

Composición y estructura de la comunidad de moluscos de fondos blandos de la isla Santa Cruz, golfo de California, México

Composition and community structure of soft bottom mollusks on Santa Cruz Island, Gulf of California, Mexico

Arturo Tripp-Quezada¹, Arturo Tripp-Valdez¹, Miguel A. Tripp-Valdez², Norberto Capetillo Piñar¹ y Marcial Villalejo-Fuerte¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, A.P. 592, La Paz, Baja California Sur, 23096, México

²Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research. Division: Biosciences Integrative Ecophysiology. Am Handelshafen 12D-27570, Bremerhaven, Germany
e-mail: atrippv@ipn.mx

Recibido: 03 de mayo de 2016.

Aceptado: 23 de enero de 2018.

Tripp-Quezada A., A. Tripp-Valdez, M. A. Tripp-Valdez, N. Capetillo Piñar y M. Villalejo-Fuerte. 2018. Composición y estructura de la comunidad de moluscos de fondos blandos de la isla Santa Cruz, golfo de California, México. *Hidrobiológica* 28 (1): 51-59. DOI: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n1/Tripp

RESUMEN

Antecedentes. Respecto al ambiente marino de la isla Santa Cruz, no existen trabajos publicados de ecología de las especies de moluscos de fondos blandos, por lo que es importante realizar investigaciones que amplíen y profundicen el conocimiento de la zona marina y contribuyan a plantear métodos de manejo y alternativas de uso sustentable de los recursos marinos insulares. **Objetivos.** El presente trabajo pretende caracterizar la composición y estructura de la comunidad de los moluscos de fondos blandos de la zona infralitoral de la isla Santa Cruz y describir algunas características asociadas con su hábitat. **Métodos.** En agosto de 2010 se recolectaron 32 muestras, 16 biológicas y 16 de sedimentos. Se analizó la composición, abundancia y diversidad de la comunidad béntica malacológica mediante indicadores ecológicos. **Resultados.** Se registraron 695 ejemplares agrupados en dos clases, Gastropoda: 446 organismos (cinco órdenes, 11 familias y 19 especies), entre los cuales la especie más abundante fue *Siphonaria maura* (18%); y Bivalvia: 249 organismos (ocho ordenes, 14 familias y 25 especies), donde la especie más abundante fue *Tellina eburnea* (10%). La clase Gastropoda fue mayor (64.17%) que Bivalvia (35.82%). Las especies con mayor abundancia y frecuencia relativa fueron el gástrópodo *Siphonaria maura* (18%) y el bivalvo *Septifer zeteki* (69%). Se encontraron cuatro categorías tróficas: filtradores (73%), herbívoros (20%), carnívoros (5%) y ectoparásitos (2%). **Conclusiones.** En este sitio, la riqueza específica (44 taxones) fue menor en comparación con otros sitios de diferente latitud en el golfo de California occidental, posiblemente debido a que la zona de estudio es un ambiente de alta energía donde sólo se encontraron juveniles de moluscos y micromoluscos.

Palabras clave: abundancia, diversidad, estructura trófica, riqueza específica

ABSTRACT

Background. In the marine environment of San Cruz Island, no published references exist regarding the ecology of soft-bottom mollusks. Thus, it is important to carry out research that broadens and deepens the knowledge of this marine area and contributes to proposals of management methods and alternatives for the sustainable use of insular marine resources. **Goals.** This study seeks to characterize the community composition and structure of soft-bottom mollusks of the infralitoral zone of Santa Cruz Island, and describe some of the characteristics associated with their habitat. **Methods.** During August 2010, 32 samples were collected: 16 were biological samples and 16 were sediment samples. The composition, abundance, and diversity of the malacological community were analyzed using ecological indexes. **Results.** 695 individuals were recorded and grouped in two classes: Gastropoda with 446 organisms (5 orders, 11 families, and 19 species); the most abundant species was *Siphonaria maura* (18%); the class Bivalvia included 249 organisms (8 orders, 14 families, and 25 species); the most abundant species was *Tellina eburnea* (10%). The Gastropoda class were more abundant than the Bivalvia, i.e., 64.17% and 35% respectively. The species with major abundances and relative frequencies were the gastropods *Siphonaria maura* (18%) and the bivalve *Septifer seteki* (69%). Four trophic categories were identified: filterers (73%), herbivores (20%), carnivores (5%), and ectoparasites, the latter of which were the rarest group (2%). **Conclusions.** At this site, the specific richness (44 taxa) was lower compared to other sites from different latitudes of the western Gulf of California, likely derived from the higher energy environment of the study area that allowed only juvenile mollusks and micromollusks to be collected.

Keywords: abundance, diversity, trophic structure, richness

INTRODUCCIÓN

En el golfo de California se encuentran aproximadamente 922 islas, islotes y accidentes insulares, con una superficie insular de 358 000 ha (Aburto & López, 2006). Dada su importancia a nivel mundial, en 1995 la Unesco declaró como reserva de la biosfera a 240 islas e islotes del golfo de California. De acuerdo con la fundación World Wildlife Fund-Mexico, Programa Golfo de California, en su reporte de 2006 la isla Santa Cruz tiene una prioridad de conservación jerárquica alta (80%).

Respecto al ambiente marino de esta isla, no existen trabajos publicados de ecología de las especies de moluscos de fondos blandos, por lo que es importante realizar investigaciones que amplíen y profundicen el conocimiento de la zona marina, la interacción del hombre y las especies marinas, que, además, contribuyan a plantear métodos de manejo y alternativas de uso sustentable de los recursos marinos insulares.

La importancia de conocer la estructura de las comunidades bentónicas radica en que éstas pueden responder a diferentes tipos de estrés, debido a que incluyen organismos con amplia tolerancia fisiológica a distintos tipos de alimentación e interacciones tróficas, variación en la tolerancia a contaminantes, así como la estrecha dependencia del sitio que habitan en el sedimento, razón por la cual han sido usados como indicadores ambientales (Purchase & Ferguson, 1986; Soto & Leighton, 1999; De la Lanza Espino, 2000; Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007). La tolerancia y adaptabilidad de los moluscos bentónicos a descargas vertidas a un cuerpo de agua pueden advertirse a nivel de individuos o de

poblaciones, por lo que los bivalvos son preferibles para el monitoreo de elementos contaminantes e indicadores de la calidad de los ecosistemas (Núñez-Esquer, 1975; Purchase & Ferguson, 1986; Naranjo-García & Meza-Meneses, 2000; Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007).

Por estas razones, el presente trabajo pretende caracterizar la estructura de la comunidad de los moluscos de fondos blandos de la zona infralitoral de la isla Santa Cruz y describir algunas características asociadas con su hábitat. La información resulta útil para conservar y planificar los espacios, así como para el manejo de la isla. Además, sirve como marco de referencia ante posibles cambios ambientales ocasionados por efectos antropogénicos y naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La isla Santa Cruz es montañosa, se localiza en las coordenadas extremas 25° 18' 43.18" N y 110° 41' 24.11" O, y 25° 15' 36" N y 110° 43' 30" O, a 67 millas náuticas al NNO de la ciudad de La Paz (Fig. 1); tiene una longitud de 7 km, la parte más ancha mide 3 km y la mayor altitud es de 457 m.

Previo a la selección de los sitios de muestreo, se realizó un viaje de circunvalación a la isla en el que se encontró que la mayor parte de su litoral es escarpado (aproximadamente 95%). El tipo de sustrato lo constituyen bloques, conglomerados y cantos rodados. Sólo se encontraron pequeñas playas de fondos blandos al sur de la isla, donde en agosto de 2010 se emplazaron 16 estaciones en la zona infralitoral (Fig. 1). Se utilizaron cuatro transectos (Tabla 1) divididos en cuatro

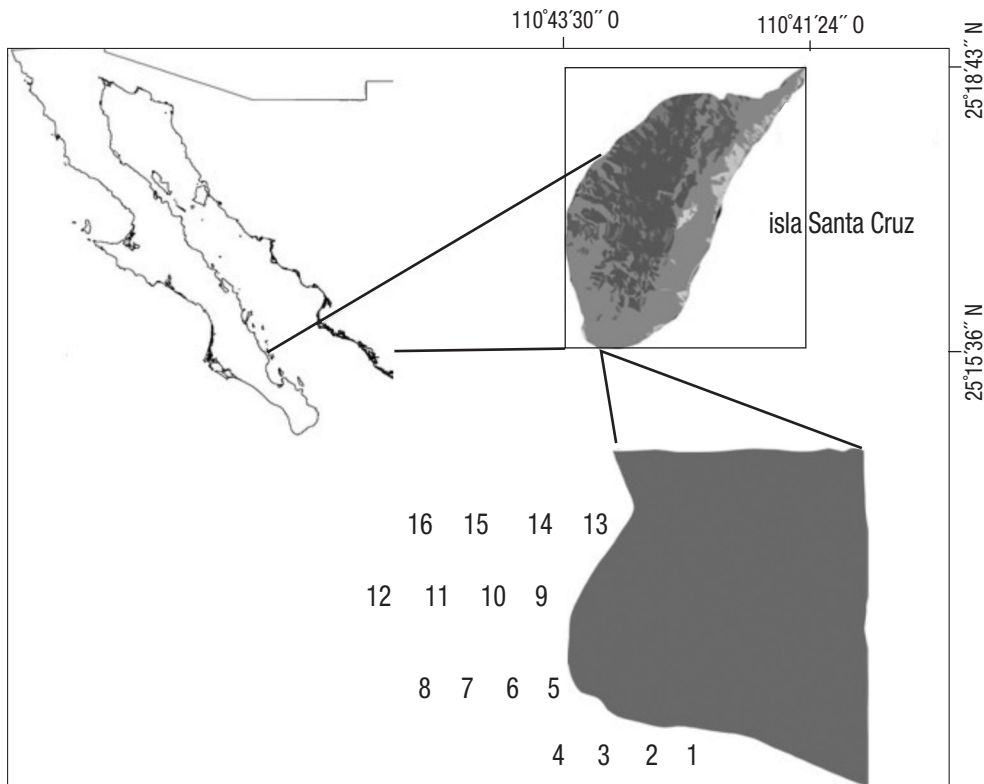


Figura 1. Área de estudio en la isla Santa Cruz, golfo de California, México y ubicación esquemática de los transectos con las estaciones de muestreo para la recolección de moluscos de fondos suaves.

estaciones perpendiculares a la costa a intervalos de 50 m entre una y otra, desde el nivel de marea baja hasta 200 m, con una profundidad promedio de 3 m. La distancia entre los transectos fue de 250 m a lo largo del litoral de la isla. Las muestras se obtuvieron por buceo autónomo, con un marco metálico de 1 m², el cual se fijó al fondo de cada estación. Se recolectó sedimento en una capa de 15 cm de profundidad y se tamizaron *in situ* a través de una criba de madera de 40 x 40 cm con una malla metálica de 3 mm de luz, de acuerdo con los criterios de Holme (1971).

Para conocer la textura del sedimento, se determinó el tamaño del grano y se interpretó de acuerdo con la escala de Wentworth (Folk, 1980), se registró la profundidad, la temperatura del agua con un termómetro de cubeta y la salinidad con un refractómetro Atago ATC-S/Mill-E con un intervalo de 0 a 100 (‰).

El análisis de la asociación de moluscos se realizó con organismos recolectados vivos y se incluyeron organismos que murieron durante el muestreo y cuyas valvas se mantenían sin ninguna alteración en el periorstraco. Los moluscos fueron identificados con las claves taxonómicas publicadas por Keen (1971) y Abbot (1974). Los nombres científicos se revisaron y actualizaron con claves de Skoglund (1991; 1992), Coan *et al.* (2000) y Coan y Valentich (2012).

Con el fin de complementar la información de la comunidad, a cada especie se le asignó un grupo trófico, según lo planteado por Keen (1971), Reguero *et al.* (1991; 1993), Olabarria *et al.* (2001) y Fernández y Jimenez (2006).

Como descriptores ecológicos de la fauna malacológica se utilizaron la abundancia, la riqueza específica y la diversidad. Como indicadores del ambiente se consideraron la profundidad, el tamaño del grano del sedimento, la temperatura y la salinidad.

Para examinar y caracterizar la relación de las especies se calculó el índice de Shannon-Wiener (Magurran, 1991) con logaritmo de base dos como medida de la diversidad. Para estimar la equidad (J) se aplicó el índice de Pielou (1975). El análisis de los datos se realizó con el programa Biodiversity Professional Beta (McAleece *et al.*, 1997). La determinación de índices ecológicos univariados se realizó con el programa computacional PRIMER v6 (Clarke & Warwick, 2001).

Tabla 1. Localización de las estaciones de inicio de los transectos para el muestreo de moluscos en la isla Santa Cruz, golfo de California, México. Los transectos se realizaron de manera perpendicular a la línea de costa.

Nº transecto	Nº Estación	Latitud N	Longitud O
I	1	25° 15' 36"	110° 43' 36"
II	5	25° 15' 42"	110° 43' 43"
III	9	25° 15' 51"	110° 43' 43"
IV	13	25° 16' 02"	110° 43' 48"

RESULTADOS

Características geomorfológicas y ambientales del sitio de muestreo. Los dieciséis sitios se distribuyeron en cuatro playas de fondos blandos al sur de la isla, entre cabos rocosos; su dinámica mayormente erosiva está condicionada por fenómenos naturales estacionales, como tormentas del suroeste y aportes terrígenos provenientes de las partes altas de la isla ocasionados por las lluvias. Se encontró que en todas las estaciones de muestreo el sedimento fue de arenas gruesas (0.50-1.0 mm), la temperatura y la salinidad del mar fueron de 25°C y 35.2‰.

Composición y estructura de la comunidad. En total se obtuvieron 695 organismos representados por dos clases, 13 órdenes, 25 familias y 44 especies. La clase Gastropoda fue la más abundante, con 446 individuos distribuidos en cinco órdenes, 11 familias, 14 géneros y 19 especies (Tabla 2). La clase Bivalvia registró 249 organismos distribuidos en ocho órdenes, 14 familias, 21 géneros y 25 especies (Tabla 3).

Entre los gastrópodos, la especie de mayor abundancia fue *Siphonaria maura* (Sowerby, 1835), con el 17% (Fig. 2). Siguió en importancia *Crepidula aculeata* (Gmelin, 1791), con 11%. Entre los bivalvos, la especie más abundante fue *Tellina eburnea* (Hanley, 1844), con el 9%.

Los sitios de muestreo con mayor riqueza y abundancia fueron las estaciones 1, 2 y 3 (Fig. 3), caracterizados por poseer fondos de arena gruesa; mientras que en las estaciones 6 y 8 sólo se encontró un gastrópodo en cada una. En la estación 1 se registró la mayor riqueza específica: 25 taxones.

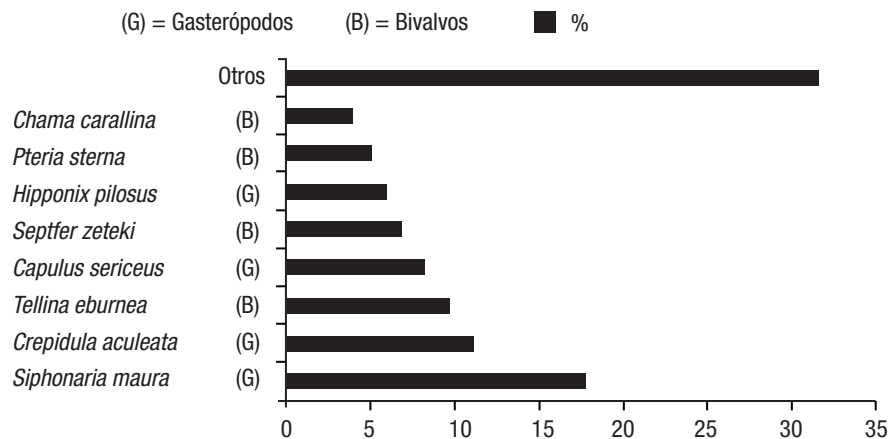


Figura 2. Especies de moluscos con mayor abundancia porcentual en la isla Santa Cruz, golfo de California, México.

Tabla 2. Composición taxonómica de la Clase Gastropoda y categoría trófica de moluscos de fondos blandos en la isla Santa Cruz, golfo de California, México.

Orden	Familia	Especie	Categoría trófica
Archaeogastropoda	Fissurellidae	<i>Diodora inaequalis</i> (Sowerby, 1835)	Herbívoro
		<i>Lucapinella callomarginata</i> (Dall, 1871)	Herbívoro
		<i>Fissurella deroyae</i> McLean, 1970	Herbívoro
		<i>Fissurella rubropicta</i> Pilsbry, 1890	Herbívoro
Mesogastropoda	Architectonicidae	<i>Heliacus bicanaliculatus</i> (Valenciennes, 1832)	Herbívoro
	Cerithiidae	<i>Triphora hannai</i> Baker, 1926	Herbívoro
	Hipponicidae	<i>Hipponix pilosus</i> (Deshayes, 1832)	Herbívoro
	Calyptraeidae	<i>Crepidula aculeata</i> (Gmelin, 1791)	Filtrador
		<i>Crucibulum spinosum</i> (Sowerby, 1824)	Filtrador
		<i>Crucibulum umbrella</i> (Deshayes, 1830)	Filtrador
		<i>Crucibulum scutellatum</i> (Wood, 1828)	Filtrador
		<i>Crucibulum monticulus</i> Berry, 1969	Filtrador
	Capulidae	<i>Capulus sericeus</i> J. & R. Burch, 1961	Filtrador
	Neogastropoda	Columbellidae	<i>Columbella haemastoma</i> Sowerby, 1832
Marginellidae		<i>Cystiscus politulus</i> (Dall, 1919)	Herbívoro
Entomotaeniata	Pyramidellidae	<i>Turbonilla lucana</i> Dall & Bartsch, 1909	Ectoparásito
Basommatophora	Siphonariidae	<i>Siphonaria gigas</i> Sowerby, 1825	Herbívoro
		<i>Siphonaria maura</i> Sowerby, 1835	Herbívoro
	Trimusculidae	<i>Trimusculus reticulatus</i> (Sowerby, 1835)	Filtrador

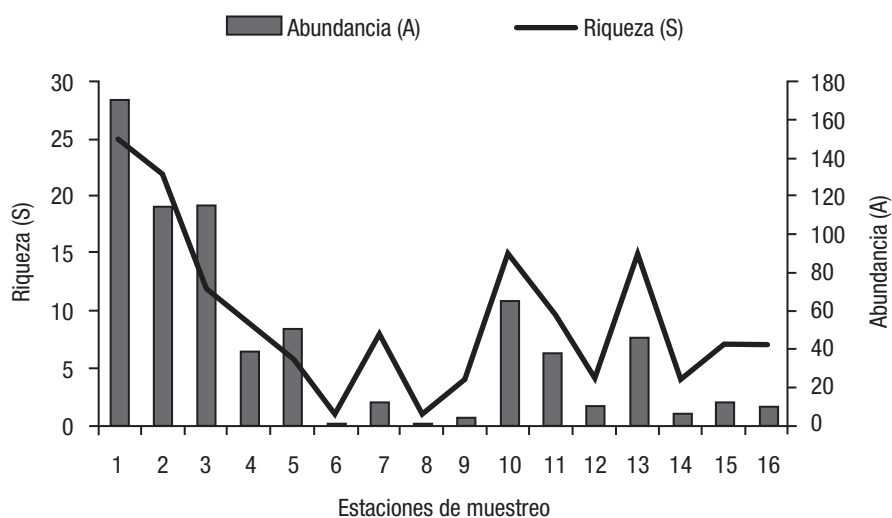


Figura 3. Variabilidad de la abundancia (A) y la riqueza (S) de moluscos en las 16 estaciones muestreadas de la isla Santa Cruz, golfo de California, México.

El valor promedio del índice de diversidad de Shannon-Wiener fue de 2.6 bits/ind y el máximo fue de 4.0 bits/ind. en la estación 1. Los valores máximos de equidad se encontraron en las estaciones 7, 9, 14 y 16, que corresponden a sitios con baja abundancia y pocas especies (Fig. 4).

Estructura trófica de las asociaciones. Los filtradores fueron el grupo trófico dominante en este estudio (73%), seguidos de los herbívoros (20%) y carnívoros (5%), mientras que los ectoparásitos fueron el grupo con menor porcentaje (2%; Fig. 5).

DISCUSIÓN

Los moluscos de fondos blandos en la isla Santa Cruz se encuentran distribuidos en aguas someras entre 1 y 10 m de profundidad en arenas gruesas (Fig. 6). En todas las estaciones se encontró una marcada asociación de los moluscos con fragmentos de coral y algas calcáreas

(rodolitos), que son condiciones similares a las descritas para la isla San José por Tripp-Quezada (2008). Este tipo de asociación biogénica indica que la isla Santa Cruz se encuentra en una zona de transición tropical-templada, de acuerdo con los criterios geológicos definidos por Halfar *et al.* (2006). Un resultado similar fue registrado para la isla San José, localizada a 9.4 millas náuticas al sur de la isla Santa Cruz (Tripp-Quezada, 2008); sin embargo, la riqueza de especies de moluscos de fondos blandos encontradas en la isla Santa Cruz fue menor que la reportada en la isla Cerralvo (133) por Vázquez-Vega (2013), así como para las islas Santa Catalina (65), San José (58) y San Francisco (80) (Tripp-Quezada *et al.*, 2014).

Una de las especies de mayor abundancia fue el gastrópodo *Siphonaria maura* (124), un organismo herbívoro típico de sustratos rocosos que alcanza tallas de 22 mm (Keen, 1971). En este estudio se encontraron ejemplares con tallas pequeñas (3 a 6 mm) fijados en granos de arena gruesa, fragmentos de coral, algas calcáreas y conchas de moluscos.

Tabla 3. Composición de la Clase Bivalvia y categoría trófica de moluscos de fondos blandos en la isla Santa Cruz, golfo de California, México.

Orden	Familia	Especie	Categoría trófica
Mytilida	Mytilidae	<i>Brachiodontes adamsianus</i> (Dunker, 1857)	Filtrador
		<i>Septifer zeteki</i> Hertlein & Strong, 1946	Filtrador
Arcida	Philobryidae	<i>Philobrya setosa</i> (Carpenter, 1864)	Filtrador
	Arcidae	* <i>Acar gradata</i> (Broderip & G. B. Sowerby I, 1829)	Filtrador
		<i>Anadara multcostata</i> (G. B. Sowerby I, 1833)	Filtrador
		<i>Arcopsis solida</i> (G. B. Sowerby I, 1833)	Filtrador
Pteriida	Pteriidae	<i>Pteria sterna</i> (Gould, 1851)	Filtrador
Pectinida	Propeamussiidae	<i>Cyclopecten pernomus</i> (Hertlein, 1935)	Filtrador
	Pectinidae	<i>Argopecten ventricosus</i> (G. B. Sowerby II, 1842)	Filtrador
	Dimyidae	<i>Plicatula penicillata</i> Carpenter, 1857	Filtrador
Limida	Limidae	* <i>Limaria pacifica</i> d'Orbigny, 1846	Filtrador
Lucinida	Lucinidae	* <i>Parvilucina approximata</i> (Dall, 1901)	Filtrador
		* <i>Cavilinga prolongata</i> Carpenter, 1857	Filtrador
Carditida	Carditidae	<i>Cardita radiata</i> G. B. Sowerby I, 1833	Filtrador
Venerida	Cardiidae	* <i>Americardia biangulata</i> (Broderip & G. B. Sowerby I, 1829)	Filtrador
		<i>Laevicardium substriatum</i> (Conrad, 1837)	Filtrador
	Chamidae	<i>Chama corallina</i> Olsson, 1971	Filtrador
		<i>Chama mexicana</i> Carpenter, 1857	Filtrador
		<i>Chama sordida</i> Broderip, 1835	Filtrador
	Tellinidae	<i>Tellina eburnea</i> Hanley, 1844	Filtrador
		<i>Tellina coani</i> Keen, 1971	Filtrador
Veneridae	<i>Chione squamosa</i> (Carpenter, 1857)	Filtrador	
	<i>Megapitaria squalida</i> (G. B. Sowerby I, 1835)	Filtrador	
	<i>Tivela byronensis</i> (Gray, 1838)	Filtrador	
	<i>Ventricolaria isocardia</i> (Verrill, 1870)	Filtrador	

* = Skoglund (1991)

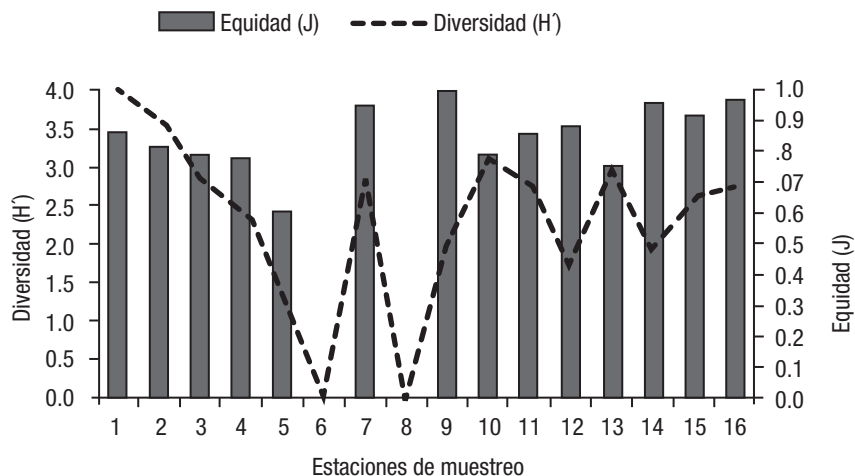


Figura 4. Variabilidad de la diversidad (H') y la equidad (J) de los moluscos en las 16 estaciones muestreadas de la isla Santa Cruz, golfo de California, México.

Tellina eburnea fue el bivalvo más abundante, en forma similar a lo registrado para Cabo Pulmo (1749) (Tripp-Quezada, 2008), archipiélago Espíritu Santo (6166), isla San José (153) y bahía de los Ángeles (274) (Tripp-Quezada *et al.*, 2009). Además, Vázquez-Vega (2013) clasificó a *Tellina eburnea* como especie dominante en la malacocenosis de fondos blandos de la isla Cerralvo. Por lo tanto, monitorear la abundancia de esta especie en las islas mencionadas del golfo de California podría ser un buen indicador de cambio para las condiciones ambientales de la zona.

La alta biodiversidad, abundancia, riqueza específica y equidad de las especies registradas en el estudio se encuentran en el transecto I, donde se ubican las estaciones de muestreo 1-4. Esto puede explicarse por su ubicación, pues se encuentran en la zona mejor protegida de los vientos del Sur y es notable en este trabajo la presencia de micromoluscos, juveniles de moluscos y ausencia de macromoluscos. Al respecto, Valiela (1995) expresó que las poblaciones bentónicas pueden ser afectadas por la acción de los depredadores y el abastecimiento de recursos, así como por la acción de las olas. En ese sentido, Zuchin & Oliver (2005) señalaron que, en ambientes ricos en carbonatos en

zonas homogenizadas por disturbios ambientales, la mayoría de las conchas encontradas son de moluscos juveniles depositados durante décadas. Margaleff (1982) señaló que la diversidad es baja en comunidades transitorias, explotadas o bajo condiciones fluctuantes.

Por otra parte, Méndez *et al.* (1986) describieron que los sedimentos de arenas gruesas generalmente sostienen ensamblajes más diversos que los que están conformados por fangos y arenas finas, esto como consecuencia de la heterogeneidad y complejidad del sustrato. Dichos sedimentos además presentan mayor espacio entre los granos de arena y contienen agua rica en microorganismos, al tiempo que confieren una abundante oferta alimentaria para la fauna bentónica, en comparación con sedimentos finos. La abrasión de los granos de arena del sustrato se presenta en ambientes de alta energía ocasionada por el oleaje o descargas de aguas pluviales (Zuschin & Oliver, 2005), lo cual impide temporalmente la fijación de larvas de moluscos. Solamente después de estos disturbios, durante las primeras etapas de resiliencia, se puede producir la fijación de micromoluscos o juveniles de moluscos filtradores, como *Septifer zeteki* (Hertlein & Strong, 1946) y *Tellina eburnea*, que fueron los más abundantes en la escala trófica para el presente estudio.

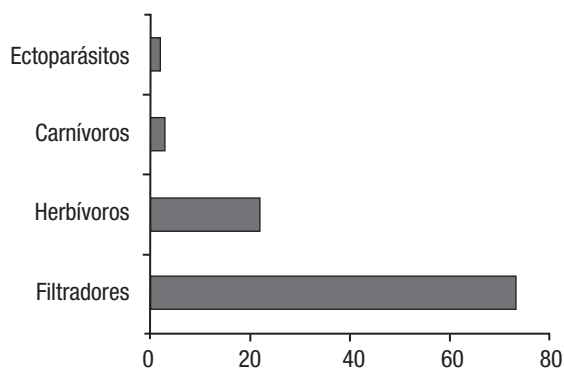


Figura 5. Categorías tróficas (%) para cada grupo de moluscos de fondos blandos estudiados en la isla Santa Cruz, golfo de California, México.

En el golfo de California los vientos son acentuadamente estacionales; vientos débiles que soplan del sureste de junio a octubre, en tanto que los dominantes y más intensos provienen del noroeste de noviembre a mayo, centrados a lo largo del eje norte-sur del golfo (Merrifield & Winant, 1989; Badan-Dangon *et al.*, 1991; Douglas *et al.*, 1993; Jiménez-Illescas *et al.*, 1997; Lavín *et al.*, 1997; Parés *et al.*, 2003; Marinone *et al.*, 2004). Por otro lado, se presenta un régimen de lluvias en verano (junio-septiembre), con la mayor precipitación en septiembre (Salinas-Zavala *et al.*, 1998), y la temporada de huracanes suele comenzar en los meses de mayo, para terminar en noviembre (Servicio Meteorológico Nacional y Agencia Nacional para la Atmósfera y el Océano de Estados Unidos -NOAA) y pueden causar fuertes lluvias e intensificarse los escurrimientos de agua y sedimentos en la cuenca del golfo (Salinas-Zavala *et al.*, 1992; Martínez-Gutiérrez & Mayer, 2004).

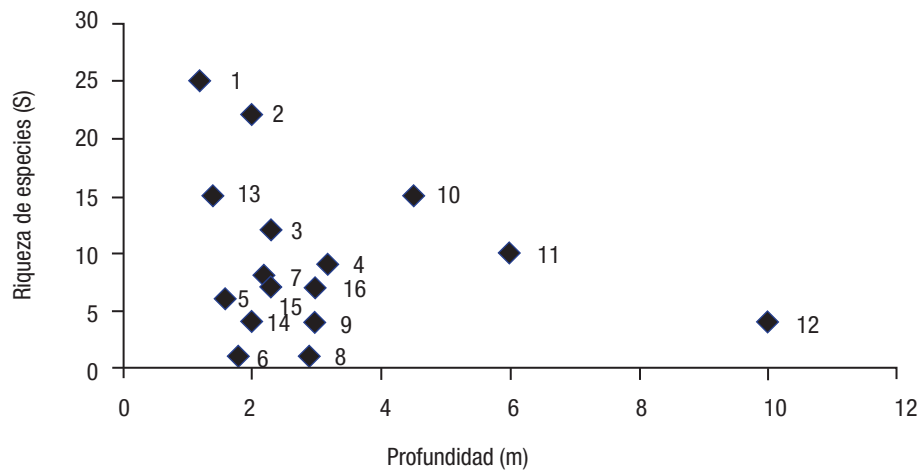


Figura 6. Variabilidad de la riqueza de especies de moluscos con respecto a la profundidad (m) en la isla Santa Cruz, golfo de California, México. ◆ = Estaciones de muestreo.

El tamaño de grano en el sedimento de la isla Santa Cruz puede ser explicado por el transporte de material litogénico desde las partes altas de la isla hacia el mar debido a escurrimientos ocasionados por las lluvias, la acción de las olas y los patrones de vientos característicos de la zona. De noviembre a mayo el viento proveniente del noroeste tiene una magnitud promedio de 5 m/s. Los vientos extremos, provenientes del norte, llegan a los 10 m/s (Anónimo, 1985; Jiménez-Illescas *et al.*, 1997; Lavín *et al.*, 1997; Obeso-Niebla *et al.*, 2007). Estos patrones de vientos sumados a la cantidad de precipitación vertida por los huracanes son factores determinantes para que exista transporte de sedimento hacia el golfo de California y contribuyen a la modelación del paisaje (Martínez-Gutiérrez & Mayer, 2004). En el sitio de estudio se puede evidenciar este proceso por el material biogénico (trozos de coral, conchas de moluscos y algas calcáreas) depositado en la zona intermareal y supralitoral. Las variaciones de intensidad del viento durante la época de huracanes, las cuales hacen de la isla un ambiente de alta energía, no favorecen al desarrollo de macromoluscos de fondos blandos, en particular de especies comerciales como la almeja chocolata *Megapitaria squalida*, la almeja catarina *Argopecten ventricosus* y la pata de mula *Anadara multcostata*, especies de las cuales sólo se encontraron juveniles.

La composición, abundancia y diversidad de la comunidad malacológica de fondos blandos de la isla Santa Cruz registró a la clase Gastropoda como la más abundante, seguida de la clase Bivalvia. Las categorías tróficas dominantes fueron los filtradores, seguidos de los herbívoros. La riqueza específica fue menor en comparación con otros sitios de diferente latitud del golfo de California. Por lo tanto, se concluye que estos resultados se deben a que la zona de estudio es un ambiente de alta energía.

Se recomienda un estudio de la dinámica de las poblaciones de moluscos de fondos blandos, así como la descripción de la comunidad de moluscos de fondos rocosos. Estos estudios son necesarios para condicionar el uso de playas y fondos en la isla a las empresas de servicios turísticos así como a los pescadores de la zona.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el financiamiento del proyecto CGPI-20100093. A la IPN-COFAA y EDI por las becas de Arturo Tripp-Quezada, Arturo Tripp Valdez y Marcial Villalejo Fuerte. A Carlos Antuna Contreras, Ciro Arista de la Rosa y José Beltrán Salgado por el apoyo en las actividades submarinas. A los revisores anónimos por sus acertadas recomendaciones.

REFERENCIAS

- ABBOTT, R. T. 1974. *American Seashell; The Marine Mollusca of Atlantic and Pacific Coasts of North America*. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 663 p.
- ABURTO-OROPEZA, O. & C. LÓPEZ-SAGÁSTEGUI. 2006. *Red de reservas marinas del Golfo de California: una compilación de los esfuerzos de conservación*. Reporte preparado para Greenpeace México. 30 p.
- ANÓNIMO. 1985. *Carta de climas de La Paz*. Dirección de Geografía del Territorio Nacional. México. 15
- Badan-Dangon, A., C. E. Dorman, M. A. Merrifield, & C. D. Winant. 1991. The lower atmosphere over the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 96 (16): 877-896.
- BAQUEIRO-CÁRDENAS, E., L. BORABE, C.G. GOLDARACENA-ISLAS & J. RODRÍGUEZ-NAVARRO. 2007. Los Moluscos y la contaminación. Una Revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 1-7 p.
- CLARKE, K. R. & R. M. WARWICK. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth. 172 p.
- COAN, E. V., S. P. VALENTICH & F. BERNARD. 2000. *Bivalve Seashells of western north America. Marine bivalve Mollusca from Artic Alaska to Baja California*. Santa Barbara Museum of Natural History. Santa Bárbara California. 794 p.

- COAN, E. V. & P. VALENTICH-SCOTT. 2012. Bivalve seashells of tropical West America, Marine bivalve mollusks from Baja California to northern Peru. *Santa Barbara Museum of Natural History, Monographs 6, Studies, Biodiversity 4*: 1-1258.
- DE LA LANZA-ESPINO, G. 2000. *Criterios generales para la elección de bio-indicadores*. In: De la Lanza-Espino, G., S. Hernández-Pulido & J. L. Carbajal-Pérez (Eds.). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca/Comisión Nacional del Agua/Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Biología/Plaza y Valdez S.A y de C.V. México. pp. 17-42.
- DOUGLAS, M. W., R. A. MADDOX & K. HOWARD. 1993. The Mexican Monsoon. *Journal of Climate* 6: 1665-1677.
- FERNÁNDEZ, J. & M. JIMÉNEZ. 2006. Estructura de la comunidad de moluscos y relaciones tróficas en el litoral rocoso del estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 54: 121-130.
- FOLK, R. L. 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's Book Store Co. Austin, Texas. 182 p.
- HALFAR, J., M. STRASSER, B. RIEGL & L. GODINEZ-ORTA. 2006. *Oceanography, acoustic mapping and sedimentology of a bryomol carbonate factory in the northern Gulf of California, Mexico*. In: Pedley, P.M. & G. Carannante (Eds.). *Cool-water Carbonates: Depositional Systems and Palaeoenvironmental Controls*. Geological Society of London Special Publications, pp. 197-215.
- HOLME, N. A. 1971. Macrofauna sampling. In: Holme, N. A. & A. D. McIntyre (Eds.). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwells Scientific Publications, IBP handbook, pp. 80-130.
- JIMÉNEZ-ILLESCAS, A. R., N. M. OBESO-NIEBLAS & D. S. SALAS-DE LEÓN. 1997. Oceanografía física de la Bahía de la Paz, B.C.S. In: Urbán, R. J. & M. Ramírez (Eds.). *La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación*. UABCS, CICIMAR, Scripps Institution of Oceanography. La Paz, B.C.S. México, pp. 31-41.
- KEEN, A. M. 1971. *Sea shells of tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press, Stanford. 1064 p.
- MAGURRAN, A. E. 1991. *Ecological diversity and its measurement*. Chapman and Hall, London, 179 p.
- MARGALEFF, R. 1982. *Ecología*. Editorial Omega. México. 1359 p.
- MARINONE, S. G., A. PARÉS-SIERRA, R. CASTRO & A. MASCARENHAS. 2004. Correction to Temporal and Spatial variation of the surface winds in the Gulf of California. *Geophysical Research Letters* 31, L10305. DOI: 10.1029/2004GL020064
- MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, G. & L. MAYER. 2004. Huracanes en Baja California, México y sus implicaciones en la sedimentación en el Golfo de California. *Geos* 24 (1): 57-64.
- MCALLEE, N., J. D. G. GAGE, P. J. D. LAMBSHEAD & G. L. J. PATERSON. 1997. *BioDiversity Professional statistics analysis software*. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- MÉNDEZ, M. N., V. SOLIS-WEISS & A. CARRANZA-EDWARDS. 1986. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de playas del estado de Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UAM, México 13 (3): 45-56.
- MERRIFIELD, M. A. & C. D. WINANT. 1989. Shelf circulation in the Gulf of California: a description of the variability. *Journal of Geophysical Research* 94: 18133-18160.
- NARANJO-GARCÍA, E. & G. MEZA-MENESES. 2000. Moluscos. In: De la Lanza-Espino G., S. Hernández-Pulido & J.L. Carbajal-Pérez. (Eds.). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca/Comisión Nacional del Agua/Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Biología/Plaza y Valdez S.A y de C.V. México, pp. 309-404.
- NÚÑEZ-ESQUER, O. 1975. Concentración de DDT en *Chione californiensis* de la parte norte del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 1 (2): 6-13.
- OLABARRÍA, C., J. CARBALLO & C. VEGA. 2001. Cambios espacio-temporales en la estructura trófica de asociaciones de moluscos del intermareal rocoso en un sustrato tropical. *Ciencias Marinas* 27: 235-254.
- PARÉS-SIERRA, A., A. MASCARENHAS, S. G. MARINONE, & R. CASTRO. 2003. Temporal and spatial variations on the surface winds in the Gulf of California, *Geophysical Research Letters* 30 (6): 1312. DOI:10.1029/2002GL016716.
- PIELOU, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. J. Wiley & Sons, New York. 142 p.
- PURCHASE, N. G. & J. E. FERGUSON. 1986. *Chione (austrovernus) stuchburyi*, a New Zealand Cockle as Bio-indicator for lead pollution. *Environmental Pollution* 11: 137-151.
- REGUERO, M., A. GARCÍA-CUBAS & G. ZÚÑIGA. 1991. Moluscos de la Laguna Tampamachoco, Veracruz, México: Sistemática y ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM, México 18: 289-328.
- REGUERO, M., A. GARCÍA-CUBAS & G. ZÚÑIGA. 1993. Moluscos del complejo lagunar Larga-Redonda-Mandinga, Veracruz, México: Sistemática y ecología. *Hidrobiológica* 3: 41-70.
- SALINAS-ZAVALA, C. A., D. B. LLUCH-COTA, S. HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ & D. LLUCH-BELDA. 1992. Anomalías de precipitación en Baja California Sur durante 1990: posibles causas. *Atmósfera* 5: 79-93.
- SALINAS-ZAVALA, C. A., D. LLUCH-BELDA, S. HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ & D.B. LLUCH-COTA. 1998. La aridez en el noroeste de México: un análisis de su variabilidad espacial y temporal. *Atmósfera* 11: 29-44.
- SKOGLUND, C. 1991. Additions to the Panamic Province. Bivalve (Mollusca) Literature 1971 to 1990. *The Festivus* 22: 1-74.
- SKOGLUND, C. 1992. Additions to the Panamic Province. Gastropod (Mollusca) Literature 1971 to 1992. *The Festivus* 24: 1-169.
- SOTO, E. & G. LEIGHTON. 1999. Indicadores biológicos de ecosistemas marinos de fondos blandos y su importancia en los programas de monitoreo ambiental. Trabajos presentados en VI Jornadas del Comité para el Programa Hidrológico Internacional (PHI). Conferencia Inter-

- nacional. Los Recursos Hídricos de América Latina en el Umbral del Siglo XXI Temas claves para su Desarrollo. Santiago, Chile p. 13.
- TRIPP-QUEZADA, A. 2008. Comunidades de moluscos asociados a ambientes de carbonatos modernos en el Golfo de California. Tesis de doctorado en Ciencias Marinas. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 167 p.
- TRIPP-QUEZADA, A., J. M. BORGES-SOUZA, M. CRUZ-VIZCAINO & A. TRIPP-VALDEZ. 2009. Moluscos: Indicadores ambientales en el archipiélago Espíritu Santo, México. *Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México*. La Paz, B.C.S. 2: 42.
- TRIPP-QUEZADA, A., A. TRIPP-VALDEZ, M. VILLALEJO-FUERTE & F. GARCÍA-DOMÍNGUEZ. 2014. Composition and community structure of soft bottom mollusks in Isla San Francisco, Golfo de California, México. *The Festivus* 46 (2): 21-25.
- VALIELA, I. 1995. *Marine Ecological Processes*. Springer-Verlag. New York Inc. 686 p.
- VÁZQUEZ-VEGA, Y. J. 2013. Estructura de la comunidad de moluscos de fondos blandos en la Isla Cerralvo, Golfo de California, México. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 83 p.
- WWF (WORLD WILDLIFE FUND.). 2006. *Estableciendo prioridades de conservación en islas del Golfo de California: Un ejercicio con criterios múltiples*. (Reporte integrado por J.A. Rodríguez Valencia, D. Crespo Camacho & M.A. Cisneros-Mata). Sonora, México, 31 p.
- ZUSCHIN, M. & G. OLIVER. 2005. Diversity patterns of bivalves in a coral dominated shallow-water bay in the northern Red Sea- high species richness on a local scale. *Marine Biology Research* 1: 396-410. DOI:10.1080/17451000500456262