

12 *Equinodermos*

María Dinorah Herrero-Pérezrul,
Héctor Reyes-Bonilla, Adriana González-
Azcárraga, Carlos E Cintra-Buenrostro y
Aracely Rojas-Sierra

INTRODUCCIÓN

Los equinodermos son uno de los grupos con mayor relevancia ecológica en arrecifes rocosos o coralinos, tanto en aguas someras como en zonas abisales. Esto se debe a que son eslabones fundamentales de las redes tróficas al fungir como depredadores (tanto carnívoros como herbívoros), detritívoros y filtradores (Lawrence 1987).

El tipo de alimentación de las especies influye en la estructura comunitaria de los arrecifes y en la composición de sus poblaciones. Se reconoce la importancia ecológica de los equinodermos como holoturias y ofiuros recicladores, quienes al alimentarse de sedimento transforman la materia orgánica y la hacen accesible a otros organismos; además, oxigenan el sedimento (Jangoux y Lawrence 1982, Menge 1982, Lawrence 1987, Brusca y Brusca 2003).

En particular, las estrellas de mar (asteroideos) son consideradas como depredadoras importantes en mares tropicales y subtropicales (Brusca 1980, Solís-Marín *et al.* 1993, Cintra-Buenrostro *et al.* 1998), pues suelen ser nocivas para muchas especies de moluscos y crustáceos de importancia comercial (Keough y Butler 1979, Arsenault y Himmelman 1996). Por otro lado, los erizos y galletas de mar (equinoideos) controlan la biomasa de algas con sus actividades herbívoras y producen bioerosión, ayudando al balance de

carbonatos en zonas arrecifales (De Ruyter van Steveninck y Bak 1986, Levitan 1988, Coyer *et al.* 1993, Bak 1994, McClanahan *et al.* 1996, Griffin *et al.* 2003). Sin embargo, la bioerosión puede tener efectos negativos en las comunidades arrecifales cuando las poblaciones de erizos crecen de forma acelerada (Glynn 1988, Bak 1994, Eakin 1996).

Existen excelentes estudios taxonómicos de estos dos grupos en el Pacífico Oriental Tropical, y particularmente han llamado la atención en México, donde se han generado ya importantes trabajos de este tipo (Verrill 1867; Caso 1944, 1961, 1974, 1978; Solís-Marín *et al.* 1993; Cintra-Buenrostro 2001). Sin embargo, existen muy pocos estudios relacionados con la estructura comunitaria de las especies de equinodermos. Por otro lado, los trabajos de Maluf (1988) y Solís-Marín *et al.* (1997) describen aspectos biogeográficos de los equinodermos en el Pacífico Oriental Tropical.

El objetivo del presente trabajo fue actualizar el listado de especies de erizos y estrellas de mar de la región de Bahía de los Ángeles (BLA), y discutir algunos aspectos ecológicos como la abundancia, riqueza y diversidad de las especies.

METODOLOGÍA

Para estimar la abundancia de erizos y estrellas de mar en la zona de BLA se visitaron 6 localidades: Isla Coronaditos (29°05'N; 113°32'W), lado este de Isla Smith (29°05'N; 113°30'W), Isla Mitlán (29°03'N; 113°32'W), bajo frente a la punta sureste de La Ventana (28°59'N; 113°30'W), Punta El Quemado (28°57'N; 113°25'W) y Punta El Soldado (28°51'N; 113°21'W). En cada una se hicieron 4 transectos de 25 × 2 m, donde se contaron los especímenes de los grupos de interés. Posteriormente los datos fueron transformados a individuos por metro cuadrado y extrapolados a individuos por hectárea. Con la información original se estimaron los siguientes índices:

Diversidad de Shannon-Wiener (H'): que considera la proporción de la abundancia de las especies y su riqueza dentro de la muestra. El índice se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$H' = -\sum (n_i/N) \log (n_i/N)$$

donde N es el número total de individuos de todas las especies en cada censo y n_i es el número de individuos de la especie i en un censo.

La uniformidad o equitatividad de Pielou (J') estandariza el valor de H' en una escala simple (de 0 a 1) y se representa de la siguiente manera:

$$J' = H'/\log S$$

donde H' es el índice de Shannon-Wiener ya definido y S es el número de especies contadas en el censo.

Además de los índices anteriores se estimó la distintividad taxonómica ($\Delta+$; Clarke y Warwick 2001). Este índice, además de considerar la riqueza y la abundancia, evalúa la distancia taxonómica existente entre cada par de individuos presentes, la cual se encuentra definida mediante un árbol de clasificación linneana. Dependiendo del número de niveles utilizados, cada uno recibe un valor discreto y proporcional dentro de una escala de 100 unidades. El índice se considera uno de los medidores más precisos, en un sentido estricto de la biodiversidad (Warwick y Clarke 2001).

Los valores de los índices se analizaron con las pruebas de Kolmogorov-Smirnoff y Levene para determinar si existía normalidad y homoscedasticidad. Después, se compararon los valores de cada uno de los índices mediante un análisis de varianza de una vía ($\alpha = 0.05$) (Zar 1999), utilizando como factores a cada una de las regiones visitadas. En caso de que existiesen diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey para detectar su origen (Day y Quinn 1989).

Finalmente, se estimó el grado de semejanza entre localidades de muestreo utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (el cual considera en conjunto la presencia y abundancia de las especies; Krebs 1999), y a partir de la matriz de similitud obtenida se realizó un análisis de ordenación con la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS; Clarke y Warwick 2001). Esta técnica es utilizada para expresar las similitudes entre diferentes asociaciones bióticas en un espacio matemático definido por ellas mismas, permitiendo que un conjunto de objetos pueda ser plasmado en un mapa de dos o tres dimensiones. Dicho mapa expresa la distancia relativa entre los puntos (Clarke y Warwick *op. cit.*). Se consideró que el nivel de stress del NMDS no excediera un valor de 0.10 (McCune *et al.* 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura comunitaria de erizos regulares

Se encontraron cinco especies de erizos en BLA. La especie dominante fue *Arbacia incisa* (tabla 1), que representó 89% de todos los individuos censados, seguida lejanamente por *Eucidaris thouarsii* (7%). Las otras tres especies encontradas (*Centrostephanus coronatus*, *Toxopneustes roseus* y *Echinometra vanbrunti*) sumaron apenas 4% de la abundancia estimada. Cabe mencionar que las especies que aparecieron más frecuentemente fueron *Centrostephanus coronatus* y *Eucidaris thouarsii*, que se observaron en casi todos los transectos (tabla 1).

Tabla 1. Abundancia estimada de especies de asteroideos y equinoideos en Bahía de los Ángeles durante agosto de 2004. * Especie observada pero que no apareció en los transectos

	Abundancia media + error típico (ind ha ⁻¹)	Frecuencia de ocurrencia (n = 24 censos)
Echinoidea		
<i>Arbacia incisa</i>	31,558 + 12,223	50%
<i>Eucidaris thouarsii</i>	2,558 + 708	83%
<i>Centrostephanus coronatus</i>	1,175 + 283	88%
<i>Toxopneustes roseus</i>	17 + 12	8%
<i>Echinometra vanbrunti</i>	8 + 8	4%
Promedio general de abundancia	35,317 + 12,094	
Riqueza total de la región	5	
Asteroidea		
<i>Phataria unifascialis</i>	1,958 + 371	23/24
<i>Pharia pyramidatus</i>	683 + 122	17/24
<i>Pentaceraster cumingi</i>	167 + 68	7/24
<i>Heliaster kubiniji</i>	17 + 12	2/24
<i>Tamaria stria</i>	*	
Promedio general de abundancia	2,826 + 468	
Riqueza total de la región	6	

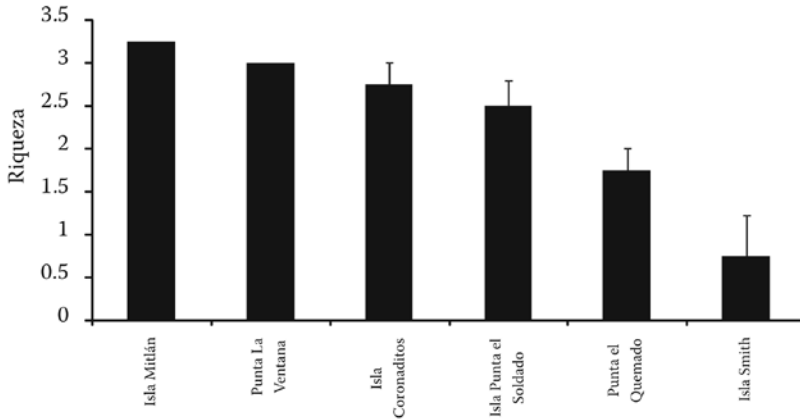
La dominancia de *A. incisa* dentro de una comunidad de erizos de zona rocosa es un evento poco común en el Pacífico Mexicano. De hecho la especie ni siquiera aparece citada en los estudios disponibles donde se presentan datos de abundancia o densidad de individuos (Reyes-Bonilla 1995, Caso *et al.* 1996, Benítez-Villalobos 2001, Holguín-Quiñones *et al.* 2000). La abundancia de este erizo puede ser indicativa de su resistencia a aguas frías, atestiguada por la presencia de poblaciones tan al sur como Chile, y tan al norte como California, EUA (Anexo 1). Por otra parte, es interesante constatar que de acuerdo con la literatura, las especies de erizo que dominan los hábitats rocosos varían notablemente en el Pacífico Mexicano (Caso *et al.* 1996, Benítez-Villalobos 2001, Holguín-Quiñones *et al.* 2000). Se ha citado como especies dominantes a *Echinometra vanbrunti* para Bahía de Loreto, BCS (25°N; Holguín-Quiñones *et al.* 2000) y Mazatlán, Sinaloa (21°N; Caso *et al.* 1996); a *Tripneustes depressus* en Punta Arenas, BCS (24°N; González-Peláez 2001); a *Eucidaris thouarsii* en Cabo Pulmo, BCS (23°N; Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilera 1999); o a *Diadema mexicanum* en las Islas Revillagigedo (Colima), y las Bahías de Huatulco en Oaxaca (18°N y 15°N, respectivamente; Reyes-Bonilla 1995, Benítez-Villalobos 2001).

Dada la gran variabilidad de las especies y su abundancia por sitios, los resultados del presente estudio sirven para apoyar la hipótesis de que no existe homogeneidad en la estructura comunitaria de los equinoideos en BLA. Este hallazgo es relevante ya que las asociaciones de peces y corales en la región son notablemente parecidas (Robertson y Allen 2002, Reyes-Bonilla 2003) y lo mismo parece ocurrir a lo largo de todo el Pacífico Mexicano (Herrero-Pérezrul *et al.* en preparación). La diversidad de especies de erizos de mar puede atribuirse a la enorme variabilidad en el reclutamiento, el cual puede cambiar incluso en órdenes de magnitud en años consecutivos (Cameron y Schroeter 1980, Lambert y Harris 2000).

La riqueza de especies de erizos mostró un cambio gradual en BLA ($F_{5,18} = 10.4$, $P = 8.1728 \times 10^{-5}$), siendo Isla Mitlán la que presentó el valor más alto. Punta La Ventana, Isla Coronaditos y Punta El Soldado presentaron valores similares, seguidas por Punta El Quemado, mientras que Isla Smith fue la que tuvo el valor más bajo (fig. 1).

Las tres localidades con mayor riqueza (Isla Mitlán, Punta La Ventana e Isla Coronaditos) se encuentran situadas en zonas relativamente protegi-

Figura 1. Riqueza específica de equinoideos en Bahía de los Ángeles, BC.



das de la bahía, mientras que las tres restantes ocupan áreas más expuestas. Holguín-Quiñones *et al.* (2000) describieron un patrón similar para Loreto, encontrando mayor riqueza en zonas continentales que en las insulares. En contraste, Caso *et al.* (1996) muestran que la mayor riqueza de especies de erizos en Mazatlán ocurrió en las islas que circundan el puerto, pero es baja en el margen costero. La discrepancia entre las conclusiones alcanzadas en los diversos estudios, permite ver que no es factible generalizar los patrones en cuanto al número de especies de erizos presentes en zonas rocosas expuestas a distintos niveles de perturbación natural.

El índice de diversidad presentó diferencias significativas dentro de la zona de estudio ($F_{5,18} = 4.750$, $P = 0.006$), siendo Punta El Soldado la que presentó los valores más altos ($H' = 0.649$, $J' = 0.753$), lo mismo ocurrió con la equitatividad de Pielou ($F_{5,18} = 3.699$, $P = 0.018$) (figs. 2, 3). Lo anterior estuvo relacionado con la dominancia de dos especies de erizos, *Eucidaris thouarsii* y *Centrostephanus coronatus*, muy abundantes en el sitio. Los valores de ambos índices fueron bajos comparados con los calculados para Loreto, que se estimaron a partir de los promedios de abundancia de las especies presentadas por Holguín-Quiñones *et al.* (2000) ($H' = 1.3$, $J' = 0.81$) o para Mazatlán analizando sólo erizos regulares ($H' = 1.03$, $J' = 0.64$; Caso *et al.* 1996), pero mayores a los observados en La Mixteca, Oaxaca, por Benítez-Villalobos (2001; $H' = 0.0098$, $J' = 0.622$). Estos índices resultan con valores bajos cuan-

Figura 2. Diversidad de equinoideos en Bahía de los Ángeles, BC.

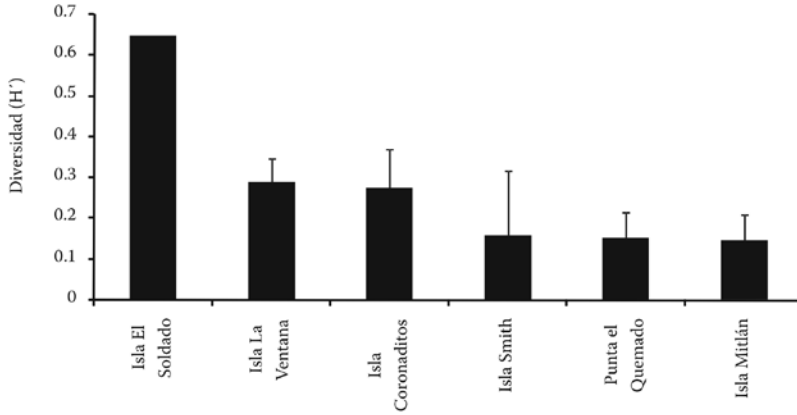
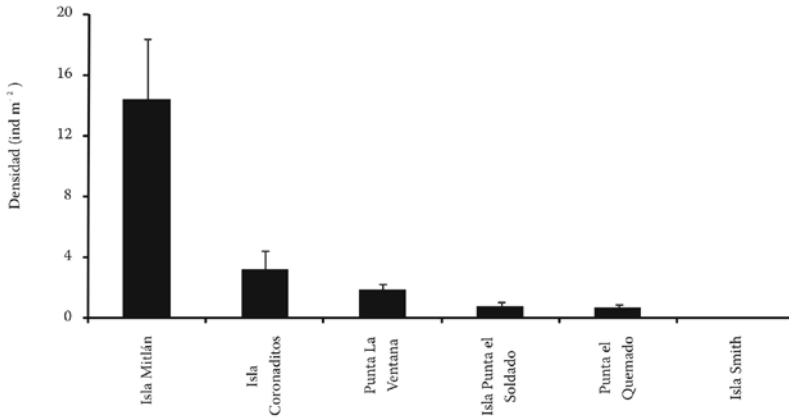


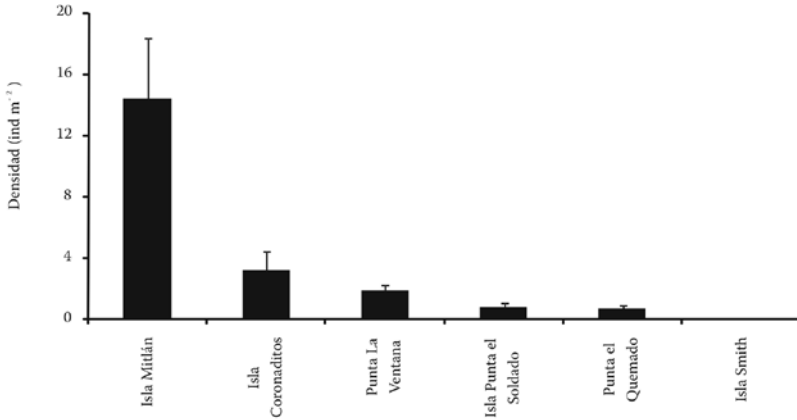
Figura 3. Equitatividad de equinoideos en Bahía de los Ángeles, BC.



do la comunidad está dominada numéricamente por alguna especie (Clarke y Warwick 2000).

Finalmente, con relación a la abundancia total de los individuos, la localidad con el valor más alto de este indicador de la estructura comunitaria fue la Isla Mitlán (fig. 4), con una diferencia estadísticamente significativa ($F_{5,18} = 10.419, P = 8.07673 \times 10^{-5}$), lo que se debe a que en el sitio se censó casi 75%

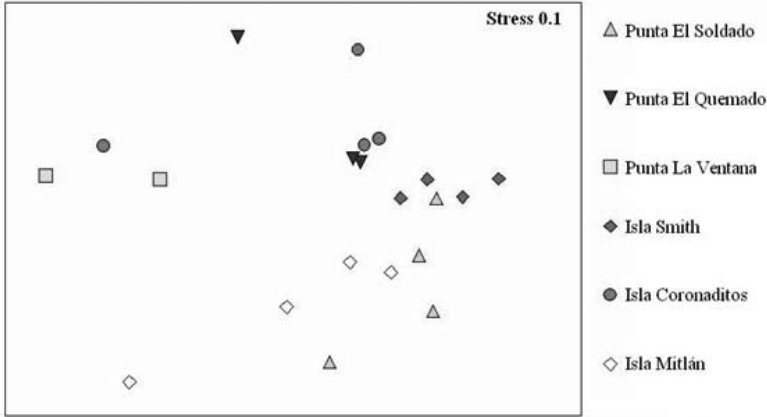
Figura 4. Densidad de equinoideos en Bahía de los Ángeles, BC.



de todos los individuos de *A. incisa*. Debido a la diferencia en los métodos de muestreo utilizados en este trabajo y los que han aparecido en la literatura, no es posible hacer comparaciones muy precisas. Sin embargo, exceptuando al erizo *A. incisa*, las demás especies presentaron densidades menores a 0.5 ind m⁻², cifras similares a las registradas en Loreto (Holguín-Quiñones *et al.* 2000) o a las observadas comúnmente en Bahía de La Paz, BCS. (24° N; González-Azcárraga *et al.* 2006).

En el NMDS (fig. 5) se puede observar que algunos puntos de Isla La Ventana y de Isla Coronaditos se agruparon separados de los demás. Es posible que esto se encuentre relacionado con el tipo de hábitat que prefieren y por tanto con la disponibilidad de alimento. Los erizos prefieren sitios rocosos, donde existen tapetes de algas e invertebrados de los cuales se alimentan (James 2000, Lawrence 2001). Ambas zonas se encuentran en sitios protegidos de la bahía y presentaron valores altos de riqueza y diversidad. Sin embargo, el análisis mostró poca separación entre localidades obteniendo un valor de $S = 0.1$, lo que parece indicar que BLA no presenta diferencias en su estructura comunitaria.

Figura 5. Escalamiento multidimensional no métrico para los equinoideos de Bahía de los Ángeles, BC.



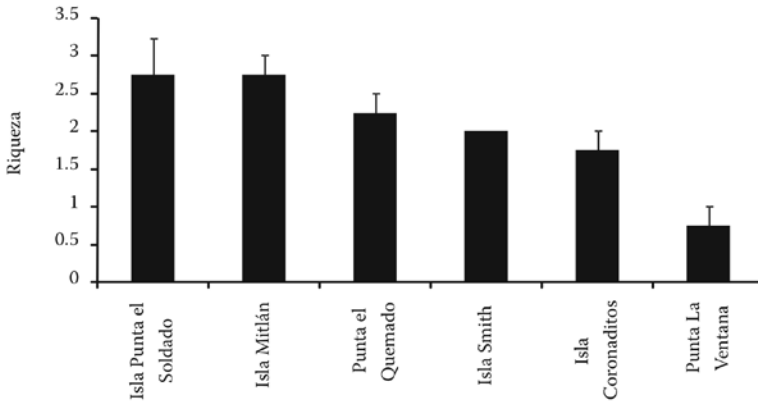
Estructura comunitaria de asteroideos

En BLA se encontraron cuatro especies de asteroideos. La más importante por su abundancia y frecuencia de aparición fue *Phataria unifascialis*, observada en 69% de los transectos. La siguiente fue *Pharia pyramidatus*, correspondiendo a 24 % de los organismos censados. Las dos estrellas restantes (*Pentaceraster cumingi* y *Heliaster kubiniji*) sumaron apenas 5% (tabla 1).

Las estrellas *P. unifascialis* y *P. pyramidatus* también han sido registradas como dominantes en la región de BLA (Morgan y Cowles 1996), así como en Loreto, BCS y Mazatlán, Sinaloa (Caso *et al.* 1996, Holguín-Quiñones *et al.* 2000); son frecuentemente observadas en la Bahía de La Paz, BCS, y en las bahías de Huatulco, en Oaxaca (Reyes-Bonilla *et al.* 2005, González-Azcárraga *et al.* 2006). Su distribución es muy homogénea, por lo que pueden considerarse como ubicuas en el Pacífico Mexicano. Cabe mencionar que también se observó la estrella *Tamaria stria* en la región, pero no apareció en ninguno de los transectos. La especie habita generalmente aguas más profundas y fondos arenosos (Maluf 1988), mientras que este trabajo se enfocó únicamente a fondos rocosos someros, menores de 20 m de profundidad.

La riqueza de especies de estrellas de mar también presentó un cambio gradual entre localidades ($F_{5,18} = 7.017, P = 0.008$; fig. 6). Punta el Soldado, Isla

Figura 6. Riqueza específica de asteroideos en Bahía de los Ángeles, BC.



Mitlán y Punta El Quemado presentaron valores similares; lo mismo ocurrió con Isla Smith e Isla Coronaditos, pero con valores menores. La prueba de Tukey detectó que Punta la Ventana fue la que ocasionó las diferencias estadísticas en este índice ecológico. El índice de diversidad también presentó diferencias significativas entre localidades ($F_{5,18} = 8.940$, $P = 0.002$; fig. 7), donde Isla Mitlán y Punta el Quemado fueron similares entre sí, pero diferentes a las otras tres (Punta El Soldado, Isla Smith e Isla Coronaditos). Cabe mencionar que en Punta El Soldado se encontraron presentes las 4 especies de asteroideos, mientras que en Punta la Ventana se encontró únicamente *P. unifascialis*. Debido a los bajos valores, se decidió eliminar esta última localidad de los cálculos de diversidad y uniformidad, encontrando entonces que no hubo diferencias significativas (H' : $F_{4,15} = 2.259$, $P = 0.111$; J' : $F_{4,15} = 1.977$, $P = 0.149$). Caso *et al.* (1996) observaron que las asociaciones de estrellas de mar en Mazatlán tuvieron un valor de diversidad similar al de BLA ($H' = 0.69$), pero menor uniformidad ($J' = 0.62$, tomando en ambos casos el número total de ejemplares encontrados). Ello indica que el grado de dominancia de las especies más comunes es menor en el norte que en el sur del Golfo de California.

Respecto a la abundancia, Isla Smith fue la que presentó el valor más alto, con casi 30 ind m⁻² (fig. 9); sin embargo, sólo se encontraron dos especies de estrellas en este sitio, *P. unifascialis* y *P. pyramidatus*. En segundo lugar se

Figura 7. Diversidad de asteroideos en Bahía de los Ángeles, BC.

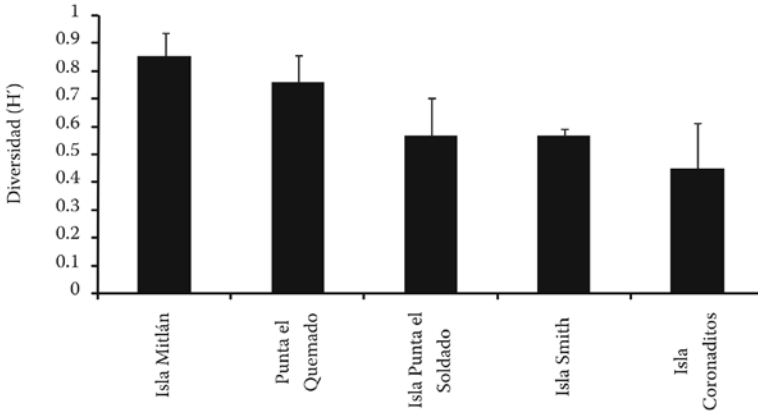
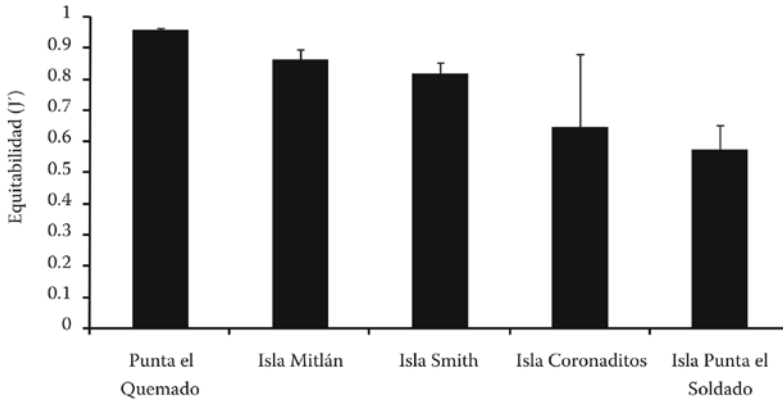
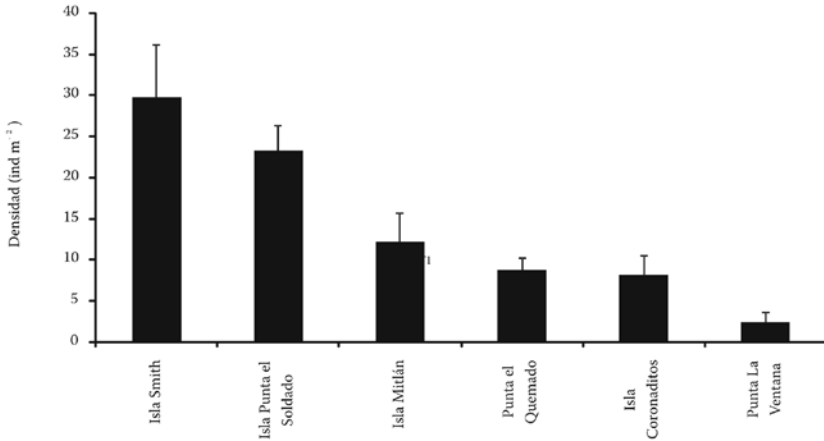


Figura 8. Equitatividad de asteroideos en Bahía de los Ángeles, BC.



encontró Isla Mitlán, con 12.25 ind m⁻², en donde se observaron tres especies de estrellas (*P. unifascialis*, *P. pyramidatus* y *P. cumingi*). Por otro lado, Punta El Quemado e Isla Coronaditos, presentaron valores menores debido a la presencia de *P. unifascialis* y *P. pyramidatus*. Punta La Ventana presentó los valores más bajos, ya que ahí sólo se contaron 10 ejemplares de *P. unifascialis*. En este estudio quedó en evidencia que la especie dominante en la región fue la estrella *P. unifascialis*. No obstante, de acuerdo con Paine (1966)

Figura 9. Densidad de asteroideos en en Bahía de los Ángeles, BC.

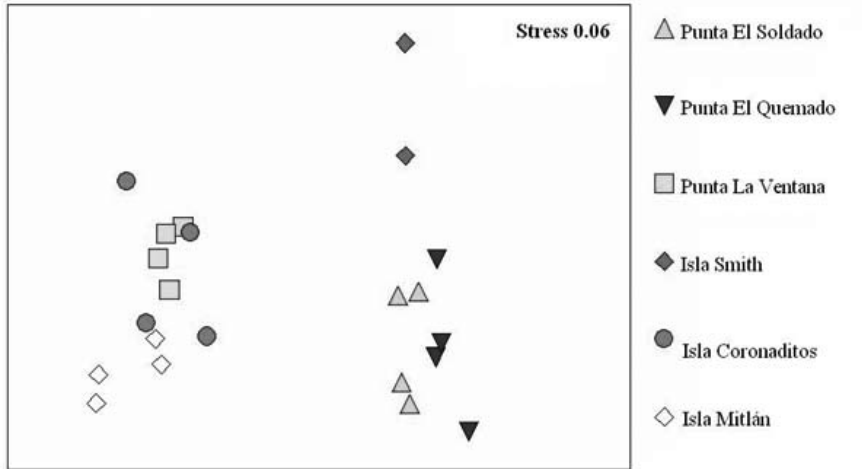


y Brusca (1980), *H. kubiniji* era el asteroideo más abundante en el norte del Golfo de California antes de los años ochenta. Sin embargo, un evento de mortalidad masiva posiblemente causado por un patógeno o quizá por los efectos del fenómeno de El Niño 1982, provocó que los números de esta especie bajaran drásticamente (Dungan 1982, Brusca *et al.* 2004), de tal forma que en la actualidad ocupa un lugar secundario en la comunidad (tabla 1). Es lógico pensar que la sustitución de una especie carnívora generalista como *H. kubiniji* por especies herbívoras como *P. unifascialis* y *P. pyramidatus*, puede haber modificado la estructura comunitaria de los invertebrados de BLA, pero al carecer de información sobre las comunidades locales a lo largo del tiempo, no es factible determinarlo.

El NMDS mostró 2 grupos principales con un valor bajo de $S = 0.06$ (fig. 10), uno compuesto por Punta La Ventana, Isla Coronaditos e Isla Mitlán, sitios que se consideran protegidos y presentan bajas abundancias; mientras que el segundo grupo estuvo conformado por Punta El Quemado, Punta El Soldado e Isla Smith, que son las zonas más expuestas de la bahía. Isla Smith quedó ligeramente separada de su grupo y destacó por los altos valores de abundancia de *P. unifascialis* y *P. pyramidatus*.

La diferencia entre equinoideos y asteroideos estriba en que las zonas fuera de la bahía tuvieron la mayor abundancia de asteroideos, mientras que

Figura 10. Escalamiento multidimensional no métrico para los asteroideos de Bahía de los Ángeles, BC.



lo opuesto ocurrió para los erizos. Considerando que los equinoideos son eminentemente herbívoros y los asteroideos encontrados son carnívoros y herbívoros, el patrón observado puede indicar que las partes externas en la zona de estudio proveen mayor cantidad de invertebrados que pudieran servir de alimento a las estrellas, mientras que las partes protegidas permiten el desarrollo de comunidades algales y favorecen la presencia de erizos.

Se puede concluir que la fauna de erizos en BLA no presenta una estructura homogénea, observándose la preferencia de algunas especies por áreas protegidas, mientras que en la fauna de asteroideos ocurre lo contrario, prefiriendo éstos áreas expuestas. La hidrodinámica de la bahía es una fuerza directriz que condiciona la preferencia del hábitat de ambos grupos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue realizado por la UABCS en colaboración con el CIBNOR-BCS. Queremos agradecer al Luís E Calderón Aguilera por financiar parte de este estudio con el proyecto SEMARNAT-CONACyT (clave: 37528-B); a Gustavo Daneman y Fermín Smith de PRONATURA Noroeste por el uso de sus instalaciones en BLA y por todo el apoyo brindado para la realización de

este trabajo, y a Andrés González Peralta su ayuda durante todo el trabajo de campo. Se agradecen las observaciones hechas por los revisores.

Resumen

Estrellas y erizos de mar juegan un papel relevante en las comunidades arrecifales, pues influyen sobre la distribución y abundancia de las especies residentes. Dado lo poco que se conoce sobre la estructura comunitaria de los equinodermos en México, el objetivo del presente trabajo fue actualizar el listado de especies de equinoideos y asteroideos en la región de Bahía de los Ángeles, BC, y discutir algunos aspectos ecológicos, como riqueza, diversidad y abundancia de ambos grupos. Se visitaron 6 localidades (Isla Coronaditos, Isla Smith, Isla Mitlán, Punta La Ventana, Punta El Quemado y Punta El Soldado). En cada una se realizaron 4 transectos de 25×2 m (50 m^2) entre 0 y 20 m de profundidad. Se estimaron los índices de Shannon-Wiener, uniformidad de Pielou, distintividad taxonómica y similitud de Bray-Curtis. A partir de la matriz de similitud obtenida, se aplicó la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS, por sus siglas en inglés) para diferenciar grupos. En BLA se identificaron cinco especies de equinoideos y cuatro de asteroideos. El erizo más abundante fue *Arbacia incisa*, pero los más frecuentes en los transectos fueron *Centrostephanus coronatus* y *Eucidaris thouarsii*. La estrella de mar más abundante y frecuente fue *Phataria unifascialis* y la menos lo fue *Heliaster kubiniji*. Los índices ecológicos variaron dentro y entre los grupos. Los erizos tuvieron en general una mayor riqueza específica que las estrellas, siendo Isla Mitlán el sitio con mayor riqueza y abundancia, pero con menor diversidad de erizos; Punta El Soldado tuvo mayor diversidad de erizos, aunque éstos fueron menos abundantes. Para las estrellas de mar la diversidad y riqueza más altas se encontraron en Punta El Soldado e Isla Mitlán, respectivamente, pero fue en Isla Smith donde se encontró la mayor densidad de individuos. Los erizos presentan una estructura heterogénea dentro de la bahía prefiriendo áreas protegidas, mientras que las estrellas prefirieron zonas expuestas.

Abstract

Starfish and sea urchins play an important role in reef communities, influencing the distribution and abundance of resident species. Given the poor knowledge of the echinoderm community structure in Mexico, the list of echinoidea and asteroidea species in the region of Bahía de los Ángeles (BLA), Baja California, was updated in order to discuss some ecological aspects such as species richness, diversity and abundance for both groups. Six locations were visited within Bahía de los Ángeles: Isla Coronaditos, Isla Smith, Isla Mitlán, Punta La Ventana, Punta El Quemado and Punta El Soldado. In each location, four transects of 25 × 2 m (50 m²) at depths of 0 to 20 meters were assessed. The Shannon-Wiener diversity, Pielou uniformity and Bray-Curtis similarity indices were estimated in addition to the taxonomic variation for each location. To compliment the similarity matrix obtained, nonmetric multidimensional scaling (NMDS) was used to differentiate between groups. In BLA, five species of echinoidea and four species of asteroidea were identified. The most abundant sea urchin was *Arbacia incise*; however, the most frequently observed in transects were *Centrostephanus coronatus* and *Eucidaris thouarsii*. The most abundant and frequent starfish was *Phataria unifascialis* while the least one was *Heliaster kubinij*. The values for the ecological indices varied within and among groups. In general, sea urchins had higher species richness than starfish. Isla Mitlán was identified as the site with the highest overall species richness and abundance, but with the lowest diversity of sea urchins. Conversely, Punta El Soldado had the highest diversity of sea urchins even though they were least abundant at this location. For starfish, diversity and species richness were highest in Punta El Soldado and Isla Mitlán, respectively, but it was in Isla Smith where the highest density of individuals was found. The communities of sea urchins show a heterogenic structure inside the bay, preferring sheltered areas, while starfish prefer exposed zones.

REFERENCIAS

- Arsenault DJ, Himmelman JH. 1996. Size-related changes in vulnerability to predators and spatial refuge by juvenile Iceland scallops *Chlamys islandica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 140: 115–122.

- Bak RPM. 1994. Sea urchin bioerosion on coral reefs: place in the carbonate budget and relevant variables. *Coral Reefs* 13: 99–103.
- Benítez-Villalobos F. 2001. Comparación de la comunidad de equinodermos asociada a dos arrecifes, en dos localidades de las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 5: 19–24.
- Brusca RC. 1980. *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California*. 2nd. Ed. Univ. Arizona Press, Tucson.
- Brusca RC, Brusca GJ. 2003. *Invertebrados*. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid, 1005 pp.
- Brusca RC, Kimrey E, Moore W. 2004. *A seashore guide to the northern Gulf of California*. Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson.
- Cameron RA, Schroeter SC. 1980. Sea urchin recruitment: effect of substrate selection on juvenile distribution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2: 243–247.
- Caso ME. 1944. Estudios sobre asteridos de México. Algunas especies interesantes de asteridos litorales. *An. Inst. Biol. UNAM* 15: 237–259.
- Caso ME. 1961. Los equinodermos de México. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias UNAM, 338 pp.
- Caso ME. 1974. Contribución al conocimiento de los equinoideos de México. El género *Tripneustes* Agassiz. Morfología y ecología de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck). *An. Centro Cien. Mar Limnol. UNAM* 1(1): 1–24.
- Caso ME. 1978. Los equinoideos del Pacífico de México. Parte 1. Ordenes Cidaroidea y Aulodonta; Parte 2. Ordenes Stiridonta y Camarodonta. *An. Centro Cien. Mar Limnol. UNAM Publ. Esp.* (1): 244 pp.
- Caso ME, Laguarda-Figueras A, Solís-Marín FA, Ortega-Salas A, Durán-González A. 1996. Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. UNAM* 22: 101–119.
- Cintra-Buenrostro CE. 2001. Los Asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) de aguas someras del Golfo de California, México. *Oceánides* 16: 49–90.
- Cintra-Buenrostro CE, Reyes-Bonilla H, Arizpe-Covarrubias O. 1998. Los equinodermos (Echinodermata) del arrecife de Cabo Pulmo, Pacífico de México. *Rev. Biol. Trop.* 46: 341–344.
- Clarke KR, Warwick RM. 2001. *Change in marine communities*. 2nd ed. Primer E-Ltd. Plymouth, 176 pp.
- Coyer JA, Ambrose RF, Engle JM, Carroll JC. 1993. Interactions between corals and

- algae on a temperate zone rocky reef: mediation by sea urchins. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 167: 21–37.
- Day RW, Quinn GP. 1989. Comparisons of treatments after an analysis of variance in Ecology. *Ecol. Monogr.* 59: 433–463
- De Ruyter van Steveninck ED, Bak RPM. 1986. Changes in abundance of coral-reef bottom components related to mass mortality of the sea urchin *Diadema antillarum*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 34: 87–94.
- Dungan ML. 1982. Catastrophic decline of a top carnivore in the Gulf of California rocky intertidal zone. *Science* 216: 989–991.
- Eakin CM. 1996. Where have all the carbonates gone? A model comparison of calcium carbonate budgets before and after the 1982–1983 El Niño at Uva Island in the eastern Pacific. *Coral Reefs* 15: 109–119.
- Glynn PW. 1988. El Niño warming, coral mortality and reef framework destruction by echinoid bioerosion in the eastern pacific. *Galaxea* 7: 129–160.
- González-Azcárraga A. 2006. Estructura de las asociaciones de erizos de mar (Echinoidea: Regularia) en arrecifes rocosos del este del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz, BCS, México.
- González-Peláez SS. 2001. Biología poblacional del erizo café *Tripneustes depressus* A. Agassiz, 1863 (Echinodermata: Echinoidea), en el sur del Golfo de California, México. Tesis de licenciatura. UABCS. La Paz, BCS, México, 80 pp.
- Gotshall DW. 1987. *Marine animals of Baja California*. Sea Challengers, Monterey.
- Griffin SP, Garcia RP, Weil E. 2003. Bioerosion in coral reef communities in southwest Puerto Rico by the sea urchin *Echinometra viridis*. *Mar. Biol.* 143: 79–84.
- Herrero-Pérezrul MD, Calderón-Aguilera LE, Álvarez-Filip L, Cupul-Magaña AL, Leyte-Morales GE, López-Uriarte E, Medina-Rosas P y Reyes-Bonilla H. Patrones ecológicos de estrellas y erizos de mar en el Pacífico Mexicano. En preparación.
- Holguín-Quñones O, Wright-López H, Solís-Marín FA. 2000. Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea en fondos someros de la Bahía de Loreto, BCS, México. *Rev. Biol. Trop.* 48: 749–757.
- James DW. 2000. Diet, movement and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rodolith beds in the Gulf of California, México. *Mar. Biol.* 137: 913–923.
- Jangoux M, Lawrence JM. 1982. *Echinoderm nutrition*. Balkema, Amsterdam, 254 pp.
- Kerstitch A. 1989. *Sea of Cortez marine invertebrates. A guide for the Pacific coast Mexico to Ecuador*. Sea Challengers, San Francisco.

- Keough MJ, Butler AJ. 1979. The role of asteroid predators in the organization of a sessile community on pier pilings. *Mar. Biol.* 51(2): 166–177.
- Krebs CJ. 1999. Ecological methodology. 2nd ed. Harper and Row, New York, 620 pp.
- Lambert D, Harris LG. 2000. Larval settlement of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in the southern Gulf of Maine. *Invert. Biol.* 119: 403–409.
- Lawrence J. 1987. *A Functional Biology of Echinoderms*. Croom Helm. Gran Bretaña, 340 pp.
- Lawrence J. 2001. The edible sea urchins. En: JM Lawrence (ed.), *Edible sea urchins: Biology and Ecology*. Elsevier. Amsterdam. Pp. 1–4.
- Levitan DR. 1988. Density-dependent size regulation and negative growth in the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi. *Oecologia*. 76: 627–629.
- Maluf LY. 1988. Composition and distribution of the central eastern Pacific echinoderms. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles County Tech. Rep.* 2: 1–242.
- McClanahan TR, Kamakuru AT, Muthiga NA, Yebio MG, Obura D. 1996. Coral reef restoration: Effect of sea urchin reductions on algae, coral and fish assemblages. *Cons. Biol.* 10: 136–154.
- McCune B, Grace JB, Urban DL. 2002. *Analysis of ecological communities*. MJM Software Design, Glenden Beach, 300 pp.
- Menge BA. 1982. Effects of feeding on the environment. En: M Jangoux, JM Lawrence (eds.), *Echinoderm nutrition*. Balkema, Amsterdam. Pp. 521–551.
- Morgan MB, Cowles DL. 1996. The effects of temperature on the behavior and physiology of *Phataria unifascialis* (Gray) (Echinodermata, Asteroidea). Implications for the species distribution in the Gulf of California, Mexico. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 208: 13–27.
- Paine RT. 1966. Food web complexity and species diversity. *Amer. Nat.* 100: 65–75.
- Reyes-Bonilla H. 1995. Asteroidea and Echinoidea (Echinodermata) from Isla San Benedicto, Revillagigedo Archipelago, Mexico. *Rev. Inv. Cient. UABCS, ser. C. Mar* 6: 29–38.
- Reyes-Bonilla H. 2003. Coral reefs of the Pacific coast of México. en: J Cortés (ed.), *Latin American Coral reefs*. Elsevier, Amsterdam. Pp. 331–349.
- Reyes-Bonilla H, Calderón-Aguilera LE. 1999. Population density, distribution and consumption rates of three corallivores at Cabo Pulmo reef, Gulf of California, Mexico. *Mar. Ecol.* 20 (3–4): 347–357.
- Reyes-Bonilla H, González-Azcárraga A, Rojas-Sierra A. 2005. Estructura de las asociaciones de estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop. Supl.* 53(3): 233–244.

- Robertson DR, Allen GR. 2002. Fishes of the tropical eastern Pacific. Smithsonian Institution. CD Version .1.0.0
- Solís-Marín FA, Herrero-Pérezrul MD, Laguarda-Figuera A, Torres-Vega J. 1993. Asteroideos y equinoideos de México (Echinodermata). En: S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO/CIQRO, Chetumal. Pp. 91–105.
- Solís-Marín FA, Reyes-Bonilla H, Herrero-Pérezrul MD, Arizpe-Covarrubias O, Laguarda-Figuera A. 1997. Systematics and distribution of echinoderms from La Paz Bay, México. *Cienc. Mar.* 23: 249–263.
- Verrill AE. 1867. Notes on the echinoderms of Panama and the west coast of America, with descriptions of new genera and species. *Trans. Conn. Acad. Arts Sci.* 1: 328–338.
- Warwick RM, Clarke KR. 2001. Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* 39: 207–231.
- Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1046 pp.

Anexo 1. Lista sistemática y distribución de Echinoidea y Asteroidea en
Bahía de los Ángeles

Taxón	Ámbito de distribución geográfica
<i>Phylum Echinodermata</i> Brugiére, 1791	
Clase Echinoidea	
Orden Cidaroida	
<i>Eucidaris thouarsii</i> (Valenciennes, 1846)	Golfo de California (34°N) a Ecuador (2°S)
<i>Hesperocidaris asteriscus</i> Clark, 1948	Golfo de California (29°N) a Panamá (7°N)
<i>H. perplexa</i> (Clark, 1907)	Golfo de California (29°N) a Perú (15°S)
Orden Diadematoida	
Familia Diadematidae	
<i>Astropyga pulvinata</i> (Lamarck, 1816)	Golfo de California (29°N) a Ecuador (2°S)
<i>Centrostephanus coronatus</i> (Verrill, 1867)	Golfo de California (31°N) a Perú (3°S)
<i>Diadema mexicanum</i> Agassiz, 1863	Golfo de California (31°N) a Galápagos, Ecuador (0°N)
Orden Arbacioida	
<i>Arbacia incisa</i> (Agassiz, 1863)	Golfo de California (31°N) a Chile (16°S)
Orden Temnopleuroida	
<i>Lytechinus pictus</i> (Verrill, 1867)	Golfo de California (31°N) a Ecuador (1°S)
<i>Toxopneustes roseus</i>	Golfo de California (29°N) a Ecuador (1°S)
<i>Tripneustes depressus</i> Agassiz, 1863	Golfo de California (29°N) a Galápagos, Ecuador (0°N)
Orden Echinoida	
Familia Echinometridae	
<i>Echinometra oblonga</i> (Blainville, 1825)	Golfo de California (29°N) a Islas Revillagigedo, México (18°N) y Galápagos, Ecuador (0°N)
<i>E. vanbrunti</i> Agassiz, 1863	Golfo de California (31°N) a Perú (6°S)
Orden Clypeasteroida	
Familia Clypeasteridae	
<i>Clypeaster europacificus</i> Clark, 1914	Golfo de California (30°N) a Ecuador (1°S)
<i>C. ochrus</i> Clark, 1914	Golfo de California (31°N) a Ecuador (2°S)
<i>C. rotundus</i> (Agassiz, 1863)	Golfo de California (31°N) a Ecuador (2°S)

(Continúa)

Anexo 1. (Continúa)

Taxón	Ámbito de distribución geográfica
<i>C. speciosus</i> Verrill, 1870	Golfo de California (31°N) a Galápagos, Ecuador (0°N)
Familia Mellitidae	
<i>Encope grandis</i> L. Agassiz, 1841	Golfo de California (31°N a 23°N)
<i>E. micropora</i> L. Agassiz, 1841	Golfo de California (31°N) a Perú (12°S)
<i>E. perspectiva</i> L. Agassiz, 1841	Golfo de California (29°N) a Galápagos, Ecuador (0°N)
<i>Mellita grantii</i> Mortensen, 1948	Golfo de California (31°N a 26°N)
<i>M. longifissa</i> Michelin, 1858	Golfo de California (31°N) a Ecuador (2°S)
Orden Holasteroidea	
Familia Schizasteridae	
<i>Agassizia scrobiculata</i> Valenciennes, 1846	Golfo de California (31°N) a Perú (5°S)
<i>Brissaster latrifrons</i> (A. Agassiz, 1898)	Mar de Bering (55°N) a Galápagos, Ecuador (0°N)
Familia Brissidae	
<i>Brissopsis pacifica</i> (A. Agassiz, 1898)	California, EUA (34°N) a Ecuador (1°S)
<i>Brissus. obesus</i> Verrill, 1867	Golfo de California (31°N) a Panamá (8°N)
<i>Meoma ventricosa grandis</i> Gray, 1851	Golfo de California (29°N) a Ecuador (1°S)
<i>Metalia nobilis</i> Verrill, 1867	Golfo de California (31°N) a Panamá (8°N)
<i>Plagiobrissus pacificus</i> Clark, 1940	Golfo de California (29°N) a Ecuador (1°S)
Familia Spantagidae	
<i>Nacospantagus depressus</i> Clark, 1917	California, EUA (34°N) a Cabo San Lucas, México (23°N)
<i>Spantagus californicus</i> Clark, 1917	Golfo de California (30°N) a Mazatlán, México (23°N)
Familia Loveniidae	
<i>Lovenia cordiformis</i> A. Agassiz, 1872	California, EUA (34°N) a Perú (5°S)
Clase Asteroidea Blainville, 1830	
Orden Paxillosida Perrier, 1884	
Familia Luidiidae Sladen, 1899	

(Continúa)

Anexo 1. (Continúa)

Taxón	Ámbito de distribución geográfica
<i>Luidia. armata</i> Ludwig, 1905	California, EUA (36°N) a Panamá (5°N)
<i>L. bellonae</i> Lutken, 1864	Golfo de California (30°N) a Chile 32°S)
<i>L. columbia</i> (Gray, 1840)	Golfo de California (31°N) a Perú (6°S)
<i>L. foliolata</i> Grube, 1865	Alaska (55°N) a Ecuador (0°N)
<i>L. phragma</i> Clark, 1910	Golfo de California (31°N) a Chile (32°S)
Familia Astropectinidae Gray, 1840	
<i>Astropecten armatus</i> Gray, 1840	California, EUA (33°N) a Perú (6°S)
<i>A. ornatissimus</i> Fisher, 1906	California, EUA (33°N) a Acapulco, Mex. (16°N)
<i>A. verrilli</i> Lorient 1899	California, EUA (38°N) a Panamá (7°N)
<i>Leptychaster stellatus</i> Ziesenhenné, 1942	Golfo de California (31°N) y costa occidental de Baja California (28°N)
<i>Tethyaster canaliculatus</i> (Clark, 1916)	Golfo de California (29°N) a Panamá 5°N)
<i>Trissacanthias penicillatus</i> (Fisher, 1905)	Golfo de California (29°N) hasta Washington, EUA (42°N)
Orden Valvatida Perrier, 1884	
Familia Odontasteridae Verrill, 1899	
<i>Odontaster crassus</i> Fisher, 1905	Golfo de California (29°N) hasta California, EUA (36°N)
Familia Goniasteridae Forbes, 1841	
<i>Ceramaster grenadiensis</i> Sladen, 1889	Mar de Bering (55°N) hasta Estrecho de Magallanes (52°S)
<i>Pseudarchaster pusillus</i> Fisher, 1905	Golfo de California (29°N) hasta California, EUA (36°N)
Familia Asterodiscididae Rowe, 1977	
<i>Amphiaster insignis</i> Perrier, 1875	Golfo de California (29°N) a Panamá (7°N)
Familia Oreasteridae	
<i>Pentaceraster cumingi</i> (Gray, 1840)	Golfo de California (30°N) a Perú (5°S)
Familia Asterinidae Gray, 1840	
<i>Asterina miniata</i> (Brandt, 1835)	Alaska (55°N) a Isla Clipperton (10°S)
Familia Asteropeidae Hotshkiss y Clark, 1976	
<i>Asteropsis carinifera</i> (Lamarck, 1816)	Golfo de California (29°N) a Islas Galápagos, Ecuador (0°N)

(Continúa)

Anexo 1. (Continúa)

Taxón	Ámbito de distribución geográfica
Familia Ophidiasteridae Verrill, 1870	
<i>Linckia columbiae</i> Gray, 1840	California, EUA (33°N) a Perú (5°N)
<i>Narcissia gracilis</i> Clark, 1916	Golfo de California (29°N) a Islas Galápagos, Ecuador (0°N)
<i>Pharia pyramidatus</i> (Gay, 1840)	California, EUA, a Perú (3o S)
<i>Phataria unifascialis</i> (Gray, 1840)	Costa occidental de Baja California (31°N) a Perú (3°S)
Familia Mithrodiidae Viguiet, 1876	
<i>Mithrodia bradleyi</i> Verrill, 1867	Costa occidental de Baja California (31°N) a Galápagos, Ecuador (0°N)
Familia Acanthasteridae Sladen, 1889	
<i>Acanthaster planci</i> (Linnaeus, 1758)	Golfo de California (29°N) a Nayarit, México (21°N), y Panamá (5°N)
Orden Spinulosida Perrier, 1884	
Familia Echinasteridae Verrill, 1870	
<i>Echinaster parvispinus</i> Clark, 1916	Golfo de California (31°N) a costa occidental de Baja California (26°N)
<i>E. tenuispinus</i> Verrill, 1871	California, EUA (32°N) a Panamá (5°N)
<i>Henricia clarki</i> Fisher, 1910	California, EUA (34°N) a Islas Revillagigedo, México (18°N)
Orden Forcipulatida Viguiet, 1879	
<i>Heliaster kubiniji</i> Xantus, 1860	California, EUA (32°N), a Panamá (5°N)
<i>H. microbrachius</i> Xantus, 1860	California, EUA (34°N) a Chile (32°S)
Familia Asteroidea Gray, 1840	
<i>Astrometis sertulifera</i> (Xantus, 1860)	Vancouver, Canadá (49°N) a Ecuador (6°S)
Género Sclerasterias Perrier, 1891	
<i>S. heteropaes</i> Fisher, 1924	California, EUA (36°N) a Isla Clarión, México (18°N)

Referencias: Maluf (1988), Solís Marín *et al.* (1993) y Cintra Buenrostro (1997).

