globosa*, is a vulnerable species of commercial interests. In order to contribute with useful biological indicators in the analysis for management alternatives, this study addresses the physiological condition of *Panopea globosa* by the condition index (IC) and the digestive gland index (IGD) that were both related to environmental factors. The IC proved to be a good indicator of the reproductive period and the IGD a good indicator of the period in which the clam feeds. Overall, the index rates represent a metabolic approximation. In relation to environmental factors, it was found that the physiological state of the clam is directly dependent on food availability and indirectly on temperature.*

**Keywords:** *Panopea globosa*, condition index, digestive gland index, Bahía Magdalena

## Introducción

Las almejas del género *Panopea*, comúnmente conocidas en México como almejas generosas, son comercialmente importantes debido a que son recursos altamente demandados en el mercado asiático donde alcanzan precios altos. En México, existen dos especies de esta almeja, *Panopea abrupta*, que se distribuye desde Alaska hasta Isla Cedros en Baja California y *Panopea globosa*, distribuida desde el interior del Golfo de California hasta Bahía Magdalena, en la costa Pacífico de BCS (González-Peláez *et al.*, en prensa). Su explotación inició en el año 2002 en Baja California y a medida que se fueron descubriendo nuevos bancos, la pesquería se extendió hacia los estados de Sonora y Baja California Sur (Botello *et al.*, 2011). A la fecha se han realizado estudios puntuales de prospección y evaluación de las poblaciones en los bancos que se han localizado. Sin embargo, aun no se cuenta con la suficiente información biológica para realizar un plan de manejo integrado, además, se ha reportado la disminución de sus poblaciones. Cabe resaltar la importancia y lo apremiante de integrar este documento rector, debido a las características que estas almejas presentan en su historia de vida y que hacen que sean particularmente vulnerables a los efectos de la pesca. Dentro de estas características se encuentran las bajas tasas de reclutamiento, lento crecimiento y limitada distribución, anticipando un escenario de lenta recuperación en sus poblaciones (Botello *et al.*, 2011).

En Baja California Sur, se han realizado estudios de la población de *P. globosa* en Bahía Magdalena con el objetivo de identificar aspectos que permitan hacer un mejor uso del recurso. Dentro de estos estudios se ha descrito su ciclo reproductivo, que inicia en el mes de noviembre, en enero-febrero maduran y en marzo-abril desovan. También se identificaron variaciones mensuales en el peso de los organismos capturados por lo que surgió la pregunta ¿Qué factores son los que afectan las fluctuaciones en la biomasa de la población? Con la finalidad de contribuir con indicadores biológicos que incorporen nuevos puntos de referencia en el análisis de alternativas para el manejo de la población de almeja generosa, se estudió la condición fisiológica de *P. globosa* mediante diversos índices ecofisiológicos y se relacionaron con la temperatura y disponibilidad de alimento.



## Justificación

Debido a que la almeja generosa que habita las costas mexicanas se considera una especie vulnerable a los efectos de la pesca, se requiere conocer qué factores y en qué forma afectan su condición fisiológica en el ambiente natural, para tener bases necesarias que pudieran ser de utilidad en el establecimiento de una futura producción acuícola y el manejo de ésta especie en cautiverio así como en condiciones naturales. Para éste tipo de evaluaciones se ha examinado el estatus ecofisiológico de organismos bivalvos y evaluado la calidad del ambiente por medio de los índices de condición basados en relaciones alométricas (Mann, 1978; Lucas & Beninger, 1985); ya que valores bajos de estos índices reflejan un déficit energético en los organismos, resultado del estrés ambiental o del periodo de desove (Brown & Hartwick, 1988; Villalejo-Fuerte *et al.*, 2005).

## Material y métodos

De enero a octubre del 2007 se realizaron muestreos mensuales de la almeja *Panopea globosa* en el complejo Lagunar Bahía Magdalena BCS. Este se localiza en la costa occidental de la Península de Baja California entre los 24° 15' y los 24° 20' latitud N y los 111° 30' y 112° 15' longitud W. Comprende un total de 114,600 hectáreas y se encuentra protegido por una serie de islas y barreras de arena paralelas a la costa (Alvarez-Borrego *et al.*, 1975), la temperatura superficial presenta un pronunciado cambio estacional (Lluch-Belda *et al.*, 2000). Se considera un área muy productiva con altas densidades de microfitoplancton prevaleciendo durante la mayor parte del ciclo anual (Gárate-Lizárraga & Siqueiros-Beltrones, 1998); presenta dos temporadas a través del año relacionadas con las variaciones anuales de temperatura, eventos de surgencia y corrientes de marea (Martínez-López, 1993). Por otra parte, se ha determinado que la laguna está constituida por sedimentos arenosos y limosos (Chávez & Schmitter, 1991).

### Estimación de variables ambientales y recolecta de organismos

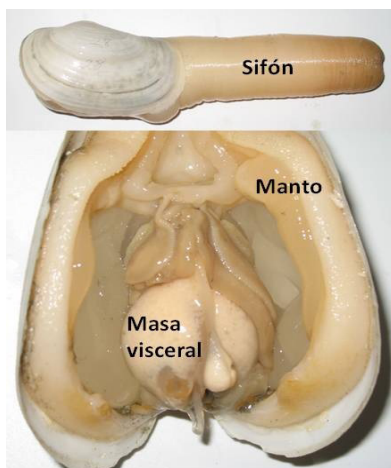
Para la estimación de variables ambientales en el área de recolecta, se realizó el registro de la temperatura *in situ* por medio de termógrafos sumergibles marca ONSET modelo HOBO en tres puntos dentro de la laguna (norte, medio y sur). Estos sensores se colocaron durante el primer muestreo y se recogieron en octubre del 2007. Se programaron para registrar la temperatura cada 30 min, a fin de conocer las variaciones de alta frecuencia y caracterizar los cambios térmicos a las que está sometida la población de *Panopea globosa*. Por otra parte, se determinó la concentración de clorofila *a* (medido en miligramos por metro cubico,  $\text{mg m}^{-3}$ ) a partir de datos satelitales del SeaWiFS level-3 (<http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/>) como una aproximación de la disponibilidad de fitoplancton útil como alimento para las almejas. Para ello se consideró un cuadrante de 9  $\text{km}^2$  ubicado en 24.605° N y 111.995° W.

Para la recolección de los organismos se empleó equipo de buceo tipo Hooka asistidos por una motobomba que impulsa agua desde la superficie a través de una manguera a fin de generar un chorro que permite remover el sustrato donde se hayan enterradas las almejas. Una vez capturados los organismos, se les realizó un corte a lo largo del manto y sifón para drenar el agua y obtener el peso total mediante una balanza electrónica ( $\pm 1$  g); enseguida, se separó la concha del tejido para obtener el peso del tejido y el de la concha. Posteriormente, se trasladaron las muestras de tejido al laboratorio de Ecofisiología en el CIBNOR para su conservación a  $-80^\circ\text{C}$ . En el laboratorio, se obtuvieron los pesos ( $\pm 1$  g) del manto, músculo abductor, sifón y de la glándula digestiva que fue separada de la masa visceral (Figura 1). Finalmente, para obtener el peso del tejido seco, los tejidos húmedos se colocaron en charolas de aluminio y se mantuvieron en una estufa a  $50^\circ\text{C}$  durante ocho días, siendo pesados en balanza analítica ( $\pm 0.01$  g).

### Índices de condición

Para evaluar la robustez de la almeja *Panopea globosa* en diferentes temporadas del año, se utilizó el índice de condición (IC) calculado mediante la relación del peso de tejido seco ( $W_{\text{tseco}}$ ) entre el peso de la concha ( $W_{\text{c}}$ ) por cien (fórmula modificada de lo propuesto por Walne & Mann, 1975 y Ruiz *et al.*, 1992). Para éste cálculo se utilizaron 11 organismos del mes de enero, 14 de marzo, 14 de abril,

11 de mayo, 8 de junio, 12 de julio, 9 de agosto, 8 de septiembre y 14 de octubre. Posteriormente, para evaluar en qué temporadas se alimentan éstas almejas, se utilizó el índice calculado con el peso de la glándula digestiva (Wgd) entre el peso total (Wt) multiplicado por cien, según lo propuesto por Gabr *et al.* (1999). Para éste cálculo se utilizaron 7 organismos del mes de enero, 13 de febrero, 11 de marzo, 14 de abril, 15 de mayo, 13 de junio, 15 de julio, 12 de agosto, 9 de septiembre y 2 de octubre. Este índice se denota como IGD.



**Figura 1.** Fotografía de la almeja *Panopea globosa*. Corte transversal a lo largo del manto y sifón para visualizar órganos internos.

### **Análisis estadístico**

Se efectuó la prueba de Kolmogorov-Smirnov en los datos de índice de condición y glándula digestiva. A las variables que cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se les aplicó un ANOVA de una vía. En caso de encontrar diferencias significativas se realizaron pruebas estadísticas *a posteriori* de Tukey para la comparación de medias y detección de grupos homogéneos y heterogéneos ( $p < 0.05$ ). También se realizó una regresión lineal entre los datos del peso de tejido húmedo y de tejido seco. Por otra parte, se realizó una correlación entre los datos mensuales del índice de la glándula digestiva y la concentración de clorofila *a* en Bahía Magdalena, utilizando una prueba de significancia de 0.5. Para todos los estadísticos se utilizó el programa Statistica (Ver. 6.0).

## Resultados

### Variación mensual de la temperatura y disponibilidad de alimento

Durante el ciclo anual, en Bahía Magdalena se observó el máximo de temperatura en octubre (22°C) y los valores mínimos en mayo y junio (14°C en ambos meses). Por su parte, la concentración de clorofila *a* presentó un pico máximo en el mes de julio con valores de 12 mg m<sup>-3</sup> y un pequeño pico en el mes de abril con valores de 6 mg m<sup>-3</sup>, así mismo, la concentración mínima se observó en los meses de enero y octubre con valores de 0.9 y 1.3 mg m<sup>-3</sup>, respectivamente (Figura 2).

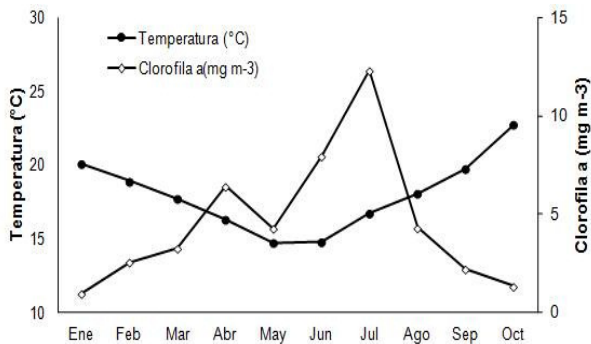


Figura 2. Variación mensual de la temperatura y clorofila *a* en Bahía Magdalena durante 2007.

### Variación del peso de diferentes componentes corporales en *Panopea globosa*

Mediante el cálculo de la proporción del peso de los diferentes componentes corporales en *Panopea globosa*, se observó que el sifón representa entre 34% y 41% del peso del tejido. Seguido del manto, el cual representa entre 32% y 44%; la masa visceral de 14% a 18% y el músculo abductor de 2% a 3% (Tabla 1).

### Variación de los Índices de condición en *Panopea globosa*

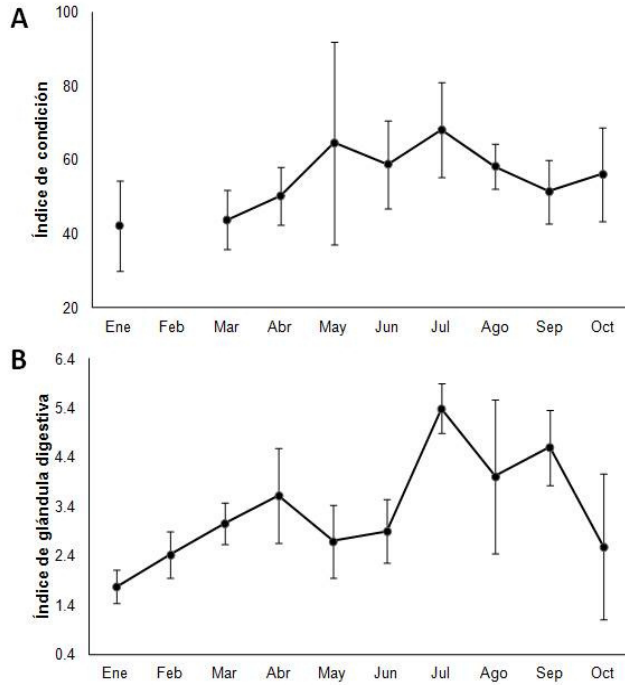
El índice de condición (IC) presentó el valor mínimo durante el mes de enero (42%); posteriormente, incrementó gradualmente hasta 65% en mayo. Particularmente en mayo y julio se observó el mayor incremento con valores de 65% y 68% respectivamente. De julio a septiembre presentó un descenso al 51%, y para octubre se observó nuevamente un incremento al 56% (Figura 3A).

**Tabla 1.** Porcentaje del peso (g) de diferentes componentes corporales en *Panopea globosa*. Los datos corresponden al promedio de 15 organismos mensuales.

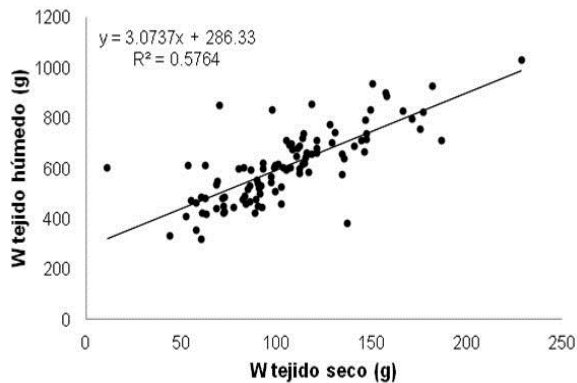
Mes	% Masa visceral	% Manto	% Músculo	% Sifón
Enero	14.5	43.9	2.7	36.3
Febrero	17.5	31.9	2.4	34.9
Marzo	16.8	33.9	2.6	34.3
Abril	15.6	33.9	2.3	39.2
Mayo	17.8	34.2	3.1	38.2
Junio	16.3	39.4	2.6	38.1
Julio	16.2	32.4	2.5	41.3
Agosto	16.7	39.3	2.1	37.9
Septiembre	16.8	37.5	2.1	35.4
Octubre	14.1	38.9	1.9	37.3

Por último, mediante el Análisis de Varianza se observaron diferencias significativas ( $F_{(8,92)} = 2.18, p < 0.05$ ), sin embargo aplicando la prueba *a posteriori* de Tukey, no se identificaron grupos heterogéneos, por lo que se utilizó la prueba *a posteriori* LSD estadísticamente menos rigurosa y de ésta forma se comprobó que en el mes de julio se obtuvieron los valores significativamente más altos.

Por su parte, el índice de glándula digestiva (IGD) que se utiliza para evaluar la temporada de alimentación de los organismos (indica cuando almacenan y utilizan sustancias energéticas), fue menor en enero con un valor de 2%. Posteriormente, incrementó de forma gradual de enero a abril alcanzando un valor del 4%, y en julio y septiembre presentaron los valores máximos de 5% (Figura 3B). Finalmente, por medio del Análisis de varianza se observaron diferencias significativas ( $F_{(9,100)} = 5.77, p < 0.00001$ ) y mediante la prueba *a posteriori* de Tukey se observaron las diferencias significativas en el mes de julio. También se obtuvo una correlación positiva (0.64) entre los datos mensuales del IGD y la concentración de clorofila *a* en Bahía Magdalena. Por último, en la regresión lineal de pesos de tejido seco y tejido húmedo, se obtuvo una  $R^2$  de 0.576. Además se observaron pocos casos que estuvieran alejados de la línea de tendencia (Figura 4).



**Figura 3.** Variación mensual de índices ecofisiológicos en *Panopea globosa*. Las barras de error representan el intervalo de confianza al 95%.



**Figura 4.** Regresión lineal entre pesos de tejido seco y pesos de tejido húmedo de *Panopea globosa*.

## Discusión

En el presente estudio el índice de condición (IC) y el índice de glándula digestiva (IGD) en la almeja generosa, *Panopea globosa*, demostraron de manera general ser buenos indicadores de su estado reproductivo y de las temporadas en que almacenan energía; además se observó en su condición fisiológica un efecto directo de la disponibilidad de alimento e indirecto de la temperatura. A continuación se justifican éstas aseveraciones.

La correlación positiva que se obtuvo entre el IGD en *P. globosa* y los datos de la concentración de clorofila *a* en la laguna de Bahía Magdalena explican con los valores altos, los periodos en que se alimenta ésta almeja, y con los valores bajos los periodos en que presenta altos gastos de energía. Los resultados concuerdan con otros estudios en organismos bivalvos, en los que se observó un decremento progresivo del peso de la glándula digestiva durante periodos de inanición, por ejemplo, en dos tipos de mejillón *Mytilus edulis* y *Mytilus trossulus* (Cartier *et al.*, 2004); en el calamar *Loligo gahi* (Ibáñez *et al.*, 2005); en *Sepia officinalis* y *Sepia elegans* (Castro *et al.*, 1991). Además, el IGD permitió hacer una referencia del alto gasto de energía durante el periodo gametogénico, similar a lo que han demostrado Villalejo-Fuerte *et al.* (2005) en un estudio en donde relacionan el IGD y el índice gonadal en ostra *Spondylus princeps*.

El IC también mostró ser un buen indicador de los periodos con altos gastos de energía en *P. globosa* y de los periodos en que mantiene sus reservas. El periodo con mayor gasto de energía se observó durante enero, donde se presentaron los valores más bajos en el IC; esta disminución se atribuye al gasto de reservas para la formación del vitelo, debido a que en enero-febrero es cuando éstas almejas maduran. Este patrón se ha reportado en la almeja *Tapes philippinarum* (Kang *et al.*, 2007), pero no así para otros bivalvos, por ejemplo *Spisula solida* (Joaquim *et al.*, 2008) y *Marcia optima* (Suja & Muthiah, 2010), que presentaron el menor IC durante el proceso de desove. En *P. globosa* durante el mes de enero también se observaron los valores más bajos en el índice de glándula digestiva (IGD) y en la disponibilidad de alimento, lo cual sugiere que ésta almeja come muy poco durante esta temporada en la que requiere mucha energía.

Para compensar la baja disponibilidad de alimento, *P. globosa* requiere una estrategia conservadora en la utilización de reservas energéticas almacenadas en algún o algunos componentes corporales antes de la maduración. De acuerdo a los resultados en la variación del peso de los diferentes componentes corporales, en el mes de enero el manto presentó los valores más altos y para febrero, los valores más bajos; en cambio, la masa visceral que incluye como órgano asociado a la gónada, presentó un incremento en su peso de enero a febrero. Ello sugiere que el manto es el principal reservorio energético para el evento reproductivo y que aporta energía a la gónada. Esta estrategia fisiológica no concuerda con lo sugerido para los organismos bivalvos en los que se considera que el principal aporte de energía a la gónada es por medio del músculo abductor sugiriendo que el manto podría ser un reservorio pero no el de mayor importancia (Bayne, 1976).

Por otra parte, el IC fue un buen indicador de las temporadas en que se almacena energía, ello se comprobó con el mayor incremento en el mes de julio relacionado con el mayor incremento en IGD y disponibilidad de alimento; lo que sugiere rápida recuperación de sus reservas, por ejemplo en el sifón, el cual presenta los valores más altos en su peso durante este mes. El IC que se calcula con tejido seco y se emplea específicamente para explicar cómo la robustez de los organismos se relaciona con la calidad que ofrece su hábitat en términos de disponibilidad de alimento mediante una aproximación metabólica (Mann, 1978; Ruiz *et al.*, 1992; Arellano-Martínez *et al.*, 2004; Serdar & Lok, 2009; Suja & Muthiah, 2010; Yan *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2011). No obstante, considerando que mediante la exploración de los datos de tejido seco y húmedo se obtuvo una  $R^2$  alta, se sugiere también la utilización de los datos de tejido húmedo para el cálculo del índice de condición, debido a que en algunas ocasiones no es posible obtener pesos secos.

Con relación a los factores ambientales, se conoce que en el complejo lagunar Bahía Magdalena la fluctuación de temperatura es un elemento primordial en los cambios en la productividad primaria (Cervantes-Duarte *et al.*, 2011). Por ello, se considera que la temperatura es el actor clave que controla el ciclo reproductivo de *P. globosa*, influyendo indirectamente en la estacionalidad de su condición fisiológica. Por lo tanto, con base en las relaciones que se obtuvieron entre los índices ecofisiológicos con el ciclo reproductivo y factores ambientales,



se puede concluir que los cambios en la biomasa de *P. globosa* durante un ciclo son fuertemente influenciados por el ciclo reproductivo y la especie tiene la capacidad de aprovechar las temporadas con mayor disponibilidad de alimento para incrementar sus reservas energéticas a utilizar principalmente durante la gametogénesis.

## Referencias

- Álvarez-Borrogo, S., L.A. Galindo Bect & B. Chee Barragán. 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Cienc. Mar.*, 2(2): 94–100.
- Arellano-Martínez, M., I.S. Racotta, B.P. Ceballos-Vazquez & J.F. Elorduy-Garay. 2004. Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico. *J Shellfish Res.*, 23: 15–23.
- Bayne, B.L. 1976. Aspects of reproduction in bivalve mollusks, 432–448. En: Vieley, M.L. (Ed.) *Estuarine Processes*. Academic Press, Nueva York.
- Botello, R.M., T.R. Villaseñor & M.F. Rodríguez. 2011. *Ordenamiento de Pesquerías por Recursos Estratégicos de México*. CONAPESCA/SAGARPA, México, D.F., 300 p.
- Brown, J.R. & E.B. Hartwick. 1988. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, 70: 253–267.
- Cartier, S., J. Pellerin, M. Fournier, E. Tamigneaux, L. Girault & N. Lemaire. 2004. Use of an index based on the blue mussel (*Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus*) digestive gland weight to assess the nutritional quality of mussel farm sites. *Aquaculture*, 241: 633–654.
- Castro, B.G., A. Guerra & C.M.F. Jardon. 1991. Variation in digestive gland weight of *Sepia officinalis* and *Sepia elegans* through their life cycles, 99–103. En: Boucaud-Camou, E. (Ed.) *Acta of the First International Symposium on the Cuttlefish Sepia*. Centre de Publications de L'Universite de Caen, Caen.
- Cervantes-Duarte, R., S. López-López, E. González-Rodríguez & S. Futema-Jiménez. 2011. Ciclo estacional de nutrientes, temperatura, salinidad y

- clorofila *a* en Bahía Magdalena, BCS, México. *Oceánides*, 25(2): 111–120.
- Chávez, L.S. & J.J. Schmitter. 1991. *Distribución de sedimentos, material orgánica fosfatos y batimetría de la plataforma de Baja California, México (24-29° N)*. CIBNOR, La Paz, 66 p.
- Gabr, H.R., R.T. Hanlon, S.G. El-Etreby & M.H. Hanafy. 1999. Reproductive versus somatic tissue allocation in the cuttlefish *Sepia dollfus* Adam (1941). *Bull. Mar. Sci.*, 65: 159–173.
- Gárate-Lizárraga, I. & D.A. Siqueiros-Beltrones. 1998. Time variation in phytoplankton assemblages in a subtropical lagoon system after the 1982-1983 “El Niño” event. *Pac. Sci.*, 52: 79–97.
- González-Peláez, S.S., I. Leyva-Valencia, S. Pérez-Valencia & D.B. Lluch-Cota (en prensa Malacología). Distribution limits of geoduck clams *P. generosa* and *P. globosa* in the pacific coast of México.
- Ibáñez, C.M., J. Chong & M.C. Pardo-Gandarillas. 2005. Relaciones somatométricas y reproductivas del calamar *Loligo gahi* Orbigny, 1835 en Bahía Concepción, Chile. *Investigaciones Marinas*, 33(2): 211–215.
- Joaquim, S., D. Matias, B. Lopes, W. Arnold & M.B. Gaspar. 2008. The reproductive cycle of white clam *Spisula solida* (L.) (Mollusca: Bivalvia): Implications for aquaculture and wild stock management. *Aquaculture*, 281: 43–48.
- Kang, C.K., Y.S. Kang, E.J. Choy, D.S. Kim, B.T. Shim & P.Y. Lee. 2007. Condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of the manila clam, *Tapes philippinarum* in natural and newly created sandy habitats of the southern coast of Korea. *J. Shellfish Res.*, 26 (2): 401–412.
- Li, Q., L. Yang, Q. Ke & L. Kong. 2011. Gametogenic cycle and biochemical composition of the clam *Macra chinensis* (Mollusca: Bivalvia): Implications for aquaculture and wild stock management. *J. Mar. Biol. Res.*, 7(4): 407–415.
- Lluch-Belda, D., M.E. Hernández-Rivas, R. Saldinera-Martínez & R. Guerrero-Caballero. 2000. Variabilidad de la temperatura superficial del mar en Bahía Magdalena, B.C.S. *Oceánides*, 15: 1–23.
- Lucas, A. & P.G. Beninger. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 44: 87–200.
- Mann, R. 1978. A comparison of morphometric, biochemical and physiological indexes of condition in marine bivalve mollusks, 484–497. En: Thorp, J.H. & J.W. Gibbons (Eds.) *Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems*.

- DOE Symp. Ser. 48, Georgia.
- Martínez-López, A. 1993. Distribución espacial de fitoplancton asociada con frentes en la costa occidental de Baja California Sur. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 8(2): 71–86.
- Ruiz, C., D. Martínez, G. Mosquera, M. Abad & J.L. Sánchez. 1992. Seasonal variations in condition, reproductive activity and biochemical composition of the flat oyster, *Ostrea edulis*, from San Cibrán (Galicia, Spain). *Mar. Biol.*, 112: 67–74.
- Serdar, S. & A. Lok. 2009. Gametogenic cycle and biochemical composition of the transplanted carpet shell clam *Tapes decussatus*, Linnaeus 1758 in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir, Turkey. *Aquaculture*, 293: 81–88.
- Suja, N. & P. Muthiah. 2010. Variations in gross biochemical composition in relation to the gametogenic cycle of the baby clam, *Marcia optima* (Gmelin), from two geographically separated areas. *Indian J. Fish.*, 57: 53–59.
- Villalejo-Fuerte, M., A. Tripp-Quezada & F. García-Domínguez. 2005. Variación de los índices gonádicos, de rendimiento muscular y de la glándula digestiva de *Spondylus princeps* (Gray, 1925) (Mollusca: Bivalva) en Isla Cedros y Punta Eugenia, México. *Rev. Biol. Mar. Ocean.*, 40: 87–90.
- Walne, P.R. & R. Mann. 1975. Growth and biochemical composition of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*, 587–607. Proc. 9th Europ. Mar. Biol. Symp.
- Yan, H., Q. Li, W. Liu, R. Yu & L. Kong. 2010. Seasonal changes in reproductive activity and biochemical composition of the razor clam *Sinonovacula constricta* (Lamarck 1818). *J. Mar. Biol. Res.*, 6: 78–88.