



Equinodermos del Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit, México

Echinoderms of the National Park Isla Isabel, Nayarit, Mexico

Eduardo Ríos-Jara¹, Cristian Moisés Galván-Villa^{1*} y Francisco Alonso Solís-Marín²

¹Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Carretera a Nogales Km. 15, Las Agujas Nextipac, 45110 Zapopan, Jalisco, México

²Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado postal 70-305, 04510 México, D. F., México

*Correspondencia: cmgv1982@yahoo.com.mx

Resumen. Se describe la composición específica de equinodermos del Parque Nacional Isla Isabel, ubicado en el Pacífico central mexicano. Los muestreos y recolectas se realizaron durante octubre de 2004, marzo y julio de 2005 mediante búsqueda directa en diferentes playas rocosas y mediante transectos en banda en los sustratos rocoso y arenoso del submareal hasta los 19 m de profundidad. Se incluyen también ejemplares recolectados con redes de arrastre en el barco camarero "América" en aguas adyacentes. Se registraron 299 individuos correspondientes a 31 especies y 19 familias de equinodermos. La mayor abundancia se registró en las regiones norte (43%) y este (39%) de la isla donde existe mayor heterogeneidad de sustratos y la menor en la oeste (3%). La mayor riqueza de especies correspondió a las zonas este (36%), norte (31%) y sur (29%) de la isla. Los holoturoideos fueron los más diversos con 10 especies. Las especies más importantes de acuerdo al índice de valor biológico son: *Diadema mexicanum*, *Toxopneustes roseus*, *Phataria unifascialis*, *Pharia pyramidatus*, *Ophiocoma alexandri*, *Holothuria lubrica*, *Isostichopus fuscus* y *Eucidaris thourarsii* representando el 60% de los individuos. La afinidad de especies es mayor con el golfo de California que con la región centro-sur del Pacífico.

Palabras clave: diversidad, abundancia, afinidad, Pacífico mexicano, arrecifes.

Abstract. This study describes the species composition of echinoderms from Isla Isabel National Park, in the central Mexican Pacific. The samplings and collection transects band were made in October 2004, March and July 2005 by direct search on several rocky beaches, and on rocky and sandy substrates in subtidal areas to 19 m depth. The specimens collected with a trawling net from the shrimp vessel "America" in adjacent waters were also included. A total of 299 organisms belonging to 31 species and 19 families of echinoderms were registered. The greatest abundance was recorded in the northern (43%) and eastern (39%) regions of the island where there is greater substrate heterogeneity, and the lowest was in the western region (3%). The highest richness of species was recorded in the eastern (36%), northern (31%) and southern (29%) zones of the island. The holothuroids were the most diverse with 10 species. The most important species according the biological value index are: *Diadema mexicanum*, *Toxopneustes roseus*, *Phataria unifascialis*, *Pharia pyramidatus*, *Ophiocoma alexandri*, *Holothuria lubrica*, *Isostichopus fuscus* and *Eucidaris thourarsii* representing the 60% of all individuals. The species affinity is greater with the Gulf of California than the Pacific center-south region.

Key words: diversity, abundance, affinity, Mexican Pacific, reefs.

Introducción

Las islas marinas, como otros cuerpos de tierra rodeados por mar, poseen una variedad de ambientes que presentan fluctuaciones estacionales y anuales en sus condiciones físicas, químicas, hidrológicas e incluso sedimentológicas (MacArthur y Wilson, 1967). El estudio de las comunidades marinas debe realizarse mediante un

enfoque ecológico, utilizando herramientas que permitan analizar las relaciones entre las especies que integran a las diversas biocenosis y los diferentes parámetros abióticos a los que se encuentran asociadas. Por tal motivo, es importante determinar la composición y diversidad de especies de la comunidad, así como su distribución y abundancia dentro del ecosistema.

Entre los macroinvertebrados bénticos más importantes se encuentran los equinodermos (Mare, 1942; Maluf, 1988). Debido a los diversos nichos que ocupan dentro de la trama

trófica, es fundamental conocer las relaciones entre estos organismos y los diferentes factores ambientales que hacen fluctuar la distribución y abundancia de sus poblaciones, tanto en el espacio como en el tiempo. Los equinodermos no están distribuidos al azar en el bentos, tienden a aparecer en asociaciones más o menos bien definidas, las cuales pueden ser identificadas y caracterizadas en términos de sus especies más abundantes o dominantes (James, 2000; Toro-Farmer et al., 2004).

El Pacífico mexicano presenta una considerable diversidad de equinodermos. Su reconocimiento en diversos hábitats ha sido posible gracias a los estudios taxonómicos e inventarios del grupo, los cuales aunque distan mucho de estar completos, representan un acervo de información invaluable para todo tipo de estudios: sistemáticos, evolutivos, genéticos, ecológicos y económicos, entre otros (Solís-Marín et al. 1993).

Existe poca información sobre la riqueza y distribución de los macroinvertebrados bentónicos de Isla Isabel; la mayor parte de la investigación llevada a cabo en ésta se refiere a las aves marinas que ahí residen y a otros vertebrados, en particular especies exóticas, y a la erradicación de las mismas. Los estudios previos de la biota marina (vertebrados e invertebrados) se limitan a trabajos puntuales de índole taxonómica y ecológica sobre ciertos grupos, como los corales pétreos (Durham y Barnard, 1952; Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997), moluscos como el caracol *Plicopurpura pansa* (Becerra, 2000), crustáceos (Lira-Fernández, 1992; Hernández-Álvarez, 1995; Camacho-Castañeda, 1996; Hendrickx, 1997) y peces elasmobranchios capturados por pescadores (Pérez-Jiménez, 2001).

Los resultados del presente trabajo forman parte del proyecto "Inventario de la biota terrestre (florístico) y marina (cnidarios, poliquetos, moluscos, equinodermos, peces y macroalgas) del Parque Nacional Isla Isabel" apoyado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Este es el primer estudio que integra un inventario completo de todos estos grupos taxonómicos para Isla Isabel y tiene como producto principal una base de datos ordenada en el Programa Biotica que incluye un listado sistemático corroborado por taxónomos expertos y una colección de las principales especies, incluyendo los equinodermos, así como un catálogo de fotografías y un mapa digital con las localidades y registros con georreferenciación.

El presente trabajo tiene como objetivo principal dar a conocer la composición específica y establecer el valor de importancia biológica de los equinodermos del Parque Nacional Isla Isabel. Además, describir la distribución y abundancia de los equinodermos en 12 diferentes localidades representativas de los principales ambientes

marinos de la isla y revisar las afinidades o diferencias con otras localidades del Pacífico mexicano. Esta información será usada para sustentar la propuesta de modificación del decreto del Parque Nacional para incluir un polígono de protección en el área marina adyacente a Isla Isabel, que actualmente llevan a cabo investigadores de la Universidad de Guadalajara con el apoyo de la WWF Programa Golfo de California y la CONANP.

Materiales y métodos

Área de estudio. Isla Isabel se encuentra en el océano Pacífico, aproximadamente a 28 km de la costa de Nayarit y 61.5 km al sureste de las islas Marías (21° 50' 35.26'' N, 105° 53' 06.47'' O) (Fig. 1). La superficie total de la isla es de 82.16 ha, con una longitud máxima de 1.8 km y un ancho promedio de 0.7 km. La línea de costa presenta 3 tipos de perfiles principales: uno representado por rocas expuestas con pendientes abruptas y altitudes variables; otro con playas arenosas semiprotectidas con pendientes muy inclinadas en las playas más protegidas y pendientes moderadas en las playas más expuestas; en el tercero se presentan playas rocosas con pendiente moderada y pozas de marea. El área marina adyacente tiene una profundidad

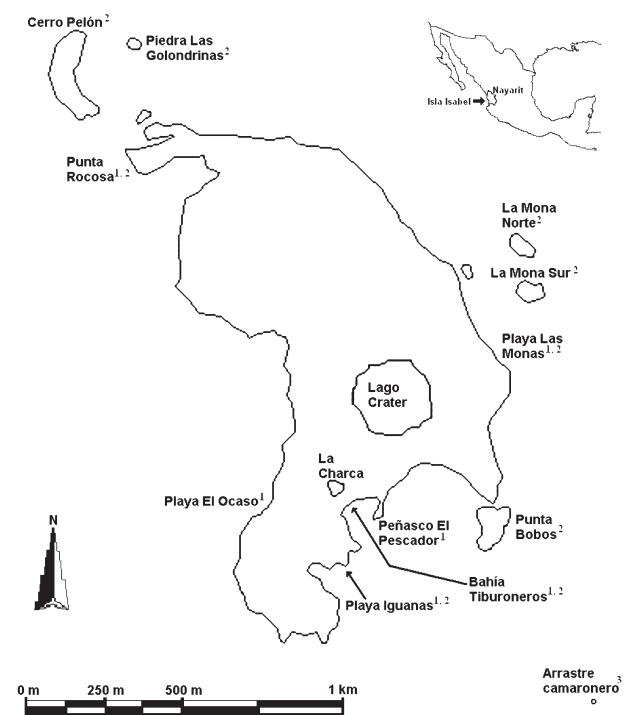


Figura 1. Localidades de muestreo en la Isla Isabel. 1 = zona intermareal, 2 = zona submareal somera (< 20 m), 3 = zona submareal profunda (30m).

máxima de 35 m y pendiente suave (1/200) (Ríos-Jara et al., 2003). La isla se incluye en la provincia biogeográfica Panámica que se extiende desde el sur de California, EUA, hasta Perú (Briggs, 1974); su ubicación corresponde a una zona de transición entre las subprovincias biogeográficas del Golfo de California al norte y la Mexicana al sur (Brown y Lomolino, 1998).

Isla Isabel presenta 4 caras muy bien delimitadas por sus características fisiográficas y tipos de fondo. La cara norte es una zona con fondos de arenas gruesas y formaciones rocosas con pendientes abruptas, formando paredes de hasta 25 m de profundidad; ésta es, junto con la cara oeste, una zona muy dinámica debido a su exposición al oleaje y corrientes. En esta zona se encuentra la comunidad más grande de gorgonáceos. La zona este se caracteriza por 2 formaciones rocosas (Las Monas) que sobresalen del lecho marino y que están rodeadas en el fondo por canto rodado y sustratos mixtos como rocas, arenas y formaciones coralinas dispersas. La cara oeste es una zona de planicies compuesta de rocas volcánicas que llegan a formar estructuras, como canales, huecos y hoyos en el fondo marino, es el área con las condiciones más extremas y de mayor dinámica debido al intenso oleaje y corrientes. Por último, las bahías que se forman en la parte sur de la isla son las de mayor variedad de hábitats, en los que se encuentran arrecifes polimorfos compuestos de roca volcánica, cuevas de grandes dimensiones, paredes, y monolitos; en esta zona se presentan las condiciones más estables en cuanto a oleaje y corrientes, por lo que es un área de resguardo natural para las especies de peces e invertebrados benthicos que residen en la isla.

Trabajo de campo y laboratorio. Se realizaron muestreos en 12 localidades alrededor de la isla en los meses de octubre de 2004, marzo y julio de 2005 (Fig. 1). Se reconocieron 3 ambientes diferentes: 1), zona intermareal; 2), zona submareal somera y 3), zona submareal profunda. La zona intermareal comprende playas rocosas de las localidades de Playa Iguanas, Playa El Ocaso, Punta Rocosa, Playa Las Monas, Peñasco El Pescador y Bahía Tiburoneros, donde se forman pozas de marea, accesibles durante la bajamar, cuando quedan descubiertas; en este ambiente se realizó búsqueda directa entre las pozas, grietas y debajo de las rocas. La zona submareal somera comprende 9 localidades alrededor de la isla, en las cuales se llevaron a cabo buceos diurnos y nocturnos con equipo scuba, hasta los 20 m de profundidad. En este ambiente se utilizaron transectos en banda de 50 m de longitud por 5 m de ancho.

Finalmente, se obtuvieron algunos equinodermos capturados durante los arrastres realizados por el barco camaronero comercial "América" en la zona submareal profunda (30 m) hacia el sureste de la isla mediante una red de arrastre tipo semi-portugués con malla de 50.8 mm

y longitud de la relinga de 80 pies (24.38 m).

En todos los casos, sólo se recolectaron especímenes representativos de cada especie que permitieran corroborar posteriormente su identidad taxonómica, los cuales fueron fijados en una solución de formaldehído y agua de mar al 10% y una vez en el laboratorio se cambiaron a alcohol al 70% para su preservación final. Para la determinación taxonómica de las especies se usaron los trabajos de Caso (1961, 1978, 1980, 1983), Kertstitch (1989), Gotshall (1987) y Hickman (1998). Los ejemplares fueron depositados en la colección de referencia de equinodermos del Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) de la Universidad de Guadalajara.

Para determinar la importancia de cada una de las especies de equinodermos de Isla Isabel se calculó el índice de valor biológico o IVB (Sanders, 1960) con base en el trabajo de Loya-Salinas y Escofet (1990). El IVB nos indica la dominancia global por especie, basado en rangos y puntajes. Su cálculo se puede resumir en 4 pasos generales: 1), preparación de plantillas. Se elabora una plantilla por cada muestreo; cada una integra el listado de las especies registradas en orden descendente de abundancia, la abundancia relativa (ABR), la abundancia relativa acumulada (ARA), el rango o posición en el listado (1, 2, 3,...) y el puntaje asignado a cada especie; 2), determinación del número de especies a utilizar. Este valor corresponde al mayor número de especies que reúne un ARA del 95% en todas las plantillas; 3), asignación de puntajes. El valor que se obtuvo en el paso anterior es asignado a la especie con mayor abundancia en cada plantilla, para las siguientes especies se asignan valores de manera descendente y 4), cálculo del valor final del IVB. Para obtener el valor final de IVB se suman las calificaciones de todas las plantillas para cada especie. De esta manera, las especies con mayor abundancia y frecuencia en los muestreos tendrán los valores más altos de IVB.

Además, se utilizó el índice de similitud de Jaccard (Biodiversity Pro versión 2) para conocer las afinidades o diferencias entre la fauna de equinodermos de la Isla Isabel con otras localidades del Pacífico mexicano. Este índice es sencillo y ha sido ampliamente utilizado con fines comparativos (Magurran, 1988). Además, debido a que la mayoría de los trabajos sobre equinodermos del Pacífico mexicano no incluyen datos cuantitativos (abundancia), el índice de Jaccard es adecuado debido a que se basa sólo en la relación presencia-ausencia entre el número de especies registradas en cada localidad y el número total de especies (Stiling, 1999).

Resultados

Se registraron 299 organismos pertenecientes a 19 familias, 23 géneros y 31 especies de 4 clases de equinodermos: Asteroidea (8 especies); Ophiuroidea (5); Echinoidea (8) y Holothuroidea (10) (Cuadro 1).

En la figura 2 se muestra la riqueza específica de cada una de las localidades estudiadas en Isla Isabel. La localidad con más especies fue La Mona Norte, ubicada en el lado este de la isla, con 15 especies que representan el 48.39% del total registradas. Las localidades de Cerro Pelón, Playa Las Monas y Punta Rocosa también tuvieron riquezas específicas relativamente altas, con 13 (41.9%), 12 (38.7%) y 11 (35.4%) especies, respectivamente. En la zona norte se registran profundidades de hasta 27 m y una mayor influencia de las corrientes y el oleaje. En esta zona se encontró comúnmente el erizo *Tripneustes depressus*, una de las especies más abundante en este tipo de ambientes (González-Medina et al., 2006); por el contrario, en la zona este se tienen profundidades de hasta 12 m y es una zona con menos influencia de corrientes y oleaje, aquí se encontraron especies como *Toxopneustes roseus* y *Diadema mexicanum*.

En relación con la riqueza de especies y su abundancia en las diferentes zonas de la isla, se observaron valores mayores en las zonas norte y este (Fig. 3). También en la zona sur se registró una riqueza específica importante. En realidad las localidades de la zona oeste, aunque incluyeron los ambientes intermareal y submareal somero, no presentaron especies distintas a las de las otras zonas y sus abundancias fueron bajas.

La abundancia específica, expresada como el total de individuos observados para cada una de las especies en todas las localidades de muestreo, incluyendo los 3 ambientes estudiados (intermareal, submareal somero y profundo) se resume en el Cuadro 2. Las primeras 8 especies representan el 60% de los individuos y fueron las más importantes de acuerdo al índice de valor biológico (IVB). Destacan por su abundancia relativa los erizos *Diadema mexicanum* (17.73%), *Euclidaris thouarsii* (11.71%) y *Centrostephanus coronatus* (11.04%); además, la estrella *Phataria unifascialis* (10.37%). Estas 4 especies representan más del 50% de los equinodermos registrados en Isla Isabel. Sin embargo, solamente *D. mexicanum*, *E. thouarsii* y *P. unifascialis* se encontraron entre las más importantes según el IVB debido a su mayor presencia en las localidades estudiadas. La frecuencia relativa indica la presencia de las especies en las localidades estudiadas. De esta manera, los erizos *D. mexicanum* y *E. thouarsii* obtuvieron valores altos de frecuencia relativa ($\geq 50\%$) debido a que se registraron en 7 y 6 localidades, respectivamente. Ambas especies tienen una amplia

distribución en la isla.

De acuerdo a la distribución batimétrica de los equinodermos, se diferenciaron 3 tipos de ambientes: intermareal, submareal somero y submareal profundo (Cuadro 3). En la zona intermareal, constituida principalmente por pozas de marea de hasta un metro de profundidad en las playas rocosas, se registraron 13 especies. Los holoturoideos fueron los mejor representados en este ambiente con 6 especies, siendo *Holothuria lubrica* la más abundante. Las especies *Echinometra vanbrunti*, *Holothuria impatiens*, *H. kefersteini*, *H. lubrica* y *Ophiocoma aetiops* se registraron únicamente en el ambiente intermareal.

El mayor número de especies (25) se registró en las zonas someras del submareal, hasta los 20 m de profundidad; donde el erizo *Diadema mexicanum* fue el más abundante. Las especies exclusivas de este ambiente fueron los asteroideos *Acanthaster ellisii*, *Gymnasteria spinosa*, *Mithrodia bradleyi*, *Nidorellia armata*, *Pentacaster cumingi*, *Phataria unifascialis*; los ofiuroideos *Ophioderma panamense*, *Ophiotela mirabilis*; los equinoideos *Arbacia incisa*, *Brissus latecarinatus*, *Centrostephanus coronatus*, *Toxopneustes roseus*, *Tripneustes depressus*; y los holoturoideos *Euapta godeffroyi*, *Holothuria atra*, *H. imitans* e *Isostichopus fuscus*. Finalmente, en la zona submareal profunda (> 20 m de profundidad), solamente se registró el asteroideo *Luidia tessellata*, perteneciente a un género cuyas especies viven en aguas someras sobre sustratos arenosos o arenosos lodosos (Caso, 1995).

La composición de especies de equinodermos de Isla Isabel tiene relativamente poca similitud con otras localidades del Pacífico mexicano (Fig. 4). Sin embargo, presenta una mayor afinidad con las localidades norteañas, que corresponden a la subprovincia biogeográfica del Golfo de California como Cabo Pulmo (Cintra-Buenrostro et al., 1998), Bahía Loreto (Holguín-Quñones et al., 2000) y la Bahía de La Paz (Solís-Marín et al., 1997) con las que obtiene valores de similitud según el índice de Jaccard de 41.66, 37.20 y 28.12, respectivamente (Cuadro 4). En el caso de las localidades de la porción centro-sur, que corresponden a la subprovincia biogeográfica Mexicana (Brown y Lomolino, 1998), la fauna de equinodermos de Isla Isabel tiene todavía menor similitud, como en el caso de Barra de Navidad, Jalisco (Rodríguez-Cajiga, 1993) y La Entrega, en Oaxaca (Zamorano y Leyte-Morales, 2005), donde la coincidencia de especies entre localidades corresponde a valores del índice de Jaccard de 22.22 y 18.91, respectivamente. En realidad, la fauna de equinodermos de Isla Isabel coincide en 27 especies con las localidades del golfo de California (Cabo Pulmo, Bahía Loreto y Bahía La Paz) y sólo en 13 especies con las localidades centro-sur del Pacífico mexicano (Barra

Cuadro 1. Lista de las especies de equinodermos encontrados en Isla Isabel, Nayarit, México

<i>Clase</i>	<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	<i>Especie</i>		
Asteroidea	Paxillosida	Luidiidae	<i>Luidia (Petalaster) tessellata</i> Lütken, 1859		
		Valvatida	Oreasteridae	<i>Nidorellia armata</i> (Gray, 1840)	
	Asteropseidae		<i>Pentaceraster cumingi</i> (Gray, 1840)		
	Acanthasteriidae		<i>Gymnasteria spinosa</i> Gray, 1840		
	Mithrodiidae		<i>Acanthaster ellisii</i> Gray, 1840		
	Ophidiasteridae		<i>Mithrodia bradleyi</i> Verrill, 1870		
	Ophiuroidea	Ophiurida	Ophiocomidae	<i>Pharia pyramidatus</i> (Gray, 1840)	
<i>Phataria unifascialis</i> (Gray, 1840)					
Ophionereidae			<i>Ophiocoma aethiops</i> Lütken, 1859		
			<i>Ophiocoma alexandri</i> Lyman, 1860		
			<i>Ophionereis annulata</i> (Le Conte, 1851)		
Ophiodermatidae			<i>Ophioderma panamense</i> Lütken, 1859		
Ophiothricidae			<i>Ophiothela mirabilis</i> Verrill, 1867		
Echinoidea			Cidaroida	Cidaridae	<i>Eucidaris thouarsii</i> (Valenciennes, 1846)
				Diadematoidea	Diadematidae
			Phymosomatoida		<i>Centrostephanus coronatus</i> (Verrill, 1867)
	Echinoida	Arbaciidae	<i>Arbacia incisa</i> (A. Agassiz, 1863)		
		Toxopneustidae	Echinometridae	<i>Echinometra vanbrunti</i> A. Agassiz, 1863	
			<i>Tripneustes depressus</i> (A. Agassiz, 1863)		
Holothuroidea	Spatangoida	Brissidae	<i>Toxopneustes roseus</i> (A. Agassiz, 1863)		
			<i>Brissus latecarinatus</i> (Leske, 1778)		
	Aspidochirotida	Holothuriidae	<i>Holothuria (Halodeima) kefersteini</i> Selenka, 1867		
			<i>Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea</i> Jaeger, 1833		
			<i>Holothuria (Selenkothuria) lubrica</i> Selenka, 1867		
			<i>Holothuria (Semperothuria) imitans</i> Ludwing, 1874		
			<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i> Semper, 1868		
		<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i> (Forskål, 1775)			
		<i>Holothuria (Thymiosycia) hilla</i> Lesson, 1830			
		<i>Holothuria atra</i> (Jaeger, 1833)			
		<i>Isostichopus fuscus</i> (Ludwing, 1874)			
	Apodida	Synaptidae	<i>Euapta godeffroyi</i> (Semper, 1868)		

de Navidad y La Entrega).

Discusión

Aunque Isla Isabel tiene una extensión pequeña, con una línea de costa aproximadamente de 6.5 km, la riqueza específica de equinodermos es considerable e incluye especies representativas de otras localidades del golfo

de California (Cintra-Buenrostro et al., 1998; Holguín-Quiñones et al., 2000; Solís-Marín et al., 2005) y el Pacífico centro-sur mexicano (Rodríguez-Cajiga, 1993; Zamorano y Leyte-Morales, 2005). La isla presenta gran variedad de ambientes con sustratos rocosos, arenosos y mixtos, que son propicios para el desarrollo de los equinodermos. Los microambientes de grietas y cuevas en las rocas del submareal somero son el hábitat característico de erizos y estrellas de mar, mientras que las pozas de marea y los

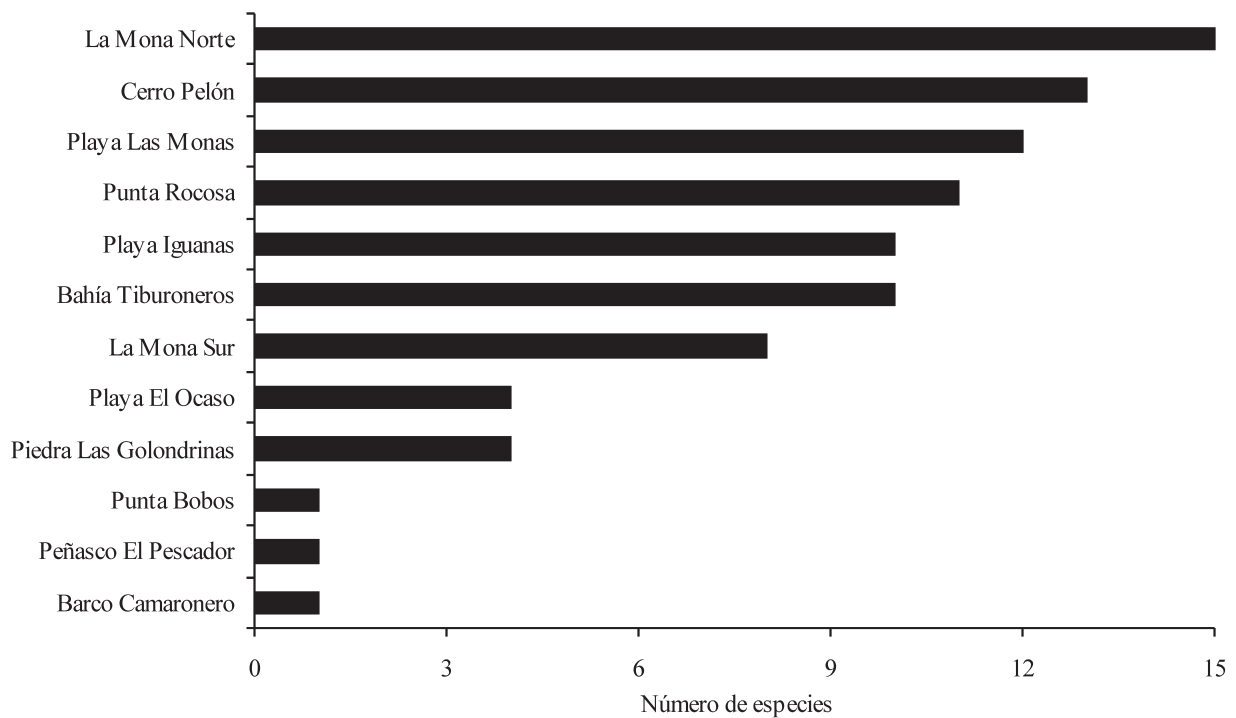


Figura 2. Riqueza específica de equinodermos por localidad en Isla Isabel.

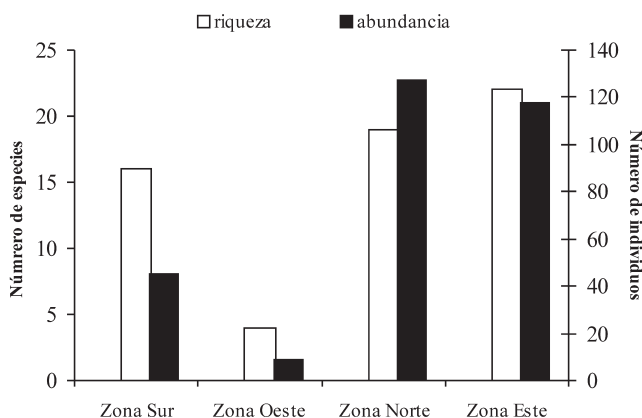


Figura 3. Valores de abundancia (Núm. de organismos) y riqueza (Núm. de especies) de equinodermos en las diferentes zonas en Isla Isabel.

sitios protegidos debajo de las rocas sueltas del intermareal, para los pepinos y ofiuros (Hickman, 1998). También existen hábitats muy particulares, como es el caso de las formaciones coralinas de la isla compuestas principalmente por corales ramosos del género *Pocillopora*, formaciones a las cuales se asocia la estrella *Acanthaster ellisii*; de la misma forma, la estrella gris *Luidia tessellata* fue registrada

únicamente en los fondos arenosos del submareal más profundo (≥ 20 m) de aguas adyacentes a la isla.

Isla Isabel está ubicada en la boca del golfo de California, que es una región de transición e influenciada por la temporalidad de los grandes procesos de circulación superficial del Pacífico oriental (Wyrski, 1965, 1966; Badan, 1997; Zamudio et al., 2001). Son importantes en esta región la corriente costera de Costa Rica (CCCR) que se encuentra más desarrollada de agosto a diciembre, y se debilita de febrero a abril; mientras que de mayo a julio la convergencia intertropical regresa a su posición boreal, y la contracorriente ecuatorial reaparece rodeando el domo de Costa Rica, para alimentar la CCCR hasta cabo Corrientes, aproximadamente a 125 km al sur de Isla Isabel. En consecuencia, la boca del golfo de California es considerada una zona frontal de gran variabilidad ambiental, por la influencia de las aguas frías provenientes del norte y las aguas cálidas del sur (McLain et al., 1985). Posiblemente la alternancia de periodos cálidos y templados propicia las condiciones para el desarrollo de una biota marina característica para la isla con elementos de zonas templadas y tropicales, coincidiendo con el área de transición de las subprovincias biogeográficas del Golfo de California y Mexicana (Brown y Lomolino, 1998). Esta variabilidad ambiental se refleja en la composición de los invertebrados bentónicos de la isla, en este caso de

Cuadro 2. Índice de valor biológico para los equinodermos de Isla Isabel

<i>Especies</i>	<i>IVB</i>	<i>A</i>	<i>AR</i>	<i>ARA</i>	<i>FR</i>
<i>Diadema mexicanum</i>	68	53	17.73	17.73	58.33
<i>Toxopneustes roseus</i>	60	19	6.35	24.08	33.33
<i>Phataria unifascialis</i>	46	31	10.37	34.45	16.67
<i>Pharia pyramidatus</i>	45	10	3.34	37.79	41.67
<i>Ophiocoma alexandri</i>	44	16	5.35	43.14	16.67
<i>Holothuria lubrica</i>	43	9	3.01	46.15	58.33
<i>Isostichopus fuscus</i>	34	8	2.68	48.83	41.67
<i>Eucidaris thouarsii</i>	33	35	11.71	60.54	50.00
<i>Tripneustes depressus</i>	29	4	1.34	61.87	33.33
<i>Ophiocoma aethiops</i>	28	4	1.34	63.21	41.67
<i>Holothuria impatiens</i>	25	4	1.34	64.55	25.00
<i>Holothuria hilla</i>	25	3	1.00	65.55	25.00
<i>Holothuria arenicola</i>	24	5	1.67	67.22	25.00
<i>Acanthaster ellisii</i>	21	4	1.34	68.56	16.67
<i>Ophionereis annulata</i>	20	4	1.34	69.90	25.00
<i>Brissus latecarinatus</i>	19	5	1.67	71.57	8.33
<i>Centrostephanus coronatus</i>	18	33	11.04	82.61	33.33
<i>Euapta godeffroyi</i>	18	4	1.34	83.95	25.00
<i>Echinometra vanbrunti</i>	17	2	0.67	84.62	33.33
<i>Ophiotella mirabilis</i>	15	29	9.70	94.31	16.67
<i>Mithrodia bradleyi</i>	15	2	0.67	94.98	25.00
<i>Holothuria fuscocinerea</i>	13	3	1.00	95.99	16.67
<i>Luidia tessellata</i>	11	4	1.34	97.32	16.67
<i>Ophioderma panamense</i>	11	1	0.33	97.66	8.33
<i>Holothuria atra</i>	6	1	0.33	97.99	8.33
<i>Holothuria imitans</i>	5	1	0.33	98.33	8.33
<i>Holothuria kefersteini</i>	5	1	0.33	98.66	8.33
<i>Arbacia incisa</i>	4	1	0.33	99.00	8.33
<i>Gymnasteria spinosa</i>	4	1	0.33	99.33	8.33
<i>Nidorellia armata</i>	4	1	0.33	99.67	8.33
<i>Pentaceraster cumingi</i>	1	1	0.33	100	8.33
Total		299	100		

IVB = Valor de *IVB*; *A* = Abundancia; *AR* = Abundancia relativa; *ARA* = Abundancia relativa acumulada; *FR* = Frecuencia.

los equinodermos, donde confluyen elementos de ambas subprovincias.

La elevada abundancia de equinoideos registrada en Isla Isabel, en particular de los erizos *Diadema mexicanum*, *Eucidaris thouarsii* y *Centrostephanus coronatus*, coincide con lo mencionado por Solís-Marín et al. (2005) sobre los equinodermos del golfo de California, quienes indican que se trata de especies abundantes y muy comunes. Lo mismo

sucede con el asteroideo *Phataria unifascialis*, especie también común en el golfo de California, junto con la estrella *Pharia pyramidatus*. Estas especies se encuentran en los ambientes intermareal y submareal sobre sustratos mixtos rocoso-arenosos, principalmente hasta los 20 m de profundidad. Un caso especial es el ofiuoideo *Ophiotella mirabilis* que sólo se le encuentra sobre gorgonáceos o espinas de los erizos punta de lápiz *Eucidaris thouarsii*

Cuadro 3. Distribución de las especies de equinodermos en los ambientes intermareal, submareal somero (< 20 m) y submareal profundo (30 m)

<i>Intermareal</i> ¹	<i>Submareal somero</i> ²	<i>Submareal profundo</i> ³
<i>Diadema mexicanum</i>	<i>Acanthaster ellisii</i>	<i>Luidia tessellata</i>
<i>Echinometra vanbrunti</i>	<i>Arbacia incisa</i>	
<i>Eucidaris thouarsii</i>	<i>Brissus latecarinatus</i>	
<i>Holothuria arenicola</i>	<i>Centrostephanus coronatus</i>	
<i>Holothuria fuscocinerea</i>	<i>Diadema mexicanum</i>	
<i>Holothuria hilla</i>	<i>Euapta godeffroyi</i>	
<i>Holothuria impatiens</i>	<i>Eucidaris thouarsii</i>	
<i>Holothuria kefersteini</i>	<i>Gymnasteria spinosa</i>	
<i>Holothuria lubrica</i>	<i>Holothuria arenicola</i>	
<i>Ophiocoma aethiops</i>	<i>Holothuria atra</i>	
<i>Ophiocoma alexandri</i>	<i>Holothuria fuscocinerea</i>	
<i>Ophionereis annulata</i>	<i>Holothuria hilla</i>	
<i>Phataria unifascialis</i>	<i>Holothuria imitans</i>	
	<i>Isostichopus fuscus</i>	
	<i>Mithrodia bradleyi</i>	
	<i>Nidorellia armata</i>	
	<i>Ophiocoma alexandri</i>	
	<i>Ophioderma panamense</i>	
	<i>Ophionereis annulata</i>	
	<i>Ophiotela mirabilis</i>	
	<i>Pentaceraster cumingi</i>	
	<i>Pharia pyramidatus</i>	
	<i>Phataria unifascialis</i>	
	<i>Toxopneustes roseus</i>	
	<i>Tripneustes depressus</i>	

¹Intermareal corresponde a las localidades Bahía Tiburoneros, Peñasco El Pescador, Playa El Ocaso, Playa Iguanas, Playa Las Monas y Punta Rocosa.

²Submareal somero corresponde a las localidades Bahía Tiburoneros, Cerro Pelón, La Mona Norte, La Mona Sur, Piedra Las Golondrinas, Playa Iguanas, Playa Las Monas, Punta Bobos y Punta Rocosa.

³Submareal profundo corresponde a la localidad Arrastre Camaronero.

(Hickman, 1998), por lo que sus registros se refieren a lugares muy específicos de la isla y en agregaciones de decenas de individuos. En Isla Isabel se le encontró tanto sobre *E. thouarsii* como sobre gorgonáceos del género *Leptogorgia*.

La distribución de equinodermos alrededor de la isla mostró una mayor abundancia y número de especies hacia

las zonas someras de las regiones norte y este, donde se presentan principalmente arrecifes rocosos y colonias coralinas dispersas con numerosas cavidades y grietas para refugio de estas especies. Estas zonas albergan la mayor biodiversidad de invertebrados (corales scleractinidos, gorgonáceos, gusanos poliquetos y moluscos) y peces en la isla. Los arrecifes rocosos, por sus características

Cuadro 4. Valores del índice de similitud de Jaccard obtenidos para las diferentes localidades del Pacífico mexicano

	<i>Cabo Pulmo</i>	<i>Bahía Loreto</i>	<i>La Paz</i>	<i>Isla Isabel</i>	<i>Barra de Navidad</i>	<i>La Entrega</i>
Cabo Pulmo	*	38.30	32.99	41.67	21.95	16.28
Bahía Loreto	*	*	29.03	37.21	17.14	5.13
La Paz	*	*	*	28.13	12.90	11.70
Isla Isabel	*	*	*	*	22.22	18.92
Barra de Navidad	*	*	*	*	*	13.04
La Entrega	*	*	*	*	*	*

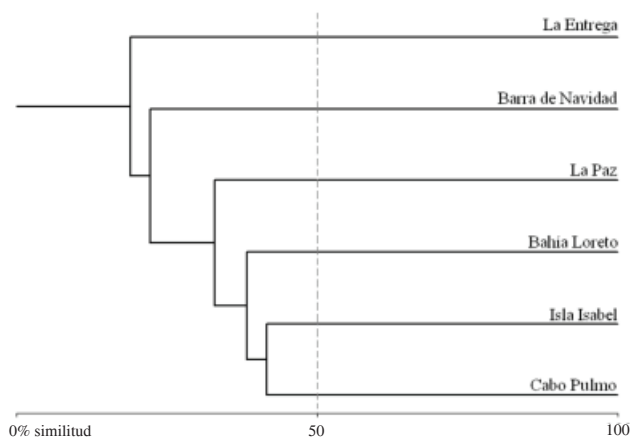


Figura 4. Dendrograma de similitud del índice de Jaccard entre diferentes localidades del Pacífico mexicano.

topográficas, son ambientes propicios para una alta abundancia y riqueza de equinodermos, como se ha observado en diferentes localidades del Pacífico mexicano incluyendo el golfo de California (Solís-Marín et al., 1997; Cintra-Buenrostro et al., 1998; González-Medina et al., 2006); mientras que las localidades con formaciones coralinas suelen presentar menor riqueza y abundancia de equinodermos, como en el caso de las bahías de Huatulco en Oaxaca, México (Benítez-Villalobos, 2001; Zamorano y Leyte-Morales, 2005), Playa Blanca en el Pacífico colombiano (Toro-Farmer et al., 2004), incluso en el Caribe, como las islas Turks y Caicos en Bahamas (Vázquez-Domínguez, 2003). En Isla Isabel, se muestra una tendencia similar ya que en las localidades con fondos coralinos la riqueza y abundancia de equinodermos fue menor que en las localidades con fondos rocosos.

Isla Isabel cuenta con una biota marina importante que es representativa del Pacífico central mexicano y que deberá conservarse mediante una declaración oficial de área

protegida todavía inexistente. Preservar su biodiversidad y equilibrio ecológico es prioritario. Además, la isla ofrece beneficios a los pobladores de la región, generando actividades como la pesca y recreación durante recorridos en los senderos terrestres y el buceo scuba, que son actividades relevantes debido a su proximidad con el continente y belleza escénica natural. El presente estudio demuestra que la fauna de equinodermos de Isla Isabel es diversa y que además contiene elementos característicos de 2 diferentes subprovincias biogeográficas, incluyendo especies contenidas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001) como el pepino de mar *Isostichopus fuscus*. Sin embargo, se requieren más estudios, tanto en aguas someras como profundas para conocer mejor y completar el listado de especies que ahí habitan.

Agradecimientos

A los profesores y estudiantes del Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura de la Universidad de Guadalajara por su apoyo durante las salidas de campo. Al personal de la CONANP en San Blas, Nayarit por el apoyo logístico durante las visitas al Parque Nacional Isla Isabel. A Alicia de la Luz Durán González y Juan Torres Vega, técnicos académicos del laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por las labores técnicas desarrolladas en el presente trabajo. De manera especial, a Alejandra Martínez Melo. Este estudio fue financiado por la CONABIO (Proyecto BK018) y por la UdeG.

Literatura citada

Badan, A. 1997. La corriente costera de Costa Rica en el Pacífico mexicano. *In* Contribuciones a la oceanografía física en

- México, Monografía. 3, M. F. Lavín (ed.). Unión Geofísica Mexicana, México, D. F. p. 99-112.
- Becerra, C. D. 2000. Algunos parámetros poblacionales del caracol púrpura *Plicopurpura pansa* (Cossman, 1903) y su fauna asociada en la isla Isabel, Nayarit. Tesis, Facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit. 140 p.
- Benítez-Villalobos, F. 2001. Comparación de la comunidad de equinodermos asociada a arrecifes en dos localidades de las bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 5:19-24.
- Briggs, J. C. 1974. *Marine zoogeography*. McGraw-Hill, New York. 461 p.
- Brown, J. H. y M. V. Lomolino. 1998. *Biogeography*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts. 691 p.
- Camacho-Castañeda, M. E. 1996. Aspectos taxonómicos y distribución geográfica de cinco familias de camarones Caridea (Crustácea: Decápoda), en Nayarit, México. Tesis, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 161 p.
- Carriquiry, J. D. y H. Reyes-Bonilla. 1997. Community structure and geographic distribution of the coral reefs of Nayarit, Mexican Pacific. *Ciencias Marinas* 23:227-248.
- Caso, M. E. 1961. Los equinodermos de México. Tesis doctorado Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 338 p.
- Caso, M. E. 1978. Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 1. Órdenes Cidaroida y Aulodonta; Parte 2, Órdenes Stiridonta y Camarodonta. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México. Publicación Especial 1. 244 p.
- Caso, M. E. 1980. Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 3. Orden Clypeasteroida. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México. México. Publicación Especial 4. 252 p.
- Caso, M. E. 1983. Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 4. Órdenes Cassiduloida y Spatangoida. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México. Publicación Especial 6. 200 p.
- Caso, M. E. 1995. Las especies del género *Luidia*, Forbes y *Astropecten* Gray del Caribe mexicano, colectadas en las campañas oceanográficas Proibe II-III-IV-V a bordo del B/O "Justo Sierra". *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México 22:1-25.
- Cintra-Buenrostro, C. E., H. Reyes-Bonilla y O. Arizpe-Covarrubias. 1998. Los equinodermos (Echinodermata) del arrecife de Cabo Pulmo, Pacífico de México. *Revista de Biología Tropical* 46:341-344.
- Durham, J. W. y J. L. Barnard. 1952. Stony corals of the eastern Pacific collected by the Velero III and Velero IV. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 16:1-110.
- González-Medina, F. J., O. E. Holguín-Quiñones y G. De la Cruz Agüero. 2006. Variación espaciotemporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 32:33-44.
- Gotshall, D. W. 1987. *Marine animals of Baja California*. Sea Challengers, Monterey, California. 113 p.
- Hendrickx, M. E. 1997. Los cangrejos braquiuros (Crustacea: Brachyura: Dromiidae, hasta Leucosiidae) del Pacífico mexicano. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, D.F. 178 p.
- Hernández-Álvarez, M. C. 1995. Taxonomía y distribución de la familia Porcellanidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) del Pacífico mexicano. Tesis, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 106 p.
- Hickman, C. P. 1998. *A field guide to sea stars and other echinoderms of Galápagos*. Sugar Spring, Virginia. 83 p.
- Holguín-Quiñones, O. E., H. Wright-López y F. A. Solís-Marín. 2000. Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea en fondos someros de la Bahía de Loreto, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 48:749-757.
- James, D.W. 2000. Diet, movement, and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in the Gulf of California, México. *Marine Biology* 137:913-923.
- Kertstich, A. 1989. *Sea of Cortez marine invertebrates. A guide for the Pacific coast from Mexico to Ecuador*. Sea Challengers, Monterey, California. 115 p.
- Lira-Fernández, E. 1992. Taxonomía y distribución geográfica de la superfamilia Xanthoidea (Crustacea, Decapoda, Brachyura) de las islas del Golfo de California, México. Tesis, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 169 p.
- Loya-Salinas, D. H. y A. Escofet. 1990. Aportaciones al cálculo del Índice de Valor Biológico (Sanders, 1960). Contribution to the calculation of the Biological Value Index (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas* 16:97-115.
- MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. 1967. *Island biogeography*. Princeton University Press, New Jersey. 203 p.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- Maluf, L. Y. 1988. Composition and distribution of the central eastern Pacific echinoderms. *Natural History Museum of Los Angeles County Technical Reports* 2:1-242.
- Mare, F. J. 1942. Marine benthic community, with special reference to microorganisms. *Marine Biological Association (United Kingdom)* 25:461-482.
- McLain, D. R., R. E. Brainard y J. G. Norton. 1985. Anomalous warm events in eastern boundary current systems. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations. Data Report* 26:51-64.
- Pérez-Jiménez, J. C. 2001. Análisis de la pesquería artesanal de tiburones y rayas de Isla Isabel, Nayarit, México. Tesis maestría, División de Oceanología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, BCS. 75 p.
- Ríos-Jara, E., Pérez-Peña, M., López-Uriarte, E., Enciso-Padilla, I., Robles Jarero, E. G., Martínez-Zatarain, A., Maciel-Fores, R., Davidova, V., Michel-Morfin, E. y C. E. López-Rivas. 2003. Estudio previo justificativo para la declaratoria bajo régimen de protección de la zona marina adyacente al Parque Nacional Isla Isabel. Informe interno. World Wildlife Foundation-Programa Golfo de California. San Carlos, Sonora. 154 p.
- Rodríguez-Cajiga, S. 1993. Macrofauna de la Laguna Barra de Navidad, Jalisco. 499-508 p. *In Biodiversidad marina y costera de México*, S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González

- (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 865 p.
- Sanders, H. L. 1960. Benthic studies in Buzzard Bay. III. The structure of the soft-bottom community. *Limnology and Oceanography* 5:38-153.
- Solís-Marín, F. A., M. D. Herrero-Pérezrul, A. Laguarda-Figuera y J. Torres-Vega. 1993. Asteroideos y equinoideos de México (Echinodermata). *In* Biodiversidad marina y costera de México, S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. p. 91-105.
- Solís-Marín, F. A., H. Reyes-Bonilla, M. D. Herrero-Pérezrul, O. Arizpe-Covarrubias y A. Laguarda-Figuera. 1997. Sistemática y distribución de los equinodermos de la bahía de La Paz. *Ciencias Marinas* 23:249-263.
- Solís-Marín, F. A., A. Laguarda-Figuera, A. Durán-González, C. Gust-Ahearn y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical* 53 (Suppl. 3):123-137.
- Stiling, P. 1999. *Ecology; theories and applications*. Prentice Hall, New York. 840 p.
- Toro-Farmer, G., J. R. Cantera, E. Londoño-Cruz, C. Orozco y R. Neira. 2004. Patrones de distribución y tasas de bioerosión del erizo *Centrostephanus coronatus* (Diadematoida: Diadematidae), en el arrecife de Playa Blanca, Pacífico colombiano. *Revista de Biología Tropical* 52:67-76.
- Vázquez-Domínguez, E. 2003. Diversidad y distribución de crustáceos y equinodermos y su relación con niveles de sedimentación en arrecifes coralinos. *Revista de Biología Tropical*, 51:183-194.
- Wyrtki, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* 9:271-304.
- Wyrtki, K. 1966. Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 4:33-68.
- Zamorano, P. y G. E. Leyte-Morales, 2005. Cambios en la diversidad de equinodermos asociados al arrecife coralino de La Entrega, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 9:19-28.
- Zamudio, L., A. P. Leonardi, S. D. Meyers y J. J. O'Brien. 2001. ENSO and Eddies on the Southwest Coast of Mexico. *Geophysical Research Letters* 28:13-16.