

Distribución y abundancia de equinodermos en las aguas someras de la Isla del Coco, Costa Rica (Pacífico Oriental)

Juan José Alvarado^{1,2} & Ángel Chiriboga³

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica; San Pedro, 11501-2060 San José, Costa Rica; (506) 207-3201; jualanva76@yahoo.com
2. The Nature Conservancy, San José, Costa Rica; (506) 520-8000; jalvarado@tnc.org
3. angel_chiriboga@brown.edu, achiriboga@cox.net

Recibido 12-IX-2007. Corregido 25-III-2008. Aceptado 11-VI-2008.

Abstract: Distribution and abundance of shallow water echinoderms from Cocos Island, Costa Rica, Eastern Pacific. The distribution patterns of the shallow water echinoderms (down to 18 m deep) around Isla del Coco, Costa Rica, are described. Eighteen sites were evaluated at two depths (6 and 15 m) using transects, and vertical profiles were done between 0 and 18 m deep at four sites. A total of 28 species were observed. The most specious class was Echinoidea with nine species, followed by Asteroidea with seven, and Ophiuroidea and Holothuroidea with six species each. The sea urchin *Diadema mexicanum* was the only echinoderm present at all sites and depths studied. The highest densities were observed at Dos Amigos at 6 m (6.53 indiv/m²), Punta Ulloa (4.37 indiv/m²), Roca Sumergida (3.48 indiv/m²) and Isla Pájara (2.27 indiv/m²). *Diadema* has shown in the past to be an important element in the balance and recovery of the coral environments. This study reports for the first time the presence in the area of the asteroid *Asteropsis carinifera* and the sea cucumber *Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea*. Rev. Biol. Trop. 56 (Suppl. 2): 99-111. Epub 2008 August 29.

Key words: density, echinodermata, *Diadema mexicanum*, Isla del Coco, Cocos Island, Costa Rica.

Los equinodermos son uno de los grupos de invertebrados más conocidos, exclusivamente marinos y generalmente bentónicos de aguas poco profundas (Ruppert & Barnes 1996). Estos organismos son miembros importantes de los arrecifes coralinos, y entender su ecología permite en gran medida entender la estructura y el funcionamiento de las comunidades coralinas. Algunas especies en particular pueden determinar la estructura y funcionamiento de las mismas a través de varios niveles tróficos y escalas geográficas (Lawrence 1975, Birkeland 1989).

El estudio de este grupo de organismos en la Isla del Coco, Costa Rica, se remonta a finales de 1800, cuando las expediciones del Dr. Alexander Agassiz a bordo del barco "Albatross" de la Comisión Pesquera de los Estados Unidos visitan el Pacífico Oriental

(Ludwig 1894, 1905, Lütken y Mortensen 1899, Agassiz 1904). Posteriormente, se realizaron otra serie de expediciones en el siglo XX entre las que destacan las expediciones de la Sociedad Zoológica de Nueva York a bordo del barco Zaca (Clark 1940) y las expediciones de los Veleros III y IV de la Fundación Allan Hancock (Ziesenhenné 1940, 1942, Deichmann 1942, 1958, H.L. Clark 1948), siendo estas últimas las que más especímenes recolectan y reportan para la Isla. A finales del siglo XX, se realizan una serie de investigaciones enfocadas a estudiar la filogeografía de varias especies de equinoideos presentes en la Isla del Coco (Palumbi 1996, Lessios *et al.* 1999, 2001, 2003, McCartney *et al.* 2000, Ziegler y Lessios 2003, 2004, Palumbi & Lessios 2005). Finalmente, Alvarado (en prensa) hace una revisión del estado de conocimiento de la diversidad de

equinodermos en la Isla del Coco y cita un total de 124 especies para la isla (35 Asteroidea, 30 Echinoidea, 30 Ophiuroidea, 27 Holothuroidea y dos Crinoidea).

Sin embargo, a pesar de estas investigaciones llevadas a cabo en aproximadamente 150 años, los estudios han estado enfocados a la realización de listados de especies, descripción de las mismas y estudios moleculares quedando un vacío de información en lo referente a la ecología de los equinodermos. Solamente tres trabajos recogen información ecológica (densidad y distribución) de tres especies de equinodermos (*Acanthaster planci*, *Diadema mexicanum* y *Echinothrix diadema*) (Guzman y Cortes 1992, 2007, Lessios *et al.* 1996). Por un lado, Lessios *et al.* (1996) indican la presencia, por primera vez en la Isla del Coco, de dos especies de diademátidos (*Echinothrix diadema* y *Echinothrix calamaris*) propios de la región del Indo-Pacífico, proponiendo su llegada gracias a la intensificación de la Contracorriente Ecuatorial del Norte debido al fenómeno de El Niño de 1982-83. Así mismo, proponen que las faunas de equinodermos de la Isla del Coco, así como del Archipiélago de Revillagigedo y el atolón de Clipperton, son una mezcla de dos provincias biogeográficas, Indo-Pacífico y Pacífico Oriental. Lessios *et al.* (1998) proponen que la Isla del Coco es un puente de entrada de especies entre ambos lados del Pacífico y que en ella se puede encontrar evidencia de flujos de genes a través de la barrera biogeográfica marina más grande del mundo. Por otro lado, Guzman y Cortés (1992) enfocan su estudio en el impacto del fenómeno de El Niño de 1982-83 en los arrecifes coralinos de la Isla del Coco, además, indican el daño que produce la estrella de mar *Acanthaster planci*, como depredador de coral, y del erizo *Diadema mexicanum*, como bioerosionador de coral. Presentan sus densidades en tres bahías de la Isla (Presidio, Chatham y Pacheco) y predicen que debido a la presencia de estos dos animales la recuperación de los arrecifes de la Isla tomará décadas. Posteriormente, Guzman y Cortés (2007) determinaron que las densidades de *A. planci* y *D. mexicanum* han disminuido

a través del tiempo lo que ha provocado un aumento en la cobertura coralina.

El objetivo del presente trabajo es describir los patrones de distribución de los equinodermos que habitan en aguas someras (hasta 18 m de profundidad) en diferentes sitios alrededor de la Isla del Coco, mediante un análisis de las especies que se encuentran asociadas a ambientes arrecifales. Este trabajo forma parte de un esfuerzo conjunto con el Archipiélago de Galápagos, la Isla de Malpelo y de Coiba, por evaluar el estado de conservación de los ecosistemas someros en las islas del Corredor Marino del Pacífico Oriental Tropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Isla del Coco se encuentra localizada en el Océano Pacífico (5°32' N y 87°04' W) (Fig. 1), y es la isla más remota de Costa Rica. Se encuentra localizada a 500 km al suroeste de Costa Rica y a 630 km de las Islas Galápagos. Posee un perímetro de 23.3 km y un área de 47 km² (Castillo *et al.* 1988) y posee un área marina de 1997 km². Fue reclamada por Costa Rica en 1832 y fue declarada parque nacional en 1978 (Boza 1978). En 1997 fue declarada Patrimonio Natural de la Humanidad por la UNESCO y en 1998 un humedal de importancia internacional (sitio RAMSAR). La isla es la única sección que se encuentra sobre el nivel del mar de la dorsal de Cocos, y posee un origen volcánico asociado al punto caliente de las Galápagos (Castillo *et al.* 1988).

La investigación se llevó a cabo entre el 31 agosto y el 10 setiembre 2007 a bordo del MV Proteus. Se evaluaron 18 sitios (Fig. 1) alrededor de la isla distribuidas de manera que cubrieran el total de la isla y sus islotes. En cada sitio se estudiaron dos profundidades (6 y 15 m) donde se efectuaron 3 transectos paralelos a la costa de 10 m de largo, distanciados uno de otro por 10 m, a lo largo de una línea continua de 50 m. En cada transecto se inspeccionó 1 m a cada lado mediante una varilla de PVC como referencia, cuantificando todos los equinodermos presentes sin levantar ninguna roca o coral, inspeccionando en

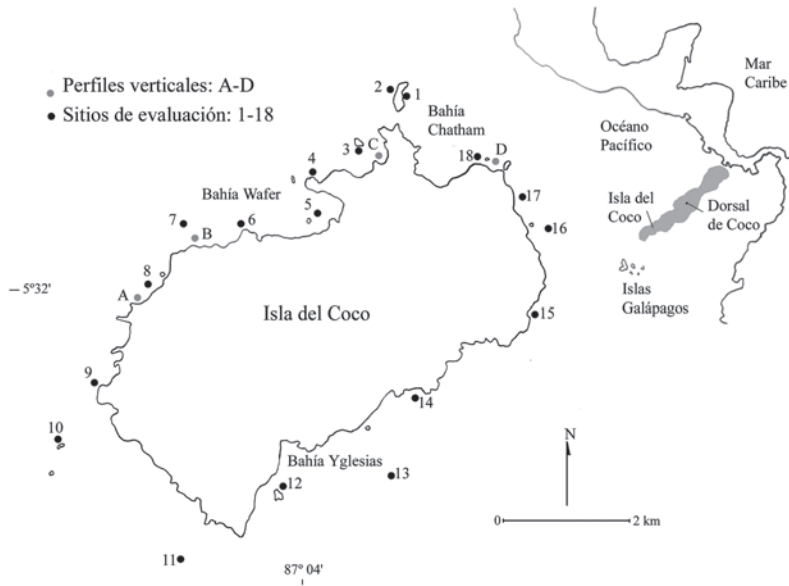


Fig. 1. Ubicación de los sitios de evaluación (1-18) y de perfiles verticales (A-D) en la Isla del Coco, Costa Rica, septiembre 2006. 1: Isla Manuelita; 2: Isla Manuelita NO; 3: Islote Pájara; 4: Punta Presidio; 5: Bahía Wafer; 6: Punta Gissler; 7: Roca Sucia; 8: Punta María; 9: Punta Leonel; 10: Dos Amigos; 11: Aleta de Tiburón; 12: Islote Muela; 13: Roca Sumergida; 14: Bahía Inútil; 15: Cabo Atrevido; 16: Rodolitos; 17: Punta Silverado; 18: Punta Ulloa. A: Punta María; B: Punta Gissler; C: Bahía Weston; D: Punta Ulloa.

Fig. 1. Location of the evaluation sites (1-18) and the vertical profiles (A-D) at Cocos Island, Costa Rica, September 2006. 1: Isla Manuelita; 2: Isla Manuelita NO; 3: Islote Pájara; 4: Punta Presidio; 5: Bahía Wafer; 6: Punta Gissler; 7: Roca Sucia; 8: Punta María; 9: Punta Leonel; 10: Dos Amigos; 11: Aleta de Tiburón; 12: Islote Muela; 13: Roca Sumergida; 14: Bahía Inútil; 15: Cabo Atrevido; 16: Rodolitos; 17: Punta Silverado; 18: Punta Ulloa. A: Punta María; B: Punta Gissler; C: Bahía Weston; D: Punta Ulloa.

detalle cualquier cavidad o hueco presente. Finalmente, se realizaron transectos verticales en cuatro sitios (Fig. 1; A-D), uno por sitio, desde la base del arrecife, aproximadamente 18 m y donde solo había arena, hasta la zona de oleaje (1-2 m profundidad), con el fin de describir la distribución vertical de *Diadema mexicanum* en los arrecifes.

Con el fin de determinar si existe una diferencia entre el total de individuos de *D. mexicanum* por profundidad se realizó un análisis de varianza. Este análisis se realizó con este erizo debido a que fue el elemento más abundante y común en todos los transectos (Cuadro 2 y 2). Todos los datos utilizados en los análisis estadísticos fueron transformados mediante la función de $\text{Log}_{10}(x+1)$. Para este estudio se utilizaron los paquetes estadísticos JMPin y Systat 8.0.

RESULTADOS

A lo largo del estudio, se observaron 28 especies de equinodermos (Cuadro 1) presentes entre 0 y 18 m de profundidad. La clase con más especies fue Echinodea con nueve especies, seguido por Asteroidea con siete, y Ophiuroidea y Holothuroidea con seis especies cada uno. El asteroideo *Asteropsis carinifera* y el pepino de mar *Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea* son nuevos informes para la isla.

A lo largo de los transectos se determinaron 11 especies de equinodermos (Cuadro 2 y 3). A 6 m se encontraron diez especies mientras que a 15 m nueve especies, difiriendo en la presencia del erizo *Echinometra vanbrunti* y el asteroideo *Nidorellia armata* que solo aparecieron a 6 m. Se observó la presencia de una estrella de la familia Ophidiasteridae que solo se pudo

CUADRO 1

Lista de equinodermos observados en los sitios de evaluación y en los perfiles verticales

TABLE 1

List of echinoderm species observed at the evaluation sites and along the vertical profiles

Clase Asteroidea

Orden Valvatida

Familia Asteropeidae *Asteropsis carinifera* (Lamarck, 1816)*

Familia Ophidiasteridae *Linkia columbiae* Gray, 1840

Linckia sp.

Familia Oreasteridae *Nidorellia armata* (Gray, 1840)

Pentaceraster cumingi (Linnaeus, 1758)

Familia Acanthasteridae *Acanthaster planci* (Linnaeus, 1758)

Familia Mithrodiidae *Mithrodia bradleyi* Verrill, 1867

Clase Ophiuroidea

Orden Ophiurida

Familia Ophiocomidae *Ophiocoma aethiops* Lütken, 1859

Ophiocoma alexandri Lyman, 1860

Ophicomella sp.

Familia Ophionereididae *Ophionereis* sp.

Familia Ophiodermatidae *Ophioderma* sp.

Familia Ophiactidae *Ophiactis* sp.

Clase Echinoidea

Orden Cidaroida

Familia Cidaridae *Eucidaris cf. galapagensis* Döderleini, 1887

Orden Diadematoidea

Familia Diadematidae *Diadema mexicanum* (Philippi, 1845)

Echinothrix diadema (Linnaeus, 1758)

Echinothrix calamaris (Pallas, 1774)

Orden Temnopleuroidea

Familia Toxopneustidae *Toxopneustes roseus* (A.Agassiz, 1863)

Tripneustes depressus A.Agassiz, 1863

Orden Echinoidea

Familia Echinometridae *Echinometra vanbrunti* (Linnaeus, 1758)

Echinometra oblonga (Blainville, 1825)

Orden Spatangoida

Familia Brissidae *Brissus* sp.

Clase Holothuroidea

Orden Aspidochirota

Familia Holothuridae *Holothuria (Halodeima) atra* (Jaeger, 1833)

Holothuria (Halodiema) hilla Lesson, 1830

Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea (Jaeger, 1833)*

Holothuria (Ludwigothuria) kefersteini (Selenka, 1867)

Familia Stichopodidae *Stichopus horrens* Selenka, 1867

Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875)

*: Nuevos informes para la Isla. / *: New reports for the Island.

CUADRO 2

Total de individuos y densidad (indiv/m²) de equinodermos en los transectos de los sitios de evaluación a 6 m de profundidad

TABLE 2
Total of individuals and density (indiv/m²) in the evaluation sites, transects at 6 m deep

Sitio	Aleta de Tiburón	Cabo Arevido	Dos Amigos	Punta Gissler	Bahía Inútil	Punta LioneI	Isla Mannelita	Punta María	Isla Mamuelita NO									
Especie	n	densidad	n	densidad	n	densidad	n	densidad	n									
<i>Acanthaster planci</i>					1	0.02												
<i>Diadema mexicanum</i>	8	0.13±0.15	26	0.43±0.75	392	6.53±0.81	4	0.07±0.03	59	0.98±0.75	70	1.17±1.33	2	0.03	12	0.20±0.17	50	0.83±0.57
<i>Echinometra vanbrunti</i>			9	0.15±0.10														
<i>Echinothrix diadema</i>			2	0.03	1	0.02	12	0.20±0.30										
<i>Eucidaris galapagensis</i>	1	0.02	7	0.12±0.16	1	0.02	3	0.05±0.05										
<i>Holothuria</i> sp.			1	0.02	2	0.03	2	0.03	1	0.02	3	0.05±0.05	3	0.05±0.09	1	0.02		0.02±0.03
<i>Isotichopus fuscus</i>			3	0.05±0.09														
<i>Nidorellia armata</i>			2	0.03														
<i>Triptoneustes depressus</i>			5	0.08±0.06	1	0.02												
Sitio	Islote Muela	Islote Pájara	Punta Presidio	Rodolitos	Punta Silverado	Roca Sumergida	Roca Sucia	Punta Ulloa	Bahía Wafer									
Especie	n	densidad	n	densidad	n	densidad	n	densidad	n									
<i>Acanthaster planci</i>																		
<i>Diadema mexicanum</i>	14	0.23±0.28	136	2.27±0.71	6	0.10±0.05	4	0.07±0.08	209	3.48±1.32	49	0.82±0.55	262	4.37±4.30	5	0.08±0.14		
<i>Echinometra vanbrunti</i>																		
<i>Echinothrix diadema</i>	15	0.25±0.20	1	0.02														
<i>Eucidaris galapagensis</i>			2	0.03														
<i>Holothuria</i> sp.	7	0.12±0.08			1	0.02	1	0.02	16	0.27±0.20	4	0.07±0.06						
<i>Isotichopus fuscus</i>													1	0.02				
<i>Nidorellia armata</i>																		
<i>Linckia</i> sp.																		2
<i>Triptoneustes depressus</i>			1	0.02	3	0.05±0.09												0.03

CUADRO 3
Total de individuos y densidad (indiv/m²) equinodermos en los transectos de los sitios de evaluación a 15 m de profundidad

TABLE 3
Total of individuals and density (indiv/m²) in the evaluation sites transects, at 15 m deep

Sitio	Aleta de Tiburón	Cabo Atrevido	Dos Amigos	Punta Gissler	Bahía Intil	Punta Leonel	Isla Manuelita	Punta María	Isla Manuelita NO							
Especie	n	densidad	n	densidad	n	densidad	n	densidad	n							
<i>Acanthaster planci</i>																
<i>Diadema mexicanum</i>	13	0.22±0.10	1	0.02	367	6.12±1.09	18	0.30±0.33	48	0.80±1.01	7	0.12±0.16	3	0.05±0.05	12	0.20±0.30
<i>Echinothrix calamaris</i>																
<i>Echinothrix diadema</i>																
<i>Eucidaris galapagensis</i>	2	0.03			9	0.15±0.15			2	0.03±0.03	1	0.02				
<i>Holothuria</i> sp.																
<i>Isotichopus fuscus</i>																
<i>Linckia</i> sp.							3	0.05±0.05								
<i>Tripneustes depressus</i>					1	0.02										
Sitio	Islote Muela	Islote Pájara	Punta Presidio	Rodolitos	Punta Silverado	Roca Sumergida	Roca Sucia	Punta Ulloa	Bahía Wafer							
Especie	n	densidad	n	densidad	n	densidad	n	densidad	n							
<i>Acanthaster planci</i>	1	0.02														
<i>Diadema mexicanum</i>	3	0.05±0.05	11	0.18±0.19	39	0.65±0.18	216	3.60±1.41	7	0.12±0.06	3	0.05±0.05	13	0.22±0.06		
<i>Echinothrix calamaris</i>			2	0.03			1	0.02								
<i>Echinothrix diadema</i>																
<i>Eucidaris galapagensis</i>	1	0.02														
<i>Holothuria</i> sp.																
<i>Isotichopus fuscus</i>																
<i>Linckia</i> sp.	1	0.02	2	0.03												
<i>Tripneustes depressus</i>	1	0.02	1	0.02	3	0.05±0.05	4	0.07±0.08								

DISCUSIÓN

identificar a nivel de género (*Linckia*) debido a ciertas dudas y similitudes con una especie del Indo-Pacífico *L. multifora*. Por lo general, todos los equinodermos presentaron bajas densidades (< 0.20 indv/m²) con la excepción de *D. mexicanum*. Este erizo alcanzó densidades entre 0.05 y 6.53 indv/m² (Cuadro 2 y 3), siendo el único equinodermo presente en todos los sitios estudiados. Las mayores densidades se observaron en el Islote Dos Amigos a 6 m de profundidad (6.53 indv/m²), Punta Ulloa (4.37 indv/m²), Roca Sumergida (3.48 indv/m²) e Islote Pájara (2.27 indv/m²). Mientras que a 15 m se observaron en Dos Amigos (6.12 indv/m²) y Roca Sumergida (3.60 indv/m²). No se observaron diferencias significativas en cuanto a la abundancia de *Diadema* por profundidad ($F_{1,34} = 2.38$, $p = 0.13$). El erizo se distribuye de manera muy similar a lo largo del perfil vertical en las zonas arrecifales, siendo común a cualquier profundidad (Fig. 2-5). Se observó una diferencia entre 8 y 12 m de profundidad, siendo la zona que presente el mayor desarrollo arrecifal con las colonias más grandes y sanas del coral *Porites lobata*.

La diversidad de equinodermos presentes en aguas someras en la Isla del Coco presenta un patrón muy similar alrededor de ella. Esto indica que la isla, al ser una pequeña unidad, es muy homogénea y favorece el desarrollo de las mismas especies de equinodermos en todo alrededor (al menos hasta 18 m de profundidad). Los arrecifes de la isla son en su mayoría monoespecíficos, construidos principalmente por *Porites lobata*, siendo poco diversos en comparación con otras áreas del mundo. Este mismo hecho se refleja en la composición de sus equinodermos en aguas someras, que están representados por pocas especies con afinidades tanto del Indo-Pacífico como del Pacífico oriental. La isla se encuentra aislada del continente por 500 km y de las Islas Galápagos por más de 600 km, lo que la convierte en una unidad particular que se encuentra influenciada por las corrientes que traen larvas de ambos lados del océano confluyendo en ella. Por lo tanto, su pequeña área, su uniformidad de sustrato y su disposición oceanográfica hacen

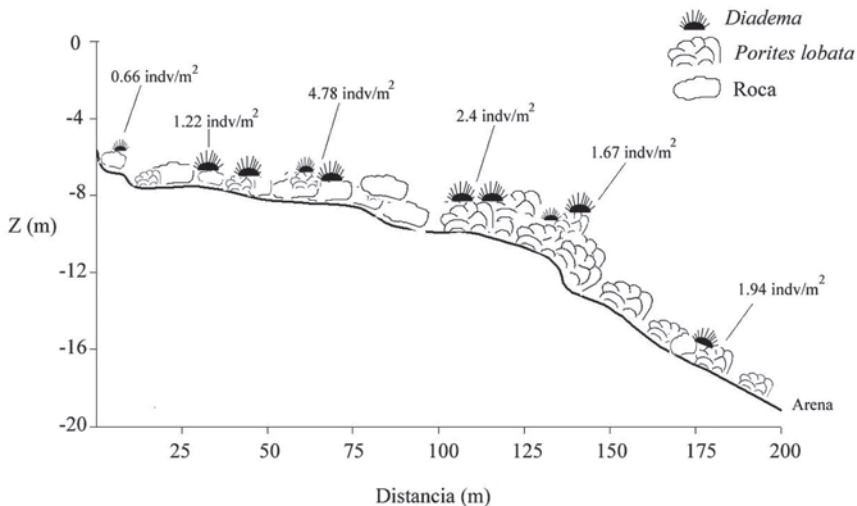


Fig. 2. Perfil vertical sinóptico de la zona de Punta María donde se indica la densidad (indv/m²) del erizo de mar *Diadema mexicanum*. Z = profundidad.

Fig. 2. Diagram of the vertical profile at Punta María; with indication of the density of the sea urchin *Diadema mexicanum*. Z= depth.

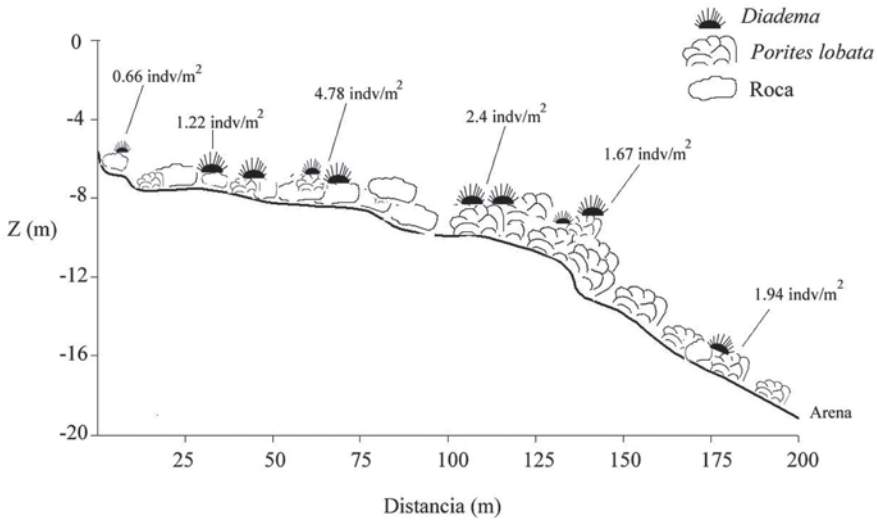


Fig. 3. Perfil vertical sinóptico de la zona de Punta Gissler donde se indica la densidad (indv/m²) del erizo de mar *Diadema mexicanum*. Z = profundidad.

Fig. 3. Diagram of the vertical profile at Punta Gissler; with indication of the density of the sea urchin *Diadema mexicanum*. Z= depth.

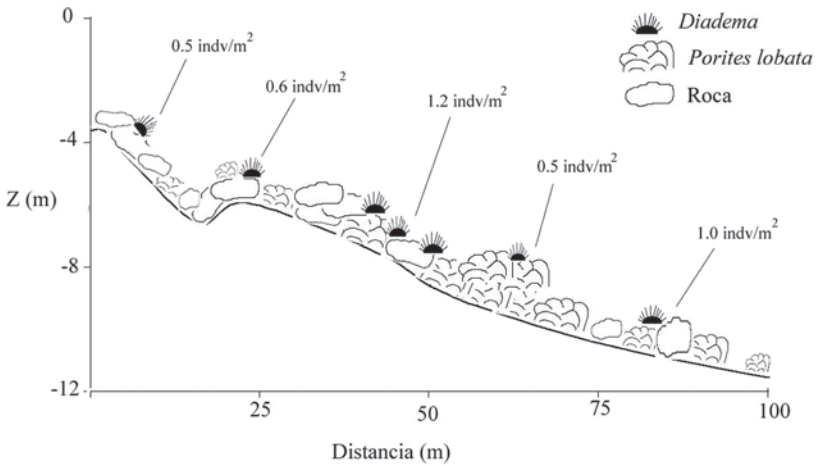


Fig. 4. Perfil vertical sinóptico de la zona de Bahía Weston donde se indica la densidad (indv/m²) del erizo de mar *Diadema mexicanum*. Z = profundidad.

Fig. 4. Diagram of the vertical profile at Bahía Weston; with indication of the density of the sea urchin *Diadema mexicanum*. Z= depth.

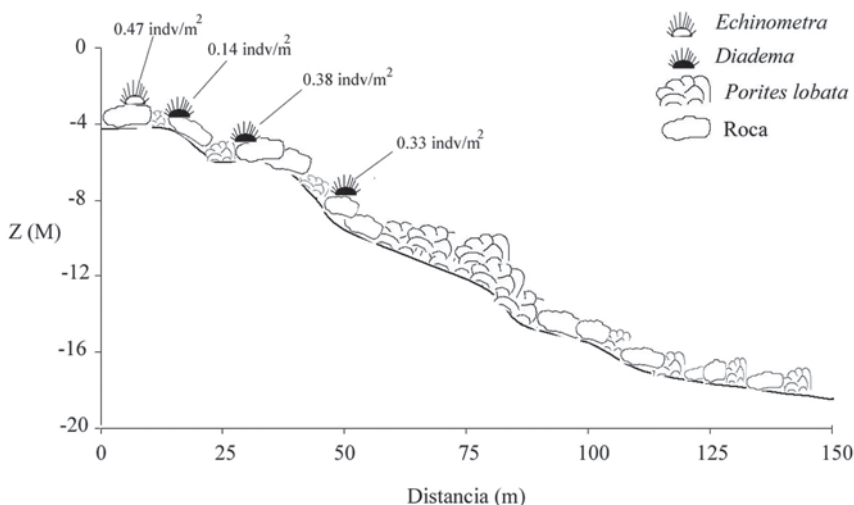


Fig. 5. Perfil vertical sinóptico de la zona de Punta Ulloa donde se indica la densidad (indv/m²) del erizo de mar *Diadema mexicanum*. Z = profundidad.

Fig. 5. Diagram of the vertical profile at Punta Ulloa; with indication of the density of the sea urchin *Diadema mexicanum*. Z= depth.

que tenga una fauna de equinodermos someros homogénea, similar a otras partes del Pacífico Oriental (Lessios *et al.* 1998).

En el Pacífico Oriental Tropical, el erizo de mar *D. mexicanum* ha sido una de las especies que ha tenido mayor atención. En él se ha estudiado su rol como bioerosionador (Glynn 1988, Guzman 1988, Fischer 1990, Guzman y Cortés 1992, 2007, Fonseca-Escalante 1999, Herrera-Escalante *et al.* 2005, Fonseca *et al.* 2006), su ciclo reproductivo (Lessios 1981, Espino-Barr *et al.* 1996) y sus relaciones filogeográficas (Lessios *et al.* 2001). Fischer (1990) explica la importancia de *D. mexicanum* como bioerosionador de la costa, ocupando la parte baja intermareal y la parte superior submareal, hasta unos 8 m de profundidad, creando una bioerosión rápida y de gran importancia en la re-estructuración y modelado del arrecife. En la Isla del Caño, Guzman (1988) encontró que incluso en bajas densidades causaba bioerosión en la base de corales masivos. En la Isla del Coco, se observó un alto grado de pastoreo por este erizo, reduciendo el reclutamiento de corales y produciendo una alta bioerosión, por lo que

se predijo que la recuperación de los arrecifes coralinos de la Isla del Coco iba a tardar décadas (Guzman y Cortés 1992). Posteriormente, Guzman y Cortés (2007) indican una notable disminución para el 2002 en la densidad de este erizo y un incremento en la cobertura coralina, lo que los lleva a pensar que su influencia como bioerosionador ha disminuido y que su función como herbívoros fungió como un factor clave en el asentamiento de nuevos reclutas de coral. Las densidades presentes en este estudio son intermedias si se comparan con otras áreas del Pacífico Tropical Oriental (Cuadro 4), por lo tanto su impacto puede que no sea tan severo como en la Isla Uva en Panamá (Eakin 1992, 1996, 2001).

En Panamá, Glynn (1988) y Eakin (1992, 1996, 2001) han cuantificado el impacto por bioerosión de este erizo en la Isla Uva, Golfo de Chiriquí, desde 1974 hasta el 2000. Este arrecife ha soportado un alto nivel de bioerosión desde 1974 hasta a la actualidad debido al impacto de *Diadema* (Eakin 2001). A pesar de este gran esfuerzo hecho en Panamá, los resultados provienen de un único sitio en todo el

CUADRO 4

Densidad (indv/m²) promedio de Diadema mexicanum en diferentes sitios del Pacífico Oriental Tropical

TABLE 4

Mean deansity (indv/m²) of Diadema mexicanum at different sites in the Eastern Tropical Pacific

Sitio	Año	Densidad indv/m ²	Referencia
Isla San Benedicto, Archipiélago de Revillagigedo, México	1995	30	Reyes-Bonilla 1995
Colina, México	1994-1995	1.5	Espino-Barr <i>et al.</i> 1996
Bahías de Huatulco, México	2000-2001	1.0-6.8	Herrera-Escalante <i>et al.</i> 2005
Atolón de Clipperton, Francia	1994	0.1-2.2	Glynn <i>et al.</i> 1996
Parque Nacional Marino Ballena, Costa Rica	2004	0.04-1.03	Alvarado y Fernández 2005
Isla del Caño, Costa Rica	1984-1985	0.35-3.9	Guzman 1998
Isla Uva, Panamá	1974-2000	3-60	Eakin 2001
Isla del Coco, Costa Rica	2006	1.06	Este estudio
Isla del Coco, Costa Rica	2002	0.84	Guzman y Cortés 2007
Isla del Coco, Costa Rica	1987	14.5	Guzman y Cortés 1992
Islas Galápagos, Ecuador	2000-2001	0.1	Shepherd <i>et al.</i> 2003
Isla Malpelo, Colombia	2006-2007	2.9-3.1	Cohen-Rengifo 2008
Isla Santa Cruz, Islas Galápagos, Ecuador	2002	0.008-0.5	Lawrence y Sonnenholzer 2004

Golfo de Chiriquí, sin tener una cuantificación real de toda la zona. Para México, Herrera-Escalante *et al.* (2005) presentan un estudio sobre el impacto de este erizo en la Bahía de Huatulco. En su estudio indican que este erizo no ejerce un papel significativo en la estructura de los arrecifes coralinos de esta región, debido a su pequeño tamaño y sus bajas densidades, indicando que la acreción coralina excede la erosión producida por el erizo.

El efecto de bioerosión de este erizo no posee el mismo comportamiento a lo largo de todo el Pacífico Oriental (Cuadro 4), y que este a su vez se ve modificado por la aparición de fenómenos como El Niño incrementando la pérdida en la estructura del arrecife. La bioerosión que ha ejercido *D. mexicanum* en los arrecifes del Pacífico Mexicano ha sido de baja a moderada, mientras que en los arrecifes de Centro América las poblaciones han sido mayores teniendo un mayor impacto sobre ellos, causando una menor recuperación (Guzman y Cortes 1992, 2007, Herrera-Escalante *et al.* 2005).

El presente estudio pretende ser una recopilación de los trabajos con equinodermos realizados en la Isla del Coco, además de ampliar los conocimientos sobre la ecología de los equinodermos en aguas someros de la Isla del Coco, ya que hasta la fecha solamente se conocía la distribución y abundancia de tres especies: *Acanthaster planci*, *Diadema mexicanum* y *Echinothrix diadema*. De entre las especies anteriormente citadas, *D. mexicanum* se destaca por su presencia en prácticamente toda la isla, indicando un rol muy importante en la dinámica de los arrecifes coralinos de la Isla del Coco. Así mismo, se encontró que las poblaciones de los erizos *E. diadema* y *E. calamaris* se mantienen estables en la isla y en conjunto con *Diadema* se están sumando al efecto de pastoreo y bioerosión. Esto hace evidente la necesidad de explorar y generar futuras investigaciones con el fin de conocer en detalle cuál es el rol dentro de los arrecifes coralinos de la Isla del Coco, cuál es su impacto como bioerosionador y cómo funciona la dinámica poblacional

a través del tiempo. Asimismo, saber cual es su papel en el control de las poblaciones algales para el buen estado de conservación de los arrecifes de coral (Carpenter 1997). Una pérdida o drástica disminución de los erizos conllevaría a un desarrollo excesivo de las macroalgas que cubrirían y asfixiarían el coral, como ocurrió en el Caribe después del evento de mortalidad a inicios de los años 80 (Lessios 1988a, b, 2005). Por otro lado, las altas densidades de *Diadema* provocan la bioerosión de los corales, por lo que es importante determinar cuál es el límite o la densidad adecuada equilibrada para un buen estado de los arrecifes. De esta forma se aclararía cual es el papel del *Diadema* y que densidades se considerarían aceptables en términos de conservación del arrecife.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda y financiamiento de Conservation International, Asociación MarViva, la tripulación del MV PROTEUS, el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) y los guardaparques del Parque Nacional Isla del Coco. Queremos dar un especial agradecimiento a Jorge Cortés por invitarnos a participar en dicha expedición y a los *dive-masters* Nico Ghersinich y Kevan Mantell. Agradecemos los comentarios de los dos revisores que enriquecieron este trabajo.

RESUMEN

Se describen los patrones de distribución de los equinodermos que habitan en aguas someras (hasta 20 m de profundidad) en diferentes sitios alrededor de la Isla del Coco. Se evaluaron 18 sitios donde se realizaron transectos horizontales a dos profundidades (6 y 15 m) y cuatro verticales de 18 a 0 m de profundidad. Se observó un total de 28 especies de equinodermos. La clase con más especies fue Echinodea con nueve, seguido por Asteroidea con siete, y Ophiuroidea y Holothuroidea con seis especies cada una. *Diadema mexicanum* fue el único equinodermo presente en todos los sitios y profundidades estudiados. Las mayores densidades se observaron en el Islote Dos Amigos a 6 m de profundidad (6.53 indv/m²), Punta Ulloa (4.37 indv/m²), Roca Sumergida (3.48 indv/m²) e Islote Pájara (2.27 indv/m²). *Diadema* ha demostrado en el pasado ser un elemento

importante en el balance y recuperación de los ambientes coralinos. Así mismo, este estudio informa por primera vez la presencia en el área del asteroideo *Asteropsis carinifera* y el pepino de mar *Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea*.

Palabras claves: densidad, Echinodermata, Isla del Coco, *Diadema mexicanum*, Costa Rica.

REFERENCIAS

- Agassiz, A. 1904. Reports on an exploration off the west coast of Mexico, Central and south America, and off the Galapagos Islands, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer "Albatross", during 1891, Lieut. Commander Z.L. Tanner, U.S. Commanding. XXXII. The Panamic deep sea echini. Mem. Mus. Comp. Zool. Harvard College XXXI: 1-246.
- Alvarado, J.J. En prensa. Isla del Coco (Costa Rica) Echinoderms: state of knowledge. Proc. 12th Int. Echinoderm Conference, Durham, New Hampshire, EEUU.
- Alvarado, J.J. & C. Fernández. 2005. Equinodermos del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 53 (Supl. 3): 275-284.
- Birkeland, C. 1989. The influence of echinoderms on coral-reef communities, p. 1-79. In M. Jangoux & J.M. Lawrence (eds.). Echinoderm Studies. Volume 3. A.A. Balkema, Rotterdam, Holanda.
- Carreiro-Silva, M. & T.R. McClanahan. 2001. Echinoid bioerosion and herbivory on Kenyan coral reefs: the role of protection from fishing. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 262: 133-153.
- Carpenter, R.C. 1997. Invertebrate predators and grazers, p. 198-229. In C. Birkeland (ed.). Life and Death of Coral Reefs. Chapman & Hall, New York.
- Castillo, P., R. Batisa, D. Vanko, E. Malavassi, J. Barqueo & E. Fernández E. 1988. Anomalous young volcanoes on hot-spot traces: I. Geology and petrology of Cocos Island. Geol. Soc. Amer. Bull. 100: 1400-1414.
- Clark, H.L. 1940. Eastern Pacific Expeditions of the New York Zoological Society. XXI. Notes on Echinoderms from the West Coast of Central America. Zoologica 25: 331-352.
- Clark, H.L. 1948. A report on the Echini of the warmer eastern Pacific based on the collections of the Velero III. Allan Hancock Pac. Exped. 8: 225-352.

- Cohen-Rengifo, M.A. 2008. Equinodermos del santuario de fauna y flora Malpelo, Pacífico Colombiano. Tesis Biología Marina, Fac. Ciencias Naturales, Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia. 116 p.
- Deichmann, E. 1941. The Holothuroidea collected by the Velero III during the years 1932 to 1938. Part I, Dendrochirota. Allan Hancock Pac. Exped. 8: 61-194.
- Deichmann, E. 1958. The holothuroidea collected by the Velero II and IV during the years 1932 to 1954. Part II. Aspidochirota. Allan Hancock Pac. Exped. 11: 253-349.
- Eakin, C.M. 1992. Post-El Niño Panamanian reefs: less accretion, more erosion and damselfish protection. Proc. 7th Int. Coral Reef Symp., Guam 1: 387-396.
- Eakin, C.M. 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.
- Eakin, C.M. 2001. A tale of two ENSO events: carbonate budgets and the influence of two warming disturbances and intervening variability, Uva Island, Panama. Bull. Mar. Sci. 69: 171-186.
- Espino-Barr, E., R. Cibrián-Rodríguez & A. García-Boa. 1996. Estructura y densidad de la población del erizo tinta *Diadema mexicanum* en el litoral rocoso del estado de Colima. Ciencia Pesquera 12: 60-67.
- Fonseca Escalante, A.C. 1999. Bioerosión y bioacreción en arrecifes coralinos del Pacífico sur de Costa Rica. Tesis M.Sc., Univ. Costa Rica. San Pedro, Costa Rica. 206 p.
- Fonseca, A.C., H.K. Dean & J. Cortés. 2006. Non-colonial coral macroborers as indicators of coral reef stress in the south Pacific of Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 54: 101-115.
- Glynn, P.W. 1988. El Niño warming, coral mortality and reef framework destruction by echinoid bioerosion in the eastern Pacific. Galaxea 7: 129-160.
- Glynn, P.W. 1997. Bioerosion and coral-reef growth: a dynamic balance, p. 68-95. In C. Birkeland (ed.). Life and Death of Coral Reefs. Chapman & Hall, New York.
- Glynn, P.W. & S.B. Colley (Eds.). 2001. A collection on the effects of the 1997-98 El Niño-Southern Oscillation events on corals and coral reefs in the eastern tropical Pacific. Bull. Mar. Sci. 69: 288 p.
- Glynn, P.W., G.M. Wellington & C. Birkeland. 1979. Coral reef growth in the Galapagos: limitation by sea urchins. Science 203: 47-49.
- Glynn, P.W., J.E.N. Veron & G.M. Wellington. 1996. Clipperton atoll (eastern Pacific): oceanography, geomorphology, reef-building coral ecology and biogeography. Coral Reefs 15: 71-99.
- Guzman, H.M. 1988. Distribución y abundancia de organismos coralívoros en los arrecifes coralinos de la Isla del Caño, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 36: 191-207.
- Guzman, H.M. & J. Cortés. 1992. Cocos Island (Pacífico of Costa Rica) coral reefs after the 1982-83 El Niño disturbance. Rev. Biol. Trop. 40: 309-324.
- Guzman, H.M. & J. Cortés. 2001. Changes in reef community structure after fifteen years of natural disturbances in the eastern Pacific (Costa Rica). Bull. Mar. Sci. 69: 133-149.
- Guzman, H.M. & J. Cortés. 2007. Reef recovery 20 years after the 1982-1983 El Niño massive mortality. Mar. Biol. 151: 401-411.
- Herrera-Escalante, T., R.A. López-Pérez & G.E. Leyte-Morales. 2005. Bioerosion caused by the sea urchin *Diadema mexicanum* (Echinodermata: Echinoidea) at Bahías de Huatulco, Western Mexico. Rev. Biol. Trop. 53 (Suppl. 3): 263-273.
- Hyman, L.H. 1955. The Invertebrates: Echinodermata. McGraw-Hill, New York. 763 p.
- Lawrence, J. 1975. On the relationship between marine plants and sea urchins. Oceanogr. Mar. Biol. Rev. 13: 213-286.
- Lawrence, J. & J. Sonnenholzer. 2004. Distribution and abundance of asteroids, echinoids, and holothuroids in Galápagos, p. 239-244. In T. Heinzeller & J.H. Nebelsick (eds.). Echinoderms: München. Balkema, Leiden.
- Lessios, H.A. 1988a. Mass mortality of *Diadema antillarum* in the Caribbean: What have we learned? Ann. Rev. Ecol. Syst. 19: 371-393.
- Lessios, H.A. 1988b. Population dynamics of *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea) following mass mortality in Panama. Mar. Biol. 99: 515-526.
- Lessios, H.A. 2005. *Diadema antillarum* populations in Panama twenty years following mass mortality. Coral Reefs 24: 125-127.
- Lessios, H.A., B.D. Kessing, G.M. Wellington & A. Graybeal. 1996. Indo-Pacific echinoids in the tropical eastern Pacific. Coral Reefs 15: 133-142.

- Lessios, H.A., B.D. Kessing & D.R. Robertson. 1998. Massive gene flow across the world's most potent marine biogeographic barrier. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 265: 583-588.
- Lessios, H.A., B.D. Kessing, D.R. Robertson & G. Paulay. 1999. Phylogeography of the pantropical sea urchin *Eucidaris* in relation to land barriers and ocean currents. *Evolution* 53: 806-817.
- Lessios, H.A., B.D. Kessing & J.S. Pearse. 2001. Population structure and speciation in tropical seas: global phylogeography of the sea urchin *Diadema*. *Evolution* 55: 955-975.
- Lessios, H.A., J. Kane & D.R. Robertson. 2003. Phylogeography of the pantropical sea urchin *Tripneustes*: contrasting patterns of population structure between oceans. *Evolution* 57: 2026-2036.
- Ludwig, H. 1894. Reports on an exploration off the west coast of Mexico, Central America and South America, and off the Galápagos Islands, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission steamer "Albatross", during 1891. XII. The Holothurioidea. *Mem. Mus. Comp. Zoöl.* XVII (3): 1-183.
- Ludwig, H. 1905. Asteroidea in: Explorations of "Albatross" in Tropical Pacific, 1891 and 1899-1900. *Mem. Mus. Comp. Zoöl.* XXII (7): 1-290.
- Lütken, C.F. & T. Mortensen. 1899. Reports on an exploration off the west coast of Mexico, Central America and South America, and off the Galápagos Islands, in charge of A. Agassiz, during 1891 on the "Albatross". XXV. The Ophiuridae. *Mem. Mus. Comp. Zoöl.* XXIII (2): 93-208.
- McCartney, M.A., G. Keller & H.A. Lessios. 2000. Dispersal barriers in tropical oceans and speciation in Atlantic and eastern Pacific sea urchins of the genus *Echinometra*. *Mol. Ecol.* 9: 1391-1400.
- Palumbi, S.R. 1996. What can molecular genetics contribute to marine biogeography: An urchin's tale. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 203: 75-92.
- Palumbi, S.R. & H.A. Lessios. 2005. Evolutionary animation: How do molecular phylogenies compare to Mayr's reconstruction of speciation patterns in the sea? *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102: 6566-6572.
- Reyes-Bonilla, H. 1995. Asteroidea and echinoidea (echinodermata) of Isla San Benedicto, Revillagigedo Archipelago, Mexico. *Rev. Inv. Cien. Ser. Mar. UABCS* 6: 29-38.
- Reyes-Bonilla, H. & L.E. Calderón-Aguilera. 1999. Population density, distribution and consumption rates of three corallivores at Cabo Pulmo reef, Gulf of California. *P.Z.N.S.I: Mar. Ecol.* 20: 347-357.
- Shepherd, S.A., V. Toral-Granda & G.J. Edgar. 2003. Estimating the abundance of clustered and cryptic marine macro-invertebrates in the Galápagos with particular reference to sea cucumbers. *Noticias de Galápagos* 62: 36-39.
- Ziesenhenné, F.C. 1940. New Ophiurans of the Allan Hancock Pacific Expeditions. *Allan Hancock Pac. Exped.* 8: 9-59.
- Ziesenhenné, F.C. 1955. A review of the genus *Ophioderma*. Essays in the Natural Sciences in Honor of Captain Allan Hancock on the Occasion of his Birthday, July 26, 1955. Univ. South. California Press, Los Angeles: 185-201.
- Zigler, K.S. & H.A. Lessios. 2003. Evolution of *bindin* in the pantropical sea urchin *Tripneustes*: comparisons to *bindin* of other genera. *Mol. Biol. Evol.* 20: 220-231.
- Zigler, K.S. & H.A. Lessios. 2004. Speciation on the coasts of the World: phylogeography and the evolution of *bindin* in the sea urchin genus *Lytechinus*. *Evolution* 58: 1225-1241.

