

# Diversidad, densidad poblacional y distribución espacial de equinoideos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en Isla Fuerte, Colombia

## Diversity, population density and spatial distribution of regular echinoids (Echinodermata: Echinoidea) in Isla Fuerte, Colombia

David Olascoaga-Valverde<sup>1</sup> ; Carlos A. Nisperuza-Pérez<sup>1-2</sup> ; Juan Yepes-Escobar<sup>1</sup> ; Jorge A. Quirós-Rodríguez<sup>1-2\*</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de Córdoba, Grupo de Biotecnología, GRUBIODEQ. Montería - Córdoba, Colombia; e-mail: [dacaolas97@gmail.com](mailto:dacaolas97@gmail.com); [carlosnisperuzap@correo.unicordoba.edu.co](mailto:carlosnisperuzap@correo.unicordoba.edu.co); [jyepes@correo.unicordoba.edu.co](mailto:jyepes@correo.unicordoba.edu.co)

<sup>2</sup>Universidad de Córdoba, Grupo de Investigación Química de los Productos Naturales, PRONAT. Montería - Córdoba, Colombia; e-mail: [jquiros@correo.unicordoba.edu.co](mailto:jquiros@correo.unicordoba.edu.co)

\*autor para correspondencia: [jquiros@correo.unicordoba.edu.co](mailto:jquiros@correo.unicordoba.edu.co)

**Cómo citar:** Olascoaga-Valverde, D.O.; Nisperuza-Pérez, C.A.; Yepes-Escobar, J.; Quirós-Rodríguez, J.A. 2023. Diversidad, densidad poblacional y distribución espacial de equinoideos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en Isla Fuerte, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 26(2):e2254. <http://doi.org/10.31910/rudca.v26.n2.2023.2254>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

**Recibido:** marzo 28 de 2022

**Aceptado:** octubre 30 de 2023

**Editado por:** Helber Adrián Arévalo Maldonado

### RESUMEN

Los equinoideos comprenden uno de los grupos más influyentes en los ecosistemas arrecifales y litorales rocosos, debido a su importancia en las redes tróficas y reciclado de materia orgánica. En el Caribe colombiano existe un vacío de información sobre la ecología de estos organismos. La mayoría de los estudios se han centrado en la realización de inventarios y notas taxonómica, con el fin de estudiar la diversidad, la densidad poblacional y la distribución espacial de equinoideos regulares, en Isla Fuerte, Colombia. Se realizaron siete salidas de campo en Punta El Inglés, Latal y San Diego, entre noviembre de 2018 y septiembre de 2019. En cada localidad se realizaron censos visuales, aplicando la metodología de transecto lineal en banda (10 x 2 m). Se registraron 4.061 individuos representativo de seis especies, cinco géneros y cuatro familias. La especie que presentó mayores densidades fue *Echinometra lucunter* y, la de menor, *Lytechinus variegatus*. La riqueza de especies fue la misma para las tres localidades; sin embargo, Punta El Inglés presentó mayor diversidad, uniformidad y distintividad taxonómica promedio. El análisis de similitud de Bray-Curtis muestra una asociación entre San Diego y El Latal, mientras que Punta El Inglés forma una agrupación independiente. Los resultados de esta investigación representan una línea base para Isla Fuerte y puede ayudar a los gestores ambientales para sustentar herramientas y estrategias de manejo en este grupo de invertebrados.

**Palabras clave:** Distribución geográfica; Ecología de poblaciones; Echinodermos; Erizos de mar; Mar Caribe.

### ABSTRACT

The echinoids constitute one of the most influential groups in reef and rocky coastal ecosystems due to their significance in trophic networks and organic matter recycling. In the Colombian Caribbean, there is a lack of information regarding the ecology of these organisms. Most studies have primarily focused on conducting inventories and taxonomic notes. To study the diversity, population density, and spatial distribution of regular echinoids in Isla Fuerte, Colombia. Seven field trips were conducted at Punta El Inglés, Latal, and San Diego between November 2018 and September 2019. Visual censuses were conducted in each locality using the linear belt transect methodology (10 x 2 m). 4,061 individuals were recorded, representing six species, five genera, and four families. The species with the highest densities was *Echinometra lucunter*, while the lowest was *Lytechinus variegatus*. Species richness was the same for all three localities; however, Punta El Inglés exhibited higher diversity, uniformity, and average taxonomic distinctness. The Bray-Curtis similarity analysis indicates an association between San Diego and El Latal, whereas Punta El Inglés forms an independent grouping. The results of this research represent a baseline for Isla Fuerte and can assist environmental managers in developing tools and management strategies for this group of invertebrates.

**Keywords:** Caribbean Sea; Echinoderm; Geographical distribution; Population ecology; Sea urchins.

## INTRODUCCIÓN

Los erizos de mar comprenden un grupo de invertebrados marinos pertenecientes a la clase Echinoidea dentro del phylum Echinodermata y están representados por alrededor de 1.000 especies vivas (Appeltans *et al.* 2012). Los equinoideos no solo son importantes por su riqueza, sino también por su papel dentro de las redes tróficas y su capacidad para modificar las condiciones del bentos (Bronstein & Loya, 2014; Elmasry *et al.* 2013).

En los distintos ambientes marinos, los erizos constituyen uno de los grupos más importantes, debido a su ubicuidad, su alta abundancia y sus hábitos alimenticios (Glynn & Enochs, 2011); sin embargo, desde hace varias décadas, presiones antropogénicas, como la sobrepesca, las tasas de sedimentación y el calentamiento global, han venido causando disminuciones importantes en sus poblaciones, afectando, significativamente, su diversidad y distribución (Crain *et al.* 2008; Burke *et al.* 2011). La distribución de los equinoideos en los ambientes costeros es influenciada por aspectos físicos y químicos, como por ejemplo, las mareas, el asentamiento larvario, la disponibilidad de alimento, la competencia, la depredación y la heterogeneidad y complejidad del hábitat (Cameron & Schroeter, 1980; Bernstein *et al.* 1981; Schroeter *et al.* 1996; Metaxas & Young, 1998; Segovia *et al.* 2017).

A lo largo del Mar Caribe se han realizado diferentes estudios de índole taxonómico y ecológicos en equinoideos, entre los que se destacan los de Alvarado *et al.* (2008), Alvarado (2011) y Morales-Quijano *et al.* (2017). Para el Caribe colombiano se resaltan los trabajos de Borrero-Pérez *et al.* (2002), González *et al.* (2002), Borrero-Pérez *et al.* (2012) y Benavides-Serrato *et al.* (2013), los cuales, se centraron en la realización de inventarios y notas taxonómicas, por lo tanto, hay un gran potencial para la investigación en áreas, como la ecología, la genética, la bioprospección, la acuicultura, entre otras. Por otro lado, la información científica en ecosistemas insulares es limitada en comparación con aquellas áreas ubicadas en zonas costeras continentales, en especial, para la Isla Fuerte, que carece de investigación básica y aplicada.

Teniendo en cuenta el papel ecológico que cumplen los equinoideos y la falta de información ecológica, en este sentido, se evaluó la diversidad, la densidad poblacional y la distribución espacial de erizos regulares de Isla Fuerte. Los resultados de esta investigación representan una línea base y proporcionan datos importantes, que puede ayudar a los gestores ambientales, para sustentar herramientas y estrategias de manejo que permitan conocer el estado actual, la dinámica y la evolución de este grupo de invertebrados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** La presente investigación se realizó en Isla Fuerte, localizada a 11 km del continente (9°23'N, 76°11'O para Puerto Limón), sobre la plataforma continental al suroeste del Caribe colombiano (INVEMAR, 2009). Para viajar hasta la Isla, una de las opciones es tomar transporte acuático en Paso Nuevo, San Bernardo del viento (Córdoba) y la duración del viaje es 30 min. La isla tiene

3,25 km<sup>2</sup> de superficie emergida y una elevación máxima de 12 m (Figura 1) y se caracteriza por poseer una variedad de ecosistemas de gran relevancia (Díaz *et al.* 2000). El clima de la isla es semiseco y corresponde al ecosistema de Bosque seco Tropical (Bs-T) (Etter, 1993). Posee una precipitación promedio mensual entre los 900 y 1.400 mm de lluvia, con una tendencia unimodal, separado por una época con menor precipitación, conocida como el veranillo de San Juan, entre junio y julio, donde las lluvias caen cerca de 50 mm en promedio (Estela, 2006). La temperatura superficial del mar es aproximadamente 28 °C y la salinidad de 36‰ (Díaz *et al.* 1996).

**Metodología de muestreo.** Se escogieron tres localidades de estudio, teniendo en cuenta la exposición al oleaje y la disponibilidad de acceso: Punta El Inglés (9°23'N, 76°10'O), que se encuentra ubicada en el barlovento de la isla, presenta un arrecife litoral y una heterogeneidad de sustratos y hábitats con profundidades no mayores a 2 m. El Latal (9°22'N, 76°11'O) y San Diego (9°23'N, 76°11'O), ambas ubicadas en el sotavento de la isla; la primera presenta sustratos rocosos, pastos marinos y fondos arenosos, con oleajes débiles. Por su parte, San Diego cuenta con un embate de olas fuertes en algunos meses y se caracteriza por poseer un sustrato conformado por rocas de diferentes tamaños y morfologías.

En cada localidad se llevaron a cabo siete muestreos entre noviembre del 2018 y septiembre de 2019, con el fin de abarcar distintas épocas climáticas. Se utilizó la metodología de transecto en banda, propuesta por Rogers *et al.* (1994), estableciendo tres transectos lineales de 10 m de largo por 2 m de ancho, a una profundidad no superior a 2,5 m, separados cada uno por una distancia de 5 m. En cada uno de los transectos se realizaron censos visuales, sobre los cuales, se registraron las especies y la abundancia de cada una en los distintos hábitats disponibles del área delimitada. El proceso de identificación se realizó *in situ*, con la ayuda de fichas de identificación sumergibles.

**Fase de laboratorio.** Los organismos que no lograron ser identificados a simple vista, fueron capturados, anestesiados y luego preservados para su transporte al Laboratorio de Zoología de la Universidad de Córdoba (LZUC), donde se realizó su respectiva determinación taxonómica, empleando las claves y descripciones, propuestas por Caso (1977; 1978), Hendler *et al.* (1995) y Borrero-Pérez *et al.* (2012). Posteriormente, los especímenes fueron depositados en la Colección Zoológica de la Universidad de Córdoba (CZU: Echino: 0004- 0009).

**Análisis de datos.** La información recolectada en campo y laboratorio se organizó en matrices de datos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel ® 2016. La riqueza fue representada con el número total de especies por localidades y para el área de estudio (Torreblanca-Ramírez *et al.* 2012). Posteriormente, se construyeron curvas de rango-abundancia (Log (X+1)) para comparar las abundancias relativas de las especies de equinoideos, empleando el software GraphPad Prism 6; la densidad poblacional fue expresada como el número de individuos por metro cuadrado (ind/m<sup>2</sup>). Con el fin de determinar la estructura comunitaria de los equinoideos, se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'),

uniformidad de Pielou (U), dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y el Índice de distintividad taxonómica promedio ( $\Delta^*$ ). Para comparar cada uno de los índices ecológicos entre localidades, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1999); estas, se realizaron utilizando los paquetes vegan y BiodiversityR en el programa R ver. 3.1.3. (Dessau & Pipper, 2008). Para comparar la afinidad entre

las localidades, se utilizó la técnica de ligamiento promedio no ponderado (UPGMA) con las abundancias de las especies de erizos, utilizando la matriz de similaridad de Bray-Curtis. Las pruebas se realizaron en el programa estadístico PRIMER® v 6.1 (Anderson *et al.* 2008).

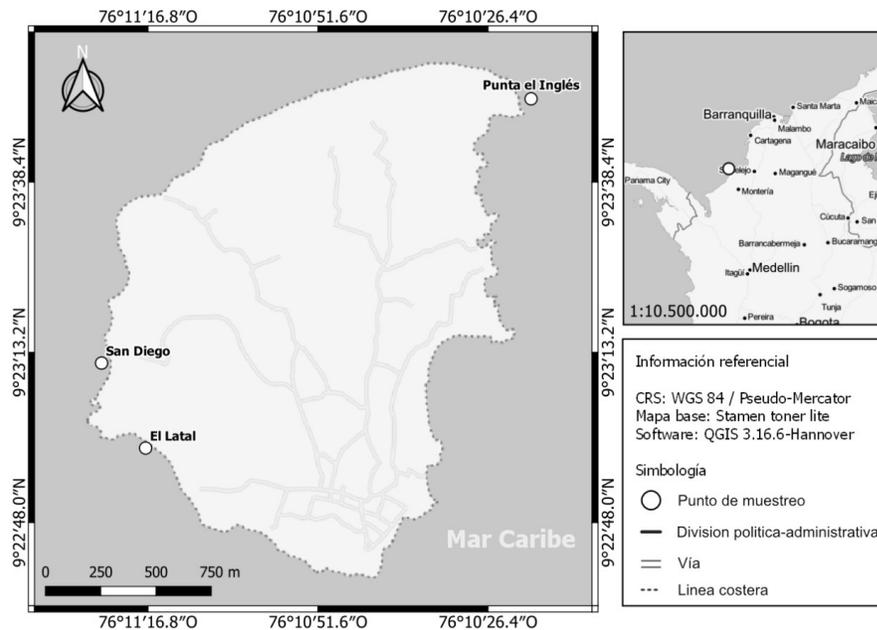


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las localidades de estudio en Isla Fuerte, Colombia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 4.061 organismos que correspondieron a seis especies, cinco géneros, cuatro familias y tres órdenes. La especie con el mayor valor de abundancia poblacional fue *Echinometra lucunter* ( $n=3.475$ ), seguido de *E. viridis* ( $n=269$ ); por otra parte, *Lytechinus variegatus* presentó el menor número de individuos ( $n=9$ ) (Figura 2). A nivel espacial, San Diego y Punta El Inglés presentaron los mayores y menores valores, con 2.052 y 911 individuos, respectivamente. En las tres localidades, el género *Echinometra* mostró el mayor porcentaje de individuos, con dominancia de *E. lucunter*, representando el 85,57 % de los individuos contabilizados.

El número de especies identificados en este estudio representan el 7,89 % de los equinoideos para el Caribe y el 11,7 % de las reportadas para el Caribe colombiano (Alvarado, 2011; Benavides-Serrato *et al.* 2013). Así mismo, estas corresponden al 19,35 % de las presentes en el complejo de archipiélagos de Islas del Rosario y San Bernardo (Zarza-González, 2011). Al comparar la riqueza de especies de erizos regulares encontradas con otras investigaciones realizadas en diversas áreas del Caribe y en Colombia, se observa que los valores reportados son similares a los encontrados por Quinn-Lampson *et al.* (2015) en Corn Island- Nicaragua y a los de Gaitán-Espitia (2008) y Urrego-Salinas *et al.* (2016) con siete y ocho especies en Santa Marta y el Cabo de la Vela-Colombia, respectivamente.

Las especies reportadas en esta investigación figuran como las más frecuentes dentro de trabajos de estructura comunitaria de equinodermos en el Caribe (Laguarda-Figueras *et al.* 2005; Gaitán-Espitia, 2008; Quinn-Lampson *et al.* 2015; Urrego-Salinas *et al.* 2016). Por otro lado, Morgan & Cowles (1997) y Reyes Bonilla *et al.* (2005) mencionan que en zonas arrecifales donde se presenten variedad de tipos de fondo y alta productividad local pueden permitir el establecimiento de comunidades de erizos.

En cuanto a los valores de abundancia reportados para *E. lucunter* y *E. viridis*, Lawrence (2001) manifiesta que las especies de este género son los más ubicuos y abundantes en la zona tropical, lo que se le atribuye al pequeño tamaño corporal, forma de cuerpo oblongo, comportamiento y dieta flexible, altas tasas de reproducción y reclutamiento y bajos requisitos de recursos; todas estas características de su historia de vida les permiten sobrevivir en ambientes crípticos y estresantes. Las altas abundancias de estas especies concuerdan con lo reportado por González-Gándara *et al.* (2015), donde *E. lucunter* fue la más abundante en zonas de sustrato duro del Sistema Arrecifal Veracruzano, con densidades de hasta 20 ind/m<sup>2</sup> y con la información obtenida por Morales-Quijano *et al.* (2017), para *E. viridis*, en los arrecifes de Lobos-Tuxpan, México. Celaya-Hernández *et al.* (2008) sugieren que ambas especies cohabitan y muestran las mismas preferencias por el tipo de sustrato.

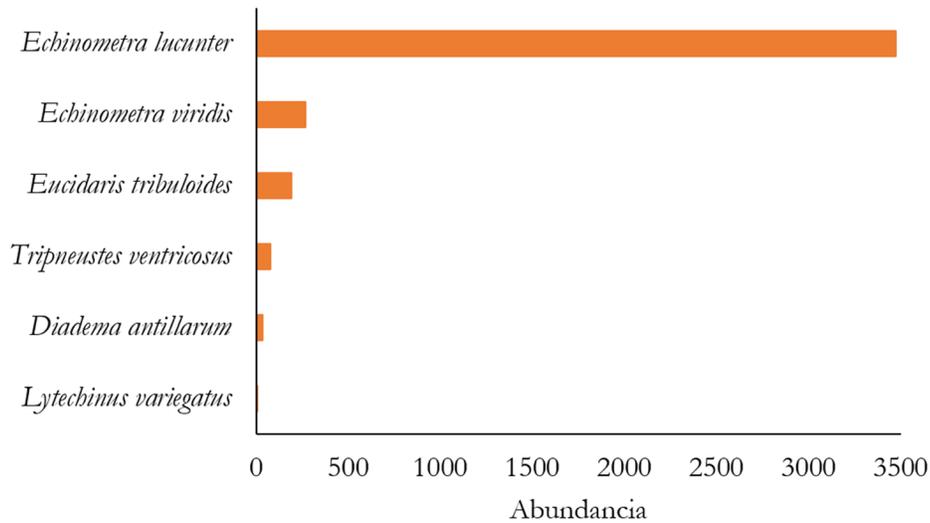


Figura 2. Abundancia de las especies de equinoideos regulares presentes en Isla Fuerte, Colombia.

Por otra parte, las bajas abundancias de *L. variegatus* pueden ser el resultado de factores bióticos o abióticos episódicos (Watts *et al.* 2007). Beddingfield & McClintock (2001) manifiestan que una de las variables que incide directamente sobre la abundancia de *L. variegatus* es la depredación por parte de peces y aves playeras, además, la exposición a la desecación puede ser fatal para su sobrevivencia. La presencia exclusiva de *L. variegatus* en Punta El Inglés puede estar relacionada con las extensiones de praderas de *Thalassia testudinum* Banks ex König, 1805, que se encuentra en el sector, el cual, es su hábitat más frecuente, por sus hábitos alimenticios.

La forma de las curvas de rango abundancia en los sectores de Punta El Inglés y El Latal pone en evidencia que las comunidades de equinoideos son más equitativas, debido a que las pendientes son más suaves, lo que indica que existe poca diferencia entre las especies más abundantes y las que les siguen, contrario a San Diego, donde las disimilitudes en la abundancia forman una curva inclinada (Figura 3).

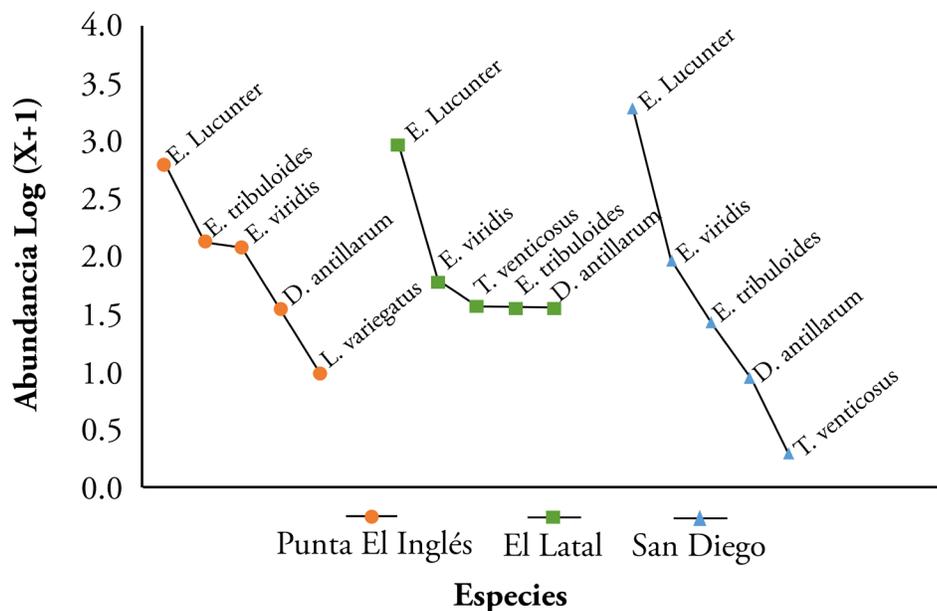


Figura 3. Curvas de rango-abundancia de las especies de equinoideos regulares en las tres localidades de Isla Fuerte, Colombia.

La densidad media de equinoideos en el área de estudio fue de  $0,54 \pm 0,24$  ind/m<sup>2</sup>, donde San Diego presentó la mayor densidad promedio del estudio, seguida de El Latal y Punta El Inglés, con el menor valor. *E. lucunter* mostró predominancia en las tres localidades, con valores de densidades máximas en San Diego; por su parte, las menores densidades las presentó *Diadema antillarum*,

en San Diego y *L. variegatus*, que estuvo restringida en Punta El Inglés (Tabla 1). De acuerdo con el ANOVA-F se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de densidad de *E. lucunter* de las distintas localidades ( $p < 0,05$ ), al igual que las densidades de *Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816) ( $p < 0,05$ ).

Tabla 1. Densidad de las especies de equinoideos regulares en Isla Fuerte, Colombia.

Especies	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )			Densidad Promedio
	Punta El Inglés n= 911	El Latal n=1.098	San Diego n=2.052	
<i>Echinometra lucunter</i>	1,47	2,22	4,58	2,76 ± 1,62
<i>Echinometra viridis</i>	0,28	0,14	0,22	0,21 ± 0,07
<i>Eucidaris tribuloides</i>	0,31	0,08	0,06	0,15 ± 0,14
<i>Diadema antillarum</i>	0,08	0,08	0,02	0,06 ± 0,03
<i>Tripneustes ventricosus</i>	0	0,09	0	0,03 ± 0,05
<i>Lytechinus variegatus</i>	0,02	0	0	0,01 ± 0,01
<b>Densidad promedio</b>	0,36 ± 0,56	0,43 ± 0,88	0,81 ± 1,85	0,54 ± 0,24

Respecto al valor de densidad general de *E. lucunter*, éste se encuentra por debajo de lo reportado por Monroy López & Solano (2005), quienes muestran una densidad de  $46 \pm 8,66$  ind/m<sup>2</sup> en ocho localidades del Caribe colombiano; sin embargo, si se compara con respecto a otras regiones del Atlántico, las densidades promedio registradas en el estudio son mayores, lo que hace suponer que en el Caribe colombiano se presentan condiciones favorables para el desarrollo de este erizo (Abbott *et al.* 1974). En general, las zonas intermareales con sustrato rocoso y oleaje intenso favorecen el establecimiento de las poblaciones de *E. lucunter* (Celaya-Hernández *et al.* 2008). Asimismo, las densidades reportadas en el sector San Diego, se explican a que este sitio se caracteriza por la presencia de rocas de diferentes tamaños y corales que puede brindar a los erizos, espacios de refugio, debido a los hábitos ramoneadores sobre sustratos vivos o muertos (Pompa *et al.* 1989). Las bajas densidades reportadas para *D. antillarum*, *T. ventricosus* y *L. variegatus* pueden estar determinada por varios procesos y factores, donde el tipo de sustrato, la disponibilidad de alimento y los atributos del oleaje pueden ser determinantes (Noriega *et al.* 2006).

Las bajas densidades de *D. antillarum* son comunes en el Caribe y en el Atlántico occidental. Los datos obtenidos en este trabajo se ajustan a lo reportado por Edmunds & Carpenter (2001), en la costa norte de Jamaica, por Noriega *et al.* (2006), en la costa de Venezuela y por González-Gaviria & García-Urueña (2011), en el Parque Nacional Natural Tayrona en Colombia, donde *D. antillarum* alcanza densidades inferiores a 1,16 ind/m<sup>2</sup>. A pesar de tener bajas densidades, la presencia de esta especie es un buen indicativo de la salud de los arrecifes coralinos (Lessios *et al.* 2001).

Por su parte, *T. ventricosus* y *L. variegatus* se relacionan con áreas donde se desarrollan pastos marinos (Watts *et al.* 2013), lo cual, podría explicar su presencia en Punta El Inglés y El Latal.

Respecto a la diversidad alfa, se determinó la misma riqueza de especies ( $S=5$ ) para las tres localidades; sin embargo, Punta El Inglés presentó mayor diversidad, uniformidad y distintividad taxonómica promedio, al compararlo con los valores obtenidos en El Latal y San Diego (Tabla 2). San Diego obtuvo mayores valores en cuanto al índice de Dominancia de Simpson, en comparación con las demás localidades. De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis, el índice de distintividad taxonómica promedio fue el único que no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las tres localidades de estudio ( $p>0,05$ ). El análisis de similitud de Bray-Curtis muestra una asociación entre San Diego y El Latal (87,58), mientras que Punta El Inglés forma una agrupación independiente (Figura 4).

La diversidad de erizos puede estar determinada por las condiciones estructurales y ambientales del hábitat (Bronstein & Loya, 2014), por lo que sitios con mayor heterogeneidad de sustratos presentarían mayor diversidad, como es el caso de Punta El Inglés. En cuanto al índice de Pielou, sus valores son interpretados como probabilidades, por lo que, en este estudio, a nivel general, se presentó una probabilidad moderada (0,39), de que las especies de equinoideos sean igualmente abundantes. Una comparación entre los valores por sitio, indica que San Diego es más heterogéneo que El Latal y Punta El Inglés.

Tabla 2. Índices de diversidad y abundancia de equinoideos regulares en Isla Fuerte, Colombia. S: número de especies; n: número de organismos; H': diversidad de Shannon-Wiener; J': Uniformidad de Pielou;  $\lambda$ : Dominancia de Simpson;  $\Delta^+$ : Índice de distintividad taxonómica promedio.

Localidades	S	n	H'	J'	$\lambda$	$\Delta^+$
Punta El Inglés	5	911	0,98	0,61	0,5	4,68
El Latal	5	1.098	0,63	0,39	0,73	4,36
San Diego	5	2.052	0,28	0,18	0,88	4,36

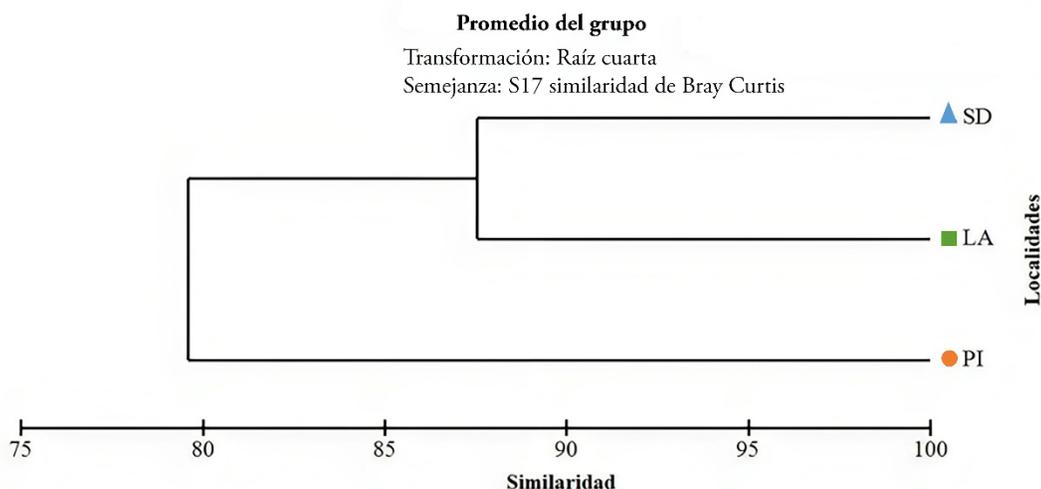


Figura 4. Dendrograma de clasificación según el índice de similitud de Bray-Curtis, que muestra las asociaciones entre los sectores de Isla Fuerte. Abreviaturas: SD: San Diego, LA: Latal, PI: Punta El Inglés.

En este trabajo se incluyó el índice de distintividad taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ). De acuerdo con Tucker *et al.* (2017), la incorporación de información filogenética en la evaluación de la biodiversidad se utiliza con mayor frecuencia en macroecología, ecología de comunidades y sus principales aplicaciones están enfocadas a la conservación biológica y evaluación de impacto ambiental (Leonard *et al.* 2006). Teniendo en cuenta este enfoque, los ensamblajes más diversos serán los que presenten un valor más alto de  $\Delta^+$ , ya que eso implicaría una mayor separación filogenética entre los individuos o especies de un ensamble (Moreno *et al.* 2009). Por lo tanto, a pesar de que no existieron diferencias marcadas de este índice entre las localidades estudiadas, se registraron claramente valores más altos de dicho índice en Punta El Inglés, al igual que los índices de estructura comunitaria tradicionales.

El análisis de similitud de Bray-Curtis mostró la conformación de dos grupos. El Latal y San Diego, ambas ubicadas en el sotavento, estuvieron asociadas, debido a que presentan igual riqueza específica; por su parte, Punta El Inglés forma un grupo independiente. Esta última localidad se encuentra en el Barlovento de la isla, presentó la menor abundancia general y con la presencia exclusiva de *L. variegatus*. De acuerdo con Gladstone (2007) existe una relación directa entre la riqueza de especies y la heterogeneidad ambiental. Adicionalmente, la complejidad estructural determina

el comportamiento de los organismos bentónicos que, a su vez, influye en la dinámica de las poblaciones y la estructura comunitaria del ecosistema (Kostylev *et al.* 2003).

En conclusión, Isla fuerte constituye un área relativamente heterogénea, donde la fisiografía y la presencia de ecosistemas estratégicos ofrecen condiciones para la supervivencia y el establecimiento de equinoideos regulares. La diversidad y abundancia de estos organismos responden a las condiciones ecológicas, propias de cada localidad, en el que las especies pueden ser afectadas por el tipo de sustrato, el oleaje y la complejidad del microhábitat. La información presentada en este trabajo puede ser una referencia útil para evaluar cualquier cambio físico a corto o largo plazo, en la fauna de equinoideos en Isla Fuerte y contribuye a ampliar el conocimiento ecológico de este grupo en Colombia.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad de Córdoba, por la financiación de la investigación (FCB-15-19). Igualmente, se agradece a Wilson Medrano y Cleiber Díaz, por su apoyo en la logística y a Juan Vergara, por su asesoría estadística y la elaboración del mapa de este documento. Finalmente, a los evaluadores y al Comité Editorial por sus valiosos aportes. **Conflictos de intereses:** El presente manuscrito fue preparado y revisado con la participación

de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Contribución de los autores. David Olascoaga Valverde: conceptualización, investigación y redacción-borrador original. Carlos A. Nisperuza-Pérez: investigación, análisis formal y redacción-revisión y edición. Juan Yepes Escobar: adquisición de fondos, validación y redacción-borrador original. Jorge A. Quirós-Rodríguez: curación de datos, supervisión, visualización, redacción-revisión y edición.

## REFERENCIAS

1. ABBOTT, D.P.; OGDEN J.C.; ABBOTT, I.A. 1974. Studies on the activity pattern, behavior, and food of the echinoid *Echinometra lucunter* (Linnaeus) on beachrock and algal reefs at St. Croix, U.S. Virgin Islands. West Indies Laboratory Special Publication. 4:1-11.
2. ALVARADO, J.J.; SOLÍS-MARÍN, F.A.; AHEARN, C. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Centroamericano. Revista de Biología Tropical. 56(3):37-55. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.27078>
3. ALVARADO, J.J. 2011. Echinoderm diversity in the Caribbean Sea. Marine Biodiversity. 41:261-285. <https://doi.org/10.1007/s12526-010-0053-0>
4. ANDERSON, M.; GORLEY, R.; CLARKE, R. 2008. Permanova+ for Primer: guide to software and statistical methods. PRIMER-E Ltd. Plymouth. 218p.
5. APPELTANS, W.; AHYONG, S.T.; ANDERSON, G.; ANGEL, M.V.; ARTOIS, T.; BAILLY, N.; BAMBER, R.; BARBER, A.; BARTSCH, I.; BERTA, A.; BŁAŻEWICZ-PASZKOWYCZ, M.; BOCK, P.; BOXSHALL, G.; BOYKO, C.B.; BRANDÃO, S.N.; BRAY, R.A.; BRUCE, N.L.; CAIRNS, S.D.; CHAN, T.Y.; CHENG, L.; COLLINS, A.G.; CRIBB, T.; CURINI-GALLETTI, M.; DAHDOUN-GUEBAS, F.; DAVIE, P.J.F.; DAWSON, M.N.; DE CLERCK, O.; DECOCK, W.; DE GRAVE, S.; DE VOOGD, N.J.; DOMNING, D.P.; EMIG, C.C.; ERSÉUS, C.; ESCHMEYER, W.; FAUCHALD, K.; FAUTIN, D.G.; FEIST, S.W.; FRANSEN, C.H.J.M.; FURUYA, H.; GARCIA-ALVAREZ, O.; GERKEN, S.; GIBSON, D.; GITTENBERGER, A.; GOFAS, S.; GÓMEZ-DAGLIO, L.; GORDON, D.P.; GUIRY, M.D.; HERNANDEZ, F.; HOEKSEMA, B.W.; HOPCROFT, R.R.; JAUME, D.; KIRK, P.; KOEDAM, N.; KOENEMANN, S.; KOLB, J.B.; KRISTENSEN, R.M.; KROH, A.; LAMBERT, G.; LAZARUS, D.B.; LEMAITRE, R.; LONGSHAW, M.; LOWRY, J.; MACPHERSON, E.; MADIN, L.P.; MAH, C.; MAPSTONE, G.; MCLAUGHLIN, P.A.; MEES, J.; MELAND, K.; MESSING, C.G.; MILLS, C.E.; MOLODTSOVA, T.N.; MOOI, R.; NEUHAUS, B.; NG, P.K.L.; NIELSEN, C.; NORENBURG, J.; OPRESKO, D.M.; OSAWA, M.; PAULAY, G.; PERRIN, W.; PILGER, J.F.; POORE, G.C.B.; PUGH, P.; READ, G.B.; REIMER, J.D.; RIUS, M.; ROCHA, R.M.; SAIZ-SALINAS, J.I.; SCARABINO, V.; SCHIERWATER, B.; SCHMIDT-RHAESA, A.; SCHNABEL, K.E.; SCHOTTE, M.; SCHUCHERT, P.; SCHWABE, E.; SEGERS, H.; SELF-SULLIVAN, C.; SHENKAR, N.; SIEGEL, V.; STERRER, W.; STÖHR, S.; SWALLA, B.; TASKER, M.L.; THUESEN, E.V.; TIMM, T.; TODARO, M.A.; TURON, X.; TYLER, S.; UETZ, P.; VAN DER LAND, J.; VANHOORNE, B.; VAN OFWEGEN, L.P.; VAN SOEST, R.W.M.; VANAVERBEKE, J.; WALKER-SMITH, G.; WALTER, T.C.; WARREN, A.; WILLIAMS, G.C.; WILSON, S.P.; COSTELLO, M.J. 2012. The magnitude of global marine species diversity. Current Biology. 22(23):2189-2202. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.09.036>
6. BEDDINGFIELD, S.D.; MCCLINTOCK, J.B. 2001. Demographic characteristics of *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Echinodermata) from three habitats in a North Florida Bay, Gulf of Mexico. Marine Ecology. 21:17-40. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0485.2000.00688.x>
7. BENAVIDES-SERRATO, M.; BORRERO-PÉREZ, G.H.; CANTERA, K.J.; COHEN-RENGIFO, M.; NEIRA, R. 2013. Echinoderms of Colombia. En: Alvarado, J.; Solís-Marín, F. (eds). Echinoderm research and diversity in Latin America. Springer. Berlín. p.145-182.
8. BERNSTEIN, B.B.; WILLIAMS, B.E.; MANN, K.H. 1981. The role of behavioral responses to predators in modifying urchins' (*Strongylocentrotus droebachiensis*) destructive grazing and seasonal foraging patterns. Marine Biology. 63:37-49. <https://doi.org/10.1007/BF00394661>
9. BORRERO-PÉREZ, G.H.; SOLANO, O.D.; BENAVIDES-SERRATO, M. 2002. Lista revisada de los erizos (Echinodermata: Echinoidea) del mar Caribe Colombiano. Biota Colombiana. 31:141-148.
10. BORRERO-PÉREZ, G.H.; BENAVIDES-SERRATO, M.; DÍAZ-SÁNCHEZ, C. 2012. Equinodermos del Caribe Colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. Santa Marta, Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No 30. 250p.
11. BRONSTEIN, O.; LOYA, Y. 2014. Echinoid community structure and rates of herbivory and bioerosion on exposed and sheltered reefs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 456:8-17. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.03.003>
12. BURKE, L.; REYTAR, K.; SPALDING, M.; PERRY, A. 2011. Reefs at risk revisited. World Resources Institute. Washington D.C. 144p.

13. CAMERON, R.A.; SCHROETER, S.C. 1980. Sea urchin recruitment: Effects of substrate selection on juvenile distribution. *Marine Ecology- Progress Series*. 2: 243-247.
14. CASO, M.E. 1977. Órdenes Cidaroida y Aulodonta. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México. 83:1-244.
15. CASO, M.E. 1978. Los equinoideos del Pacífico de México. Parte I. Ordenes Ciclasoidea y Aulodonta. Parte II: Ordenes Steridonta y Camarodonta. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México. 4:1-244.
16. CELAYA-HERNÁNDEZ, E.V.; SOLÍS-MARÍN, F.A.; LAGUARDA-FIGUERAS, A.; DURÁN-GONZÁLEZ, A.D.L.; RODRÍGUEZ, T.R. 2008. Asociación a sustratos de los erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*. 56(3):281-295. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.27144>
17. CRAIN, C.M.; KROEKER, K.; HALPERN, B.S. 2008. Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters*. 11(12):1304-1315. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01253.x>
18. DESSAU, R.B.; PIPPER, C.B. 2008. "R"--project for statistical computing. *Ugeskrift for laeger*. 170(5):328-330.
19. DÍAZ, J.M.; BARRIOS, L.M.; CENDALES, M.H.; GARZÓN-FERREIRA, J.; GEISTER, J.; LÓPEZ-VICTORIA, M.; OSPINA, G.H.; PARRA-VELANDIA, F.; PINZÓN, J.; VARGAS-ANGEL, B.; ZAPATA, F.A.; ZEA, S. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No 5. Santa Marta. 176p.
20. DÍAZ, J.M.; SÁNCHEZ, J.A.; PULIDO, G.D. 1996. Geomorfología y formaciones arrecifales recientes de Isla Fuerte y Bajo Bushnell, plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 25:87-105.
21. EDMUNDS, P.J.; CARPENTER, R.C. 2001. Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98(9):5067-5071. <https://doi.org/10.1073/pnas.071524598>
22. ELMASRY, E.; OMAR, H.A.; ABDEL RAZEK, F.A.; EL-MAGD, M.A. 2013. Preliminary studies on habitat and diversity of some sea urchin species (Echinodermata: Echinoidea) on the southern Levantine basin of Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 39(4):303-311. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2013.12.009>
23. ESTELA, F.A. 2006. Aves de Isla Fuerte y Tortuguilla, dos islas de la plataforma continental de Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 35:267-272. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2006.35.0.231>
24. ETTER, A. 1993. Diversidad ecosistémica en Colombia hoy. Nuestra diversidad biótica. CEREC y Fundación Alejandro Angel Escobar. Bogotá. 61p.
25. GAITÁN-ESPITIA, J. 2008. Estructura de la comunidad del phylum Echinodermata en aguas someras de la bahía de Taganga, Caribe Colombiano. *Revista Actualidad & Divulgación Científica*. 11(1):85-93. <https://doi.org/10.31910/rudca.v11.n1.2008.605>
26. GLADSTONE, W. 2007. Requirements for marine protected areas to conserve the biodiversity of rocky reef fishes. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems*. 17:71-87. <https://doi.org/10.1002/aqc.759>
27. GLYNN, P.W.; ENOCHS, I.C. 2011. Invertebrates and their roles in coral reef ecosystems. En: Dubinsky, Z.; Stambler, N. (eds). *Coral reefs: an ecosystem in transition*. Springer. Dordrecht. p.273-325. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4_18)
28. GONZÁLEZ, D.N.; SOLANO O.D.; NAVAS G.R. 2002. Equinodermos colectados por la expedición CIOH-INVEMAR-SMITHSONIAN desde Cartagena hasta el Golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 31:85-132.
29. GONZÁLEZ-GÁNDARA, C.; SOLÍS-MARÍN, F.A.; DE LA CRUZ-FRANCISCO, V.; GRANADOS-BARBA, A.; SALAS-PÉREZ, J.D.J.; ARGÜELLES-JIMÉNEZ, J.; ESCÁRCEGA-QUIROGA, P.A. 2015. Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes del norte y sur de Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*. 63(2):183-193.
30. GONZÁLEZ-GAVIRIA, F.T.; GARCÍA-URUEÑA, R. 2011. Estado actual de las poblaciones del erizo *Diadema antillarum Philippi* (Echinoidea: Diadematidae) en el Parque Nacional Tayrona y Playa Blanca, Santa Marta, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 40(2):401-417.
31. HENDLER, G.; MILLER, J.E.; PAWSON, D.L. 1995. Sea stars, Sea urchins, and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press (Washington D.C.). 390p.
32. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS, INVEMAR. 2009. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia. Serie de Publicaciones periódicas No 8 (Santa Marta). 244p.

33. KOSTYLEV, V.E.; COURTNEY, R.C.; ROBERT, G.; TODD, B.J. 2003. Stock evaluation of giant scallop *Placopecten magellanicus* using high-resolution acoustics for seabed mapping. *Fisheries Research*. 60:479-492. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00100-5](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00100-5)
34. LAGUARDA-FIGUERAS, A.; SOLÍS-MARÍN, F.A.; DURÁN-GONZÁLEZ, A.; AHEARN, C.G.; SÁNCHEZ, B.E.; TORRES-VEGA, J. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical*. 53(3):109-122. <https://doi.org/10.15517/rbt.v53i3.26767>
35. LAWRENCE, J.M. 2001. Edible sea urchins: biology and ecology. Elsevier (Ámsterdam). 419p.
36. LEONARD, D.R.P.; CLARKE, K.R.; SOMERFIELD, P.J.; WARWICK, R.M. 2006. The application of an indicator based on taxonomic distinctness for UK marine biodiversity assessments. *Journal of Environmental Management*. 78(1):52-62. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.008>
37. LESSIOS, H.A.; GARRIDO, M.J.; KESSING, B.D. 2001. Demographic history of *Diadema antillarum*, a keystone herbivore on Caribbean reefs. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*. 268:2347-2353. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1806>
38. METAXAS, A.; YOUNG, C.M. 1998. Response of echinoid larvae to food patches of different algal densities. *Marine Biology*. 130: 433-445. <https://doi.org/10.1007/s002270050264>
39. MONROY LÓPEZ, M.; SOLANO, O.D. 2005. Estado poblacional de *Echinometra lucunter* Echinoidea: Echinometridae y su fauna acompañante en el litoral rocoso del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*. 53(3):291-297. <https://doi.org/10.15517/rbt.v53i3.26787>
40. MORALES-QUIJANO, I.; DE LA CRUZ FRANCISCO, V.; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, M.; ARGÜELLES-JIMÉNEZ, J. 2017. Diversidad y abundancia de los equinodermos y su relación con la cobertura bentónica del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*. 92:51-74. <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.9-2.3>
41. MORENO, C.E.; CASTILLO-CAMPOS, G.; VERDÚ, J.R. 2009. Taxonomic diversity as complementary information to assess plant species diversity in secondary vegetation and primary tropical deciduous forest. *Journal of Vegetation Science*. 20(5):935-943. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01094.x>
42. MORGAN, M.B.; COWLES, D.L. 1997. The effects of temperature on the behaviour and physiology of *Phataria unifascialis* Gray (Echinodermata, Asteroidea) implications for the species' distribution in the Gulf of California, Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 208(1-2):13-27. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02675-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02675-5)
43. NORIEGA, N.; PAULS, S.M.; DEL MÓNACO, C. 2006. Abundancia de *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea) en las costas de Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 54(3):793-802. <https://doi.org/10.15517/rbt.v54i3.12789>
44. POMPA, L.; PRIETO, A.; MANRIQUE, R. 1989. Abundancia y distribución espacial en la población del erizo *Echinometra lucunter* L. en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*. 40:289-294.
45. QUINN-LAMPSON, S.R.; BENITO-SANDINO, O.; SOLÍS-MARÍN, F.A.; ARRIAGA-OCHOA, J.; LAGUARDA-FIGUERAS, A. 2015. Primeros registros de equinodermos (Echinodermata) en aguas someras de Corn Island, Caribe, Nicaragua. *Revista de Biología Tropical*. 63:27-35. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v63i2.23126>
46. REYES BONILLA, H.; GONZÁLEZ AZCÁRRAGA, A.; ROJAS SIERRA, A. 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar Asteroidea en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*. 53(3):233-244. <https://doi.org/10.15517/rbt.v53i3.26779>
47. ROGERS, C.; GARRISON, G.; GORBER, G.; HILLIS, Z.; FRANKE, M. 1994. Manual para el monitoreo de Arrecifes en el Caribe y el Atlántico occidental. USVI: US National Park Service (Washington D.C.). 119p.
48. SCHROETER, S.C.; DIXON, J.D.; EBERT, T.A.; RANKIN, J.V. 1996. Effects of kelp forests *Macrocystis pyrifera* on the larval distribution and settlement of the red and purple sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*. *Marine Ecology Progress Series*. 133:125-134.
49. SEGOVIA, J.; GUERRA, G.; RAMOS, F. 2017. Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes rocosos de Punta Amapala y Los Cóbanos, El Salvador. *Revista de Biología Tropical*. 65(1):S92-S100. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i1-1.31670>
50. TORREBLANCA-RAMÍREZ, C.; FLORES-GARZA, R.; FLORES-RODRÍGUEZ, P.; GARCÍA-IBÁÑEZ, S.; GALEANA-REBOLLEDO, L. 2012. Riqueza, composición y diversidad de la comunidad de moluscos asociada al sustrato rocoso intermareal de playa Parque de la Reina, Acapulco, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 47(2):283-294. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572012000200010>

51. TUCKER, C.M.; CADOTTE, M.W.; CARVALHO, S.B.; DAVIES J.; FERRIER, S.; FRITZ, S.A.; GRENYER, R.; HELMUS, M.R.; JIN, L.S.; MOOERS, A.O.; PAVOINE, S.; PURSCHKE, O.; REDDING, D.W.; ROSAUER, D.F.; WINTER, M.; MAZEL, F. 2017. A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. *Biological Reviews*. 92:698-715. <https://doi.org/10.1111/brv.12252>
52. URREGO-SALINAS, M.; PENA-QUEVEDO, H.; DUEÑAS-VALDERRAMA, F. 2016. Equinodermos del Cabo de la Vela La Guajira, Colombia en la colección de referencia de la Universidad El Bosque. *Biota Colombiana*. 17(1):124-130. <https://doi.org/10.21068/C2016v17r01a09>
53. WATTS, S.A.; MCCLINTOCK, J.B.; LAWRENCE, J.M. 2007. Chapter 23 Ecology of *Lytechinus*. En: *Developments in aquaculture and fisheries science*. Volumen 37. Elsevier. p.473-497.
54. WATTS, S.; LAWRENCE, A.; LAWRENCE, J.; LAWRENCE, J.M. 2013. Sea urchins: biology and ecology. En: Lawrence, J.M. (ed). *Ecology of *Centrostephanus**. Elsevier Science. p.155-169.
55. ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River, Nueva Jersey, Prentice Hall. 663p.
56. ZARZA-GONZÁLEZ, E. 2011. El Entorno ambiental del Parque Nacional Natural Corales Del Rosario y de San Bernardo (PNNCRSB). Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Banco Mundial - GEF, Patrimonio Natural - Fondo para Biodiversidad y las Áreas Protegidas. Cartagena, Colombia. 416p.