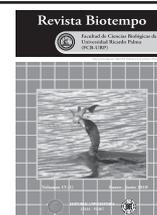




Biotempo (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTICULO ORIGINAL

CHARACTERIZATION OF THE POPULATION OF THE LONG-SPINED SEA URCHIN *DIADEMA ANTILLARUM* PHILIPPI, 1845 (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) IN THE WEST OF CAYO SANTA MARÍA, VILLA CLARA, CUBA

CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DEL ERIZO MARINO DE ESPINAS LARGAS *DIADEMA ANTILLARUM* PHILIPPI, 1845 (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) EN EL OESTE DE CAYO SANTA MARÍA, VILLA CLARA, CUBA

Rodolfo Arias Barreto^{1*}; Diana Martín Campillo¹; Elena Rodríguez Hernández²;
Rafael Armiñana García²; Rigoberto Fimia Duarte³ & José Iannacone^{4,5}

¹ Centro de Estudios y Servicios Ambientales de Villa Clara, Cuba (CESAMVC).
E-mail: ariasr@cesam.vcl.cu, dianamc@cesam.vcl.cu

² Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara, Cuba.
E-mail: elenar@uclv.cu/ rarminana@uclv.cu

³ Facultad de Tecnología de la Salud, Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara, Cuba. E-mail: rigobertofd@infomed.sld.cu

⁴ Laboratorio de Parasitología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma (URP), Lima, Perú.

⁵ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú.
E-mail: joseiannacone@gmail.com

ABSTRACT

The knowledge of animal species whose populations are being affected by their habitats is a real need to conserve biological diversity. The populations of black-spined sea urchins *Diadema antillarum* from the Caribbean and the western Atlantic suffered massive mortality that began in January 1983 and lasted until February 1984. In Cuba there is only one record, in a very specific locality of West Havana, on the state of populations of *D. antillarum* before the mortality event. In the province of Villa Clara, there have been no population studies of the species and there are only references to the presence of *D. antillarum* in 15 localities of the province. Observations made in the West of Cayo Santa María have suggested the existence of a remarkable abundance which could mean a possible recovery of the species. This has laid the foundations for the characterization of the *D. antillarum* population in the west of Cayo Santa María. Samples were taken June 28-30, 2016. Two types of transects were carried out: band transects for urchin studies and linear intercept transects for macroalgae cover, both with a length of 10 m and a total of 28. It is concluded that in the west of Cayo Santa María there

is an abundant population of *D. antillarum* with a predominance of adult specimens, although not at the pre-mortality levels of 1983. The structure of the population is biased towards individuals of great size and corresponds to those of nearby localities in the geographical area.

Key words: population – abundance – *Diadema antillarum* – mortality – Cayo Santa María – Villa Clara

RESUMEN

El conocimiento de las poblaciones animales están siendo objeto de afectación de sus hábitats, y es una necesidad real conservar su diversidad biológica. El erizo negro de espinas largas *Diadema antillarum* Philippi, 1845 (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe y del Atlántico occidental sufrieron una mortandad masiva, que empezó en enero de 1983 y duró hasta febrero de 1984. En Cuba sólo hay un registro en una localidad muy específica del Oeste de La Habana, sobre el estado de poblaciones de *D. antillarum*, antes del evento de mortalidad. En la provincia Villa Clara, no se han hecho estudios poblacionales de la especie. Sólo se tienen referencias de la presencia de *D. antillarum*, en 15 localidades de la provincia. Observaciones realizadas en el Oeste del cayo Santa María, han sugerido la existencia de una notable abundancia, lo que podría significar una posible recuperación de la especie. Esto ha sentado las bases para caracterizar la población de *D. antillarum* en el Oeste del cayo Santa María. Los muestreos se efectuaron durante los días 28-30 de junio de 2016. Se realizaron dos tipos de transectos: transectos de banda para los estudios del erizo y transectos lineales de intercepción de puntos para la cobertura de macroalgas, ambos con una longitud de 10 m y un total de 28. Se concluye que en el oeste de cayo Santa María existe una población abundante de *D. antillarum* con predominio de ejemplares adultos, la cual no se encuentra a los niveles previos a la mortalidad de 1983. La estructura de la población es sesgada hacia individuos de gran talla y se corresponde con las de localidades cercanas en el área geográfica.

Palabras claves: abundance – Cayo Santa Maria – *Diadema antillarum* – mortality – population – Villa Clara

INTRODUCCIÓN

El filo equinodermos (gr. *echinos*, «erizo» y *derma*, «piel»), son muy conocidos entre los invertebrados marinos y algunas formas como las estrellas se han convertido en símbolos de la vida marina (Armiñana *et al.*, 2018). Se han considerado de gran interés debido a su extenso registro fósil, su importancia ecológica en el medio marino, su morfología como adultos, sus características biomecánicas inusuales, y sus embriones manipulables experimentalmente (Pawson, 2007).

Se reconocen 6950 especies de equinodermos, las cuales se incluyen en cinco clases bien definidas: Crinoideos (lirios y plumas de mar, 650 especies), Asteroideos (estrellas de mar, 2100 especies), Ofiuroideos (estrellas quebradizas y estrellas canasta, 2000 especies), Equinoideos (erizos de mar, dólares de arena, y galletas de mar, 800 especies) y Holoturoideos (pepinos de mar, 1 400 especies) (Borrero *et al.*, 2012).

El erizo negro de espinas largas, *Diadema antillarum* Philippi, 1945 (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae) (figura 1), es una especie que se encontraba ampliamente distribuida en aguas someras en el Caribe y regiones tropicales del Oeste del Océano Atlántico (Mumby *et al.*, 2006; Noriega *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2013). Este organismo es reconocido

por sus espinas largas y frágiles, generalmente de color negro, aunque pueden variar entre grises y blancas; en juveniles se observan pequeñas bandas blancas a lo largo de todas las espinas. Es de hábitos gregarios, por lo que se le encuentra con frecuencia en grandes cantidades en sus hábitats preferidos, y alcanzando densidades de más de 20 ind·m⁻² (Hendler *et al.*, 1995; Alvarado *et al.*, 2015).

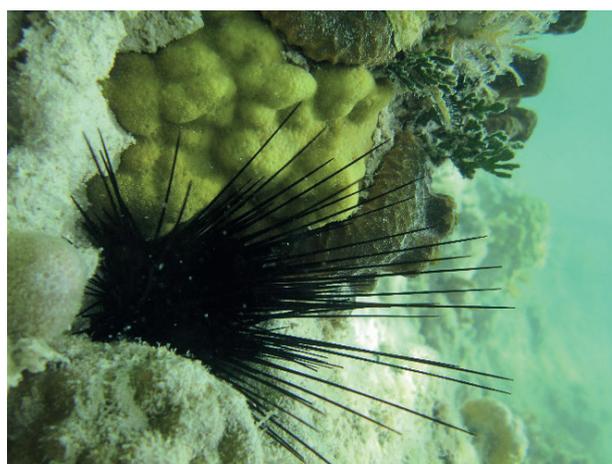


Figura 1. El erizo negro, *Diadema antillarum* Philippi, 1945 (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae).

Hendler *et al.* (1995) señalan que estos erizos, tienen la capacidad de disminuir su tamaño corporal cuando

la población es extremadamente grande y hay escasez de alimento o de aumentarlo cuando la población es pequeña, y son principalmente ramoneadores de céspedes de algas.

Durante el día permanecen protegidos en oquedades, mientras que en las noches salen a alimentarse principalmente de algas, trasladándose pocas distancias y regresando generalmente a sus refugios, lo que podría estar relacionado con la presencia o no de depredadores. Prefiere aguas quietas y esquiva activamente la acción fuerte de las olas (Caycedo, 1979; Álvarez, 1981; Lessios, 1995; Tuya *et al.*, 2004; Borrero *et al.*, 2012).

Según Lessios (1988), las poblaciones de *D. antillarum* del Caribe y del Atlántico occidental sufrieron una mortalidad masiva que empezó en enero de 1983 y duró hasta febrero de 1984 (Debrot & Nagelkerken *et al.*, 2006). Estas poblaciones fueron destruidas con mortalidades de hasta un 87-100%, que según algunos investigadores fue causada por la bacteria patógena *Clostridium perfringens* (Veillon & Zuber, 1898) Hauduroy *et al.*, 1937. Este hecho representó uno de los disturbios espacialmente más amplios y prolongados en los ecosistemas arrecifales de la región (Hughes, 1994; Mumby *et al.*, 2006; Noriega *et al.*, 2006; Mercado-Molina *et al.*, 2014).

La ausencia del erizo negro afectó la abundancia, distribución y salud de los organismos sésiles que se encuentran en los arrecifes; provocando un cambio de fase, de arrecifes dominados por corales pétreos o dominados por macroalgas (Hunte & Younglao, 1988; Hughes, 1994; Lessios, 1995; Mumby *et al.*, 2006; Schutte *et al.*, 2010; Pomory *et al.*, 2014).

Los mayores valores de abundancia observados después de la mortalidad han sido en Discovery Bay, Jamaica en 2010; Dominica en el 2001 y 2004, Puerto Rico en el 2003, Cayos de La Florida en el 2004 y San Croix 2004 (Edmunds & Carpenter, 2001; Keller, 2010).

En Cuba sólo hay un registro sobre el estado de poblaciones de *D. antillarum*, antes del evento de mortalidad (Herrera-Moreno *et al.*, 1981) y sus objetivos fueron de corte estadístico. No obstante brinda información sobre la abundancia de la especie en una localidad muy específica del Oeste de La Habana.

En el año 2001 se realizó un estudio de la condición de los arrecifes del Archipiélago de Los Canarreos, Cuba, donde se ofrecen datos de abundancia de la especie en cada uno de los sitios muestreados (Alcolado *et al.*, 2010). Entre los años 2004-2005 un grupo de investigadores realizaron estudios en una población de *D. antillarum* en los arrecifes del sur de Jardines de la Reina, Cuba, pero los resultados obtenidos no pudieron demostrar si la población se había recuperado, por falta de documentación posterior a la mortalidad (Martín-Blanco *et al.*, 2010).

En la provincia de Villa Clara, no se han hecho estudios poblacionales de la especie. Sólo se tienen referencias de la presencia de *D. antillarum*, en 15 localidades de la provincia (Arias *et al.*, 2010). Otras observaciones, han sugerido la existencia de una abundancia notable en el Oeste de Cayo Santa María, lo que podría significar una posible recuperación de la especie. Esto ha sentado las bases para el estudio del presente estudio que fue caracterizar la población de *D. antillarum* en el Oeste del cayo Santa María, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El cayo Santa María se localiza al Noreste la provincia Villa Clara y al Norte de la provincia Sancti Spíritus, como parte del subarchipiélago Camagüey dentro del archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba (Pérez-García *et al.*, 1990).

El área de estudio se ubica entre el Oeste de Punta Matamoros, extremo occidental del Cayo y un cayuelo que puede estar sumergido de acuerdo al cambio periódico del nivel del mar (figura 2), en una zona de intercambio de agua de la bahía de Buenavista con el océano, por lo que la transparencia del agua es variable dependiendo de la marea. Presenta un sustrato rocoso-arenoso de baja profundidad (menos de 2 m) donde predominan macroalgas y "turf" (algas filamentosas de bajo porte como resultado de la herbivoría); aunque también abundan gorgonáceos y corales, sin constituir un arrecife verdadero. Además, se encuentra delimitada al norte y al sur por pasto marino (*Thalassia testudinum* Banks ex König) de densidad variable.

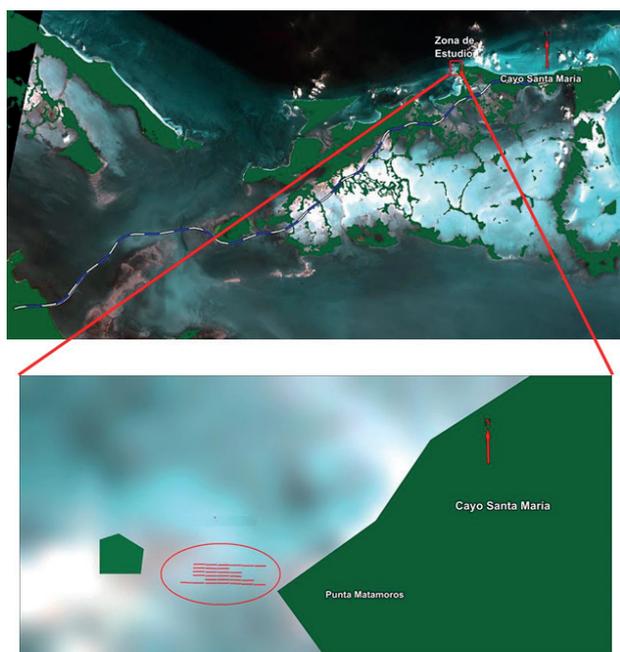


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio de *D. antillarum* (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae).

Muestreo

Los muestreos se efectuaron durante los días 28, 29 y 30 de junio del 2016. Se realizaron dos tipos de transectos: de banda para los estudios del erizo negro, y lineales de intercepción de puntos para la cobertura de macroalgas, ambos con una longitud de 10 m y un total de 28 transectos.

Todos los transectos lineales se dispusieron perpendiculares a la costa de Punta Matamoros. En cada uno se anotó cada 50 cm el grupo predominante del bentos, para un total de 20 puntos por cada uno, teniendo en cuenta principalmente el “turf” y las macroalgas. A partir de estos transectos se establecieron parcelas de 10x2m donde se colectó cada erizo y se le midió el diámetro de la testa; se anotó si eran juveniles o adultos, si se encontraban solos o en grupos y si estaban protegidos (oquedad, grieta, coral) o expuestos.

A partir de los datos tomados en el campo se calculó la densidad del erizo negro, la de grupos del erizo negro y la cobertura de macroalgas, expresada en por ciento.

El procesamiento de los datos se llevó a cabo mediante la utilización del Software Statistica 10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestrearon 290 individuos de la especie. De estos, la mayoría (279) fueron adultos y sólo 11 juveniles (tabla 1). La mayor parte de los adultos se encuentran formando parte de grupos, lo que constata el carácter gregario que posee esta especie. Sin embargo, casi todos los juveniles se encontraron solitarios, esto podría estar dado por la competencia en cuanto a alimento y espacio que podrían ejercer los adultos sobre ellos.

Tabla 1. Estado de agregación del erizo negro *Diadema antillarum* Philippi, 1945 (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae) de acuerdo a la categoría de edad.

Agregación	Adultos	Juveniles	Total
Solitario	10	9	10
Grupo	269	2	271
Total	279	11	290

El predominio de adultos con respecto a los juveniles ya fue señalado para poblaciones de la especie en épocas posteriores a la mortalidad masiva (Lessios, 1988). Estos valores podrían estar dados porque al disminuir la densidad de los adultos, disminuye también la posibilidad de fecundación de los óvulos. La presencia de más adultos que juveniles podría ser explicado por tres razones que no son necesariamente excluyentes: que los juveniles se localizaran al límite de la población, que el muestreo se haya realizado en un período de poco reclutamiento, o que los erizos en estadio larval tengan menores probabilidades de sobrevivir (Alvarado *et al.*, 2015; Rogers & Lorenzen, 2016).

El número de grupos por transecto fue variable y osciló entre un grupo, en cinco transectos, y cinco, en un transecto; lo cual puede estar relacionado con la abundancia de refugios en los transectos. La composición osciló entre 2 y 59 individuos, con un promedio de 11 erizos por grupo (tabla 2) esta variación puede estar asociada con el tamaño de los refugios; a mayor tamaño de estos mayor cantidad de erizos pueden usarlos. Se hace necesario en estudios posteriores cuantificar la abundancia y dimensiones de los posibles refugios para comprobar su influencia sobre la especie.

Tabla 2. Número de individuos del erizo negro *Diadema antillarum* Philippi, 1945 (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae) por grupos y transectos.

Transecto	Grupo	No de individuos
3	1	5
9	1	15
9	2	10
9	3	6
10	1	2
11	1	15
11	2	10
11	3	7
11	4	10
11	5	2
12	1	7
15	1	11
16	1	14
16	2	2
16	3	15
16	4	59
19	1	14
21	1	9
21	2	9

La densidad de *D. antillarum* en el área promedia los 0,514 ind·m⁻² (tabla 3); estas oscilan entre los valores de 0,00 ind·m⁻² a 4,55 ind·m⁻². No se encontraron erizos en el 47% de los transectos muestreados. Esto también es un reflejo del carácter gregario de la especie. En ocasiones los transectos sin erizos se encontraron adyacentes a los de mayor densidad (2-4 ind·m⁻²).

Tabla 3. Abundancia del erizo negro *Diadema antillarum* Philippi, 1945 (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae).

Variable	promedio	Mediana	Moda	Frecuencia de la moda	Mínimo	Máximo	Error estándar
Densidad de erizos	0,50	0,05	0,00	13	0,00	4,55	0,18

En Cuba el estudio pre-mortalidad realizado mostró una densidad de 2,98 ind·m⁻², con valores entre 2,23- 3,73 ind·m⁻² (Herrera-Moreno *et al.*, 1981). Estos valores en general resultan mayores que los encontrados en la zona de estudio. No obstante, la densidad máxima encontrada en esta investigación resulta mayor que en la investigación citada.

De los seis cayos muestreados en 2004 por Martín-Blanco *et al.* (2010) en el Archipiélago Jardines de la Reina (Cuba), cuatro presentaron densidades menores a las encontradas en el área de estudio, mientras que los

dos restantes superaban este valor. En abril del 2005, de 10 sitios muestreados, seis superaron los 0,514 ind·m⁻²; mientras que los cuatro sitios restantes mostraron valores que no excedían los 0,197 ind·m⁻². En septiembre del 2005, de 12 sitios muestreados, fueron más los valores que superaron los 0,514 ind·m⁻², en un total de siete sitios y con valores más altos a los anteriores entre 0,597-2,183 ind·m⁻². Los cinco cayos restantes revelaron valores menores de densidad desde 0,043-0,103 ind·m⁻². En total, entre junio del 2004 y septiembre del 2005, 13 valores mostraron densidades menores a 0,514 ind/m² con rangos entre 0,013-0,41 ind·m⁻² y 15 valores superaron esta densidad con rangos de abundancia entre 0,597-2,183 ind·m⁻². Lo cual puede indicar que la población de *D. antillarum* de la zona de estudio se encuentre en un estado similar a la del muestreo del año 2004.

En Cuba, otros estudios reflejan valores cercanos, o inferiores, a los encontrados en el presente estudio. Busutil *et al.* (2011) no encontraron ejemplares de *D. antillarum* en 14 sitios ubicados al Este del archipiélago Sabana-Camagüey. Alcolado *et al.* (2013) encontraron valores mayores a 2 ind·m⁻² en dos arrecifes del archipiélago Los Canarreos, mientras que en los cuatro restantes eran inferiores a los del presente estudio. Las densidades reportadas para dos crestas arrecifales cercanas a la Ciudad de la Habana, son notablemente menores; con valores de 0,13 ind·m⁻² en playa Baracoa y 0,01 ind·m⁻² en el Rincón de Guanabo (Hernández-Delgado *et al.*, 2017).

La recuperación de la especie, a lo largo del Caribe, se ha visto con mayor frecuencia en zonas poco profundas (Lessios, 2016; Rogers & Lorenzen, 2016) y poco expuestas al oleaje (Lacey, 2013; Rodríguez-Barreras *et al.*, 2014); características que posee Punta Matamoros. La mayoría de los estudios en Cuba se han realizado en arrecifes frontales o crestas arrecifales expuestas al oleaje, lo cual puede ser la causa de la diferencia con respecto a lo encontrado en este sitio.

Al contrastar la abundancia de los erizos con el porcentaje de cobertura de macroalgas se aprecia que cuando *D. antillarum* excede la densidad de 1 ind·m⁻², la cobertura de macroalgas no sobrepasa el 20% del sustrato y a partir de 2 ind·m⁻², no se observa la presencia de macroalgas (figura 3). El segundo valor ha sido señalado como la densidad efectiva para el control de las macroalgas en los arrecifes (Steiner & Williams, 2006; Precht & Precht, 2015).

Cuando la densidad de individuos es cero, el porcentaje de macroalgas es variable y oscila entre el 0% hasta el 85% de cobertura (figura 3). Estos resultados se comportan

de manera similar a los reportados para el Archipiélago Jardines de la Reina en 2004-2005; donde el porcentaje de cobertura de algas fue significativamente mayor en las pendientes de los arrecifes donde las densidades de la especie fueron cero o cercanas a cero (Martín-Blanco *et al.*, 2011). En el segundo se encontró una correlación negativa significativa entre la densidad del erizo y la cobertura de macroalgas (Rodríguez-Barreras, 2015).

Al analizar la estructura de tallas de la población se observó erizos en todas las clases; las más abundantes fueron las de entre 6 cm a 9 cm, resultando más frecuentes los individuos de entre 7 y 8 cm, lo que coincide con lo expresado acerca del predominio de los adultos (figura 4). La abundancia baja de individuos en las tres primeras clases de talla, apunta a un reclutamiento limitado en esta población. Un patrón similar fue encontrado en los arrecifes de Puerto Rico (Rodríguez-Barreras *et al.*, 2014).

Estudios que incluyen 235 sitios de los cayos de La Florida registran densidades relativamente bajas y estructuras de tallas similares a los encontrados en este estudio (Chiappone *et al.*, 2008; Chiappone *et al.*, 2013).

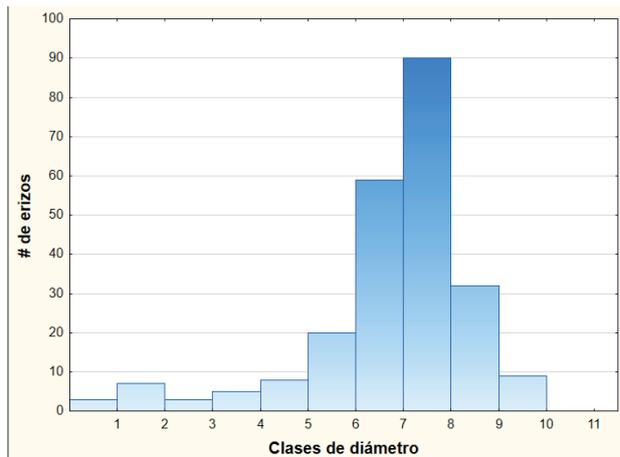


Figura 4. Estructura de tallas de la población de *Diadema antillarum* Philippi, 1945 (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae) en la zona de estudio.

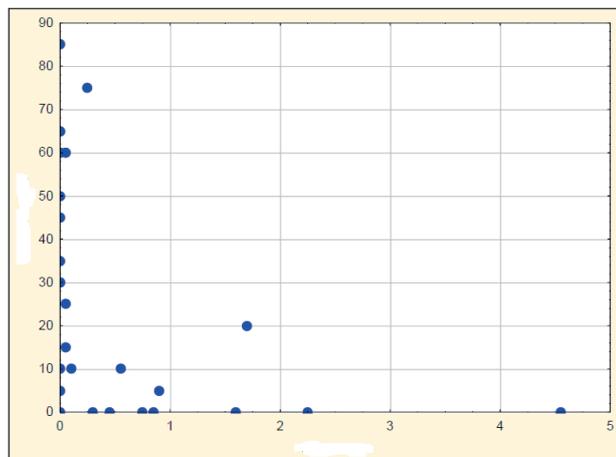


Figura 3. Relación entre la densidad de *Diadema antillarum* Philippi, 1945 (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae) y la cobertura de macroalgas.

Registros anteriores sobre *D. antillarum* en los arrecifes frontales del sur de Jardines de la Reina, plantean que las distribuciones de tallas fueron dominadas por un 48% de erizos entre 5,1-7,0 cm de diámetro (Martín-Blanco *et al.*, 2010), tamaños inferiores a 4,0 cm fueron escasos; mientras que en los datos expuestos en el presente estudio, el 54% fue superior a los 7 cm y el 10% con tamaños inferiores de 4,5 cm. De lo anterior se aprecia que las tallas predominantes al Oeste de Santa María son mayores que las reportadas en Jardines de la Reina. Si se tiene en cuenta que se encontraron densidades mayores en Jardines de la Reina, que en la localidad de estudio; la diferencia en las tallas entre ambos puede deberse a la habilidad de los erizos negros de “reducir” el tamaño de su cuerpo en respuesta a las limitaciones de comida causadas por una creciente densidad de la población (Hendler *et al.*, 1995; Alvarado *et al.*, 2015).

Se concluye entonces que en el oeste de cayo Santa María, Cuba, existe una población abundante de *D. antillarum* con predominio de ejemplares adultos, la cual no se encuentra a los niveles previos a la mortalidad de 1983 y los individuos se distribuyen en grupos de composición variable, relacionados con la disponibilidad de refugios, es destacable que la estructura de la población es sesgada hacia individuos de gran talla y se corresponde con las de localidades cercanas en el área geográfica, el efecto de la herbivoría de la especie se manifiesta en la disminución de la cobertura de macroalgas dónde estos son más abundantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcolado, P.M.; Morgan, I.E.; Kramer, P.A.; Ginsburg, R.N.; Blanchon, P.; De la Guardia, E.; Kosminin, V.; González-Ferrer, S. & Hernández, M. 2010. Condición de arrecifes remotos en el suroeste de Cuba. *Ciencias Marinas*, 36: 179-197.
- Alcolado, P.M. & Durán A. 2011. Sistema de escalas para la clasificación y puntaje de condición del bentos e ictiofauna de arrecifes coralinos de Cuba y del Gran Caribe. *Serie Oceanológica*, 8: 25-29.
- Alcolado, P.M.; Caballero, H.; Lara, A.; Rey-Villiers, N.; Lugiyo, G. M.; Alcolado-Prieto, P.; Castellanos, S.; Perera, S. & Rodríguez-García, A. 2013. Resiliencia en crestas de arrecifes coralinos del este del golfo de Batabanó, Cuba, y factores determinantes probables. *Serie Oceanológica*, 13: 49-75.
- Alvarado, J.J.; Reyes, B.H. & Benítez, V.F. 2015. *Diadema mexicanum*, erizo de mar clave en los arrecifes coralinos del Pacífico Tropical Oriental: lo que sabemos y perspectivas futuras (Diadematoidea: Diadematoidea). *Revista de Biología Tropical*, 63 (Suppl. 2): 135-157.
- Álvarez, L.R. 1981. Listado preliminar de los equinodermos de la costa Atlántica colombiana. *Boletín Museo del Mar*, 10:24-39.
- Arias, R.; Martín, I.; Quirós, A.; Perdomo, M.E. & Rodríguez, E. 2010. *Contribución al conocimiento de la biodiversidad marina de la plataforma de Villa Clara*. Biodiversidad de los principales hábitats marinos de Villa Clara. Reporte de investigación. Centro de Estudios y Servicios Ambientales de Villa Clara. Cuba.
- Armiñana, G.R.; Banasco, A.J.; Guerra, S.M. & Bustó, O. 2018. *Zoología de los no cordados*. Tomo II. Editorial Universitaria «Félix Varela». La Habana, Cuba.
- Borrero, P.G.; Benavides, S.M. & Díaz, S.C.M. 2012. *Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea*. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras "Jose Benito Vives de Andrés" -Invemar-, Santa Marta, Colombia.
- Busutil, L.; Caballero, H.; Hidalgo, G.; Alcolado-Prieto, P. & Martínez-Daranas, B. 2011. Condición del bentos de los arrecifes coralinos de Santa Lucía (nordeste de Cuba) antes y después del paso del huracán Ike. *Serie Oceanológica*, 8: 30-42.
- Caycedo, I.E. 1978. Holothuroidea (Echinodermata) de aguas someras en la Costa Norte de Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, 10: 149-198.
- Chiappone, M.; Rutten, L. M.; Miller, S. L. & Swanson, D. W. 2013. Recent trends (1999-2011) in population density and size of the echinoid *Diadema antillarum* in the Florida Keys. *Florida Scientist*, 76: 23-35.
- Chiappone, M.; Rutten, L.M.; Swanson, D. & Miller S.L. 2008. Population status of the urchin *Diadema antillarum* in the Florida Keys, 25 years after the Caribbean mass mortality. In: *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*, Ft. Lauderdale: 706-710.
- Debrot, A.O. & Nagelkerken, I. 2006. Recovery of the long-spined sea urchin *Diadema antillarum* in Curaçao (netherlands antilles) linked to lagoonal and wave sheltered shallow rocky habitats. *Bulletin of Marine Science*, 79: 415-424.
- Edmunds, P.J. & Robert, C. Carpenter. 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*, 98: 5067-5071.
- Hendler, G.; Miller, J.E.; Pawson, D.L. & Kier, P.M. 1995. *Sea Stars, sea urchins & Allies: Echinoderms of Florida & the Caribbean*. 390 pp.
- Hernández-Delgado, F., González-Díaz, S. P. y Ferrer-Rodríguez, V. M. 2017. Evaluación de *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) y *Diadema antillarum* Philippi y Agassiz, 1863 en las crestas arrecifales de playa Baracoa (Provincia Artemisa) y Rincón de Guanabo (Provincia La Habana), Cuba. *Revista de investigaciones marinas*, 37: 80-99.
- Herrera-Moreno, A.; Valdés-Muñoz, E. & Ibarzábal-Bombalier, D. 1981. *Evaluación poblacional del erizo negro, Diadema antillarum Philippi, mediante un diseño de muestreo aleatorio estratificado y algunos aspectos de su biología, La Habana, Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba.

- Hughes, T.P. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*, 265: 1547-1551.
- Hunte, W. & Younglao, D. 1988. Recruitment and population recovery of *Diadema antillarum* (Echinodermata; Echinoidea) in Barbados. *Marine Ecology – Progress Series*, 45: 109-119.
- Keller, J. 2010. *Recovery of the long-spine sea urchin, Diadema antillarum, in Discovery Bay, Jamaica, 27 years after its mass mortality*. <https://www.coastal.edu/media/administration/honorsprogram/pdf/Jessica%20Keller.pdf>, accesado el 4 de marzo de 2016.
- Lacey, E.A.; Fourqurean, J.W. & Collado-Vides, L. 2013. Increased algal dominance despite presence of *Diadema antillarum* populations on a Caribbean coral reef. *Bulletin of Marine Science*, 89: 603-620.
- Lessios, H.A. 1988. Population dynamics of *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea) following mass mortality in Panamá. *Marine Biology*, 99: 515-526.
- Lessios, H. A. 1995. *Diadema antillarum* 10 years after mass mortality: still rare, despite help from a competitor. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B*: 259, 331-337.
- Lessios, H.A. 2016. The great *Diadema antillarum* die-off: 30 years later. *Annual Review of Marine Science*, 8: 267-283.
- Martín-Blanco, F.; González-Sansón, G.; Pina-Amargós, F. & Clero-Alonso, L. 2010. Abundance, distribution and size structure of *Diadema antillarum* (Echinodermata: Diadematidae) in South Eastern Cuban coral reefs. *Revista de Biología Tropical*, 58: 663-676.
- Martín-Blanco, F.; Lídice-Clero, A.; González-Sansón, G. & Pina-Amargós, F. 2011. Influence of *Diadema antillarum* populations (Echinodermata: Diadematidae) on algal community structure in Jardines de la Reina, Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 59: 1149-1163.
- Mercado-Molina, A.E.; Montañez-Acuña, A.M.; Rodríguez-Barreras, R.; Colón-Miranda, R.; Díaz-Ortega, G.; Martínez-González, N.; Schleier-Hernández, S. & Sabat, A.M. 2014. Revisiting the population status of the sea urchin *Diadema antillarum* in northern Puerto Rico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-8.
- Mumby, P.J.; Hedley, J.D.; Zychaluk, K.; Harborne, A.R. & Blackwell, P.G. 2006. Revisiting the catastrophic die-off of the urchin *Diadema antillarum* on Caribbean coral reefs: Fresh insights on resilience from a simulation model. *Ecological Modelling* 196: 131–148.
- 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: 793-802.
- Pawson, D. 2007. Phylum Echinodermata. *Zootaxa*, 1668: 749-764.
- Pérez-García, J.O.; González-Day, M. & Rodríguez-González, J.L. 1990. *Geomorfología submarina*. En: García, J.O.P. *et al.* (eds.). *Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos*. Cayos Francés, Cobo, Las Brujas, Ensenachos y Santa María. pp. 8-13.
- Pomory, C.M.; Wright, J.E.; Dabruzzi, T.F.; Howsden, D.; O'Boyle, L.; Beddick, D.; Bretana, W.; Onjukka, L.; Somerset, C. & Bennett, W.A. 2014. Density of *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea) on live coral patch reefs and dead *Acropora cervicornis* rubble patches near loggerhead key, dry Tortugas National Park, Florida, USA. *Caribbean Journal of Science*, 4:1-8.
- Precht, L.L. & Precht, W.F. 2015. The sea urchin *Diadema antillarum* – keystone herbivore or redundant species?. *PeerJ Preprints*, 2: e1565v2 <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1565v2>.
- Rogers, A. & Lorenzen, K. 2016. Does slow and variable recovery of *Diadema antillarum* on Caribbean fore-reefs reflect density-dependent Habitat Selection?. *Frontiers in marine sciences*, 3: article 53.
- Rodríguez, A.; Hernández, J.C.; Clemente, S. & Coppard, S.E. 2013. A new species of *Diadema* (Echinodermata: Echinoidea: Diadematidae)

- from the eastern Atlantic Ocean and a neotype designation of *Diadema antillarum* (Philippi, 1845). *Zootaxa*, 3636: 144-170.
- Rodríguez-Barreras, R.; Pérez, M.E.; Mercado-Molina, A.E.; Williams, S.M. & Sabat, A. M. 2014. Higher population densities of the sea urchin *Diadema antillarum* linked to wave sheltered areas in north Puerto Rico Archipelago. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94:1661-1669.
- Rodríguez-Barreras, R. 2015. Current status of the sea urchin *Diadema antillarum* in Puerto Rico. Tesis doctoral. Department of Biology Faculty of Natural Science University of Puerto Rico.
- Rogers, A. & Lorenzen, K. 2016. Does slow and variable recovery of *Diadema antillarum* on Caribbean fore-reefs reflect density-dependent habitat selection?. *Frontiers in Marine Science*, 3: 1-10.
- Schutte, V.G.W.; Selig, E.R. & Bruno, J.F. 2010. Regional spatio-temporal trends in Caribbean coral reef benthic communities. *Marine Ecology Progress Series*, 402:115-122.
- Steiner, S.C.C. & Williams, S.M. 2006. A recent increase in the abundance of the echinoid *Diadema antillarum* in Dominica (Lesser Antilles): 2001-2005. *Revista de Biología Tropical*, 54: 97-103.
- Tuya, F.; Martín, J.A. & Luque, A. 2004. Patterns of nocturnal movement of the long-spined sea urchin *Diadema antillarum* (Philippi) in Gran Canaria (the Canary Islands, central East Atlantic Ocean). *Helgoland Marine Research*, 58:26-31.

Received March 13, 2018.

Accepted May 25, 2018.