

Asociación a sustratos de los erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México

E.V. Celaya-Hernández, F.A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figuera., A. de la L. Durán-González & T. Ruiz Rodríguez

Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Apdo. Post. 70-305, México D.F. 04510, México; e-mail: evchl@yahoo.com; fasolis@icmyl.unam.mx; laguarda-figueras@icmyl.unam.mx; aliciad@icmyl.unam.mx; badelfi@yahoo.com.mx

Recibido 15-VIII-2007. Corregido 06-V-2008. Aceptado 17-IX-2008.

Abstract: Regular sea urchins substrate association (Echinodermata: Echinoidea) on Isla Verde lagoon reef, Veracruz, Mexico. The diversity, abundance, distribution and substrate association of the regular sea urchins found at the South part of Isla Verde lagoon reef, Veracruz, Mexico is presented. Four field sampling trips were made between October, 2000 and October, 2002. One sampling quadrant (23 716 m²) the more representative, where selected in the southwest zone of the lagoon reef, but other sampling sites were chosen in order to cover the south part of the reef lagoon. The species found were: *Euclidaris tribuloides tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Centrostephanus longispinus rubicingulus*, *Echinometra lucunter lucunter*, *Echinometra viridis*, *Lytechinus variegatus* and *Tripneustes ventricosus*. The relation analysis between the density of the echinoids species found in the study area and the type of substrate was made using the Canonical Correspondence Analysis (CCA). The substrates types considered in the analysis were: coral-rocks, rocks, rocks-sand, and sand and *Thalassia testudinum*. The sand substrate with pieces of shell fragments was omitted from the analysis, since *D. antillarum* was the only species present in this habitat. During the two sampling climatic seasons the distribution of *E. tribuloides tribuloides* and *C. longispinus rubicingulus* was investigated to determine their substrate association on coral-rock and rock. The distribution of *D. antillarum*, *E. lucunter lucunter* and *E. viridis* was mainly associated to coral-rock, rock and sand substrates, while which the distribution of *L. variegatus* and *T. ventricosus* was more associated with presence of sea grass. The distribution of sea urchins is associated with the substrate type and their feeding habits which are also intimately linked. The seven species reached their biggest abundance during the raining season. *E. lucunter lucunter* and *D. antillarum* are considered in this study as bioindicators of the ecological quality of the coral reef. Rev. Biol. Trop. 56 (Suppl. 3): 281-295. Epub 2009 January 05.

Key words: Echinoidea, diversity, abundance, Isla Verde Reef, Veracruz, Mexico.

Los erizos regulares han sido registrados en el litoral del estado de Veracruz en México, en diversos estudios, como los de Caso (1961) que presenta un análisis de distribución, taxonómico y sistemático de los equinoideos mexicanos. En este trabajo informa la presencia de *Euclidaris tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Echinometra lucunter*, *Lytechinus variegatus* y *Tripneustes ventricosus* para el arrecife de Isla Verde, Veracruz. Así mismo, Caso (1974)

reporta a *T. ventricosus* para Isla Verde en un estudio que realizó acerca de la morfología y ecología de la misma. Orbe-Mendoza (1971) realizó un estudio en el que presentan aspectos ecológicos y morfológicos de tres especies de erizos pertenecientes a la Familia Cidaridae, en el cual reporta a *E. tribuloides* para el arrecife de Isla Verde. PEMEX y Secretaría de Marina (1987) presentan un marco referencial ambiental de las condiciones que determinan el

desarrollo de la comunidad coralina del sistema arrecifal del Puerto de Veracruz, mediante la evaluación cualitativa y cuantitativa de los corales escleractinios de los arrecifes de Isla de Enmedio, Anegada de Afuera, Isla Verde, La Blanquilla, Isla Sacrificios y Anegada de Adentro. Entre las especies referidas en dicho estudio se encuentran los erizos: *E. tribuloides*, *D. antillarum*, *E. lucunter*, *Ecinometra viridis*, *L. variegatus* y *T. ventricosus* para el arrecife de Isla Verde. Nishimura (2005) halla a *T. ventricosus* en este mismo arrecife. Gutiérrez-Castro (1999) indica la presencia de *Centrostephanus longispinus rubicingulus* para el área de Veracruz. Laguarda-Figueroa *et al.* (2005) reporta a *C. longispinus rubicingulus* para el arrecife de Isla Verde, y hacen referencia a otras siete especies de equinoideos regulares.

Los equinoideos juegan un papel muy importante en el balance de los océanos y de los arrecifes de coral, ya sea como grandes consumidores de otros animales, algas, plantas marinas y detritos orgánicos, y como recurso alimenticio para otras especies de peces y crustáceos (Birkeland 1989). También juegan un papel muy importante en la economía de algunas sociedades humanas, ya que ciertos erizos son apreciados como alimento para humanos y toneladas de ellos son capturados comercialmente cada año (Ubaghs 1978, Hendler *et al.* 1995). Donde son abundantes pueden ejercer una considerable influencia en los ecosistemas: una densa población de erizos puede desnudar vastas regiones de algas y pastos marinos, controlando las poblaciones de las mismas. Asimismo, los erizos son responsables, en cierta medida, de la bioerosión, produciendo grandes cantidades de sedimento fino que recubre esas zonas del piso marino y que fácilmente es removido con los movimientos y corrientes marinas, esta acción es ocasionada por el trabajo que realizan con su aparato masticador al alimentarse (Hendler *et al.* 1995). Asimismo, la biología y la ecología de diversos erizos regulares ha sido poco tratada. Debido a la destrucción y pérdida de los litorales rocosos y de los arrecifes de coral en los últimos años (ya

sea por causas antrópicas o naturales), se crea la necesidad de conocer aspectos ecológicos y biológicos de los erizos regulares, como lo son las preferencias de sustrato que tienen dichos organismos, ya que la asociación de sustrato que presentan los equinoideos regulares esta sumamente relacionada con su alimentación, aunado a que son especies claves en la ecología de estos ambientes (Birkeland 1989).

MATERIALES Y MÉTODOS

En Veracruz, los arrecifes de coral están divididos en tres grandes grupos. El primer grupo es el más boreal y se sitúa al Sureste de cabo Rojo y está compuesto por tres arrecifes (27°15' N, 97°13'30" W). El segundo grupo dista aproximadamente 48.8 km del primero y se localiza al Noreste de la desembocadura del Río Tuxpan y está compuesto asimismo por 3 arrecifes (21°02' N, 97°12' W) y el Tercer Grupo, declarado Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) (19°03'00"-19°14'5" N y 95°47'36"-96°08'13"W), se localiza enfrente del puerto de Veracruz y de la población de Antón Lizardo a 1.5 millas de la costa (Vargas-Hernández *et al.* 1993). Situado en la mitad interior de la Plataforma Continental (Hernández-Aguilera *et al.* 2004), representa el límite occidental de la distribución de los arrecifes del océano Atlántico (González 2000). El SAV consta de 23 arrecifes que a su vez se subdividen geográficamente en dos subgrupos: Norte y Sur. El subgrupo Norte se encuentra frente al puerto de Veracruz y está compuesto por 11 arrecifes, y entre ellos esta el Arrecife de Isla Verde (19°11'50" N y 96°04'06"W) (Fig. 1). Isla Verde es un arrecife de tipo plataforma (Noriega 2001) que se localiza a 5.9 km del puerto de Veracruz (González-Solis 1985), y está constituido por un banco de restos bioclásticos calcáreos predominantemente coralinos, pertenecientes al Pleistoceno Reciente y es producto del descenso en el nivel del mar, debido a la última glaciación (Emery 1963). Considerando sus límites a partir de su base en el lecho marino, tiene más de 1 500 m de largo en su sección más extendida

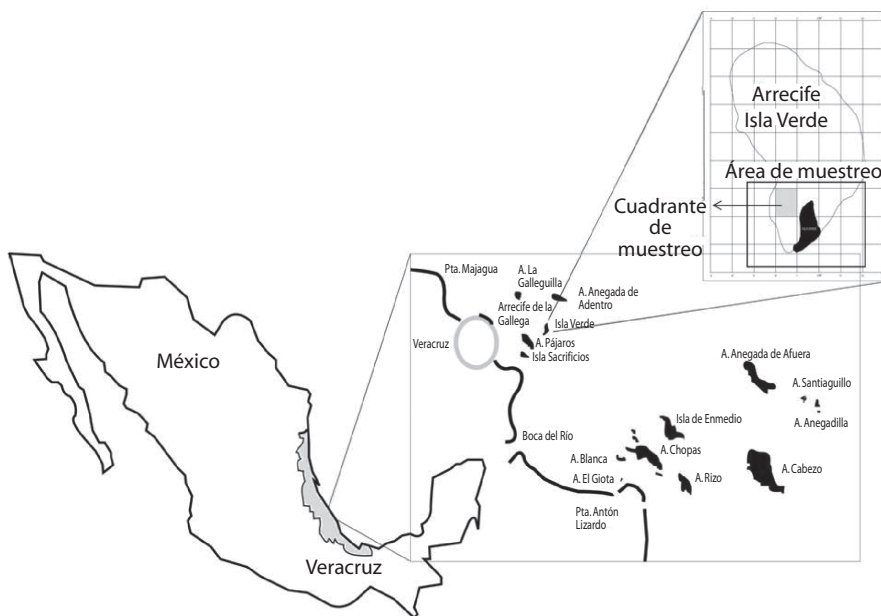


Fig. 1. Veracruz, Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y arrecife Isla Verde.

Fig. 1. Veracruz, "Sistema Arrecifal Veracruzano" (SAV) and Isla Verde coral reef.

con orientación Sureste-Noroeste; la sección Norte mide aproximadamente 1 200 m y en la sección Este-Oeste en la parte más ancha mide unos 700 m.

Se realizaron cuatro recolectas en el periodo de Octubre del 2000 a Octubre del 2002, (28-29 octubre, 2000, 12-13 octubre, 2001, 18-19 abril, 2002, 10-11 octubre, 2002). Cada recolecta tuvo una duración de dos días y debido a la limitación del factor tiempo, sólo se estableció un cuadrante de muestreo dentro de la laguna arrecifal en la parte Suroeste, tratando de cubrir los distintos tipos de hábitats o biotopos que existen en ella. Así mismo, también se recolectó en la parte Sur (enfrente del cayo de arena) y Sureste hacia Barlovento. El cuadrante de muestreo midió 23 716 m² (154 m por cada lado), (19°12'05" – N, 96°04'10" – W, 19°12'05" – N, 96°04'05" – W, 19°12'00" – N, 96°04'10" – W, 19°12'00" – N, 96°04'05" – W) y la parte Sur (sureste, sur y suroeste) de la laguna arrecifal tiene un área de 185021 m². El cuadrante fue explorado sistemáticamente mediante buceo libre en el día. (Fig.

1). La captura de los erizos se realizó a mano o con un gancho tipo garfio (30 cm de largo) para aquellas especies más difíciles de desprender del sustrato. Las muestras se eligieron al azar. La georeferenciación de los sitios de recolecta se hizo con el apoyo de un GPS (Bravo *et al.*, 1999). Los ejemplares fueron narcotizados diluyendo en agua de mar pequeñas dosis de cloruro de magnesio (en cristales); la cantidad de anestésico varió de acuerdo al tamaño del organismo. Posteriormente, se fijaron en formol al 4-8 % (preparado con agua de mar). Muchos ejemplares, se fijaron directamente en alcohol etílico al 70 %.

El material recolectado fue depositado en la Colección Nacional de Equinodermos "Dra. María Elena Caso Muñoz" del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos (LSEE) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Para realizar la identificación taxonómica de los organismos se utilizaron las claves

taxonómicas y descripciones de Mortensen (1928, 1935, 1940, 1943a, b, 1951), Bernasconi (1955b), Caso (1961), Kier (1975), Serafy (1979), Worbis (1986), Gallo (1988) y Hendler *et al.* (1995). Las claves y las sinopsis taxonómicas presentadas en este trabajo fueron elaboradas en base a los criterios de Serafy (1979), siguiendo la propuesta de Smith (1984a, b). Las claves dicotómicas fueron creadas a nivel de especie, basándose en los modelos de Worbis (1986) y Gallo (1988), por ser herramientas que permiten determinaciones más rápidas y eficaces.

La distribución de los organismos se obtuvo por medio de la señalización de las coordenadas geográficas obtenidas con un GPS, en un mapa del área de muestreo (Fig. 2). También se registró el sustrato asociado (corales, roca, arena, arena con pedazos de conchas y pasto marino) en el que se encontraron los especímenes. Con dichos datos se obtuvieron los porcentajes de distribución por especie de acuerdo

al sustrato al que se encontraba asociada. Se mostraron en un mapa, las distribuciones de las especies de erizos regulares de las cuatro recolectas, con el fin de comparar asociaciones de distribuciones entre individuos de diferentes especies (Fig. 2).

La abundancia se obtuvo contabilizando los individuos de cada una de las especies dentro del cuadrante de muestreo, y fuera de este, que comprende la parte sur y sureste de la laguna arrecifal con el fin de cotejar los resultados con los del cuadrante de muestreo. Con los datos obtenidos se registro la cantidad de individuos por especie, que correspondían a cada una de las recolectas, con el fin de obtener los porcentajes de abundancia. Para el erizo *E. lucunter lucunter* la metodología que se siguió fue un poco diferente, por las características particulares de su población. Debido a que las poblaciones de las otras especies son reducidas, se tomaban los datos de todos los ejemplares localizados y así mismo todas sus posiciones

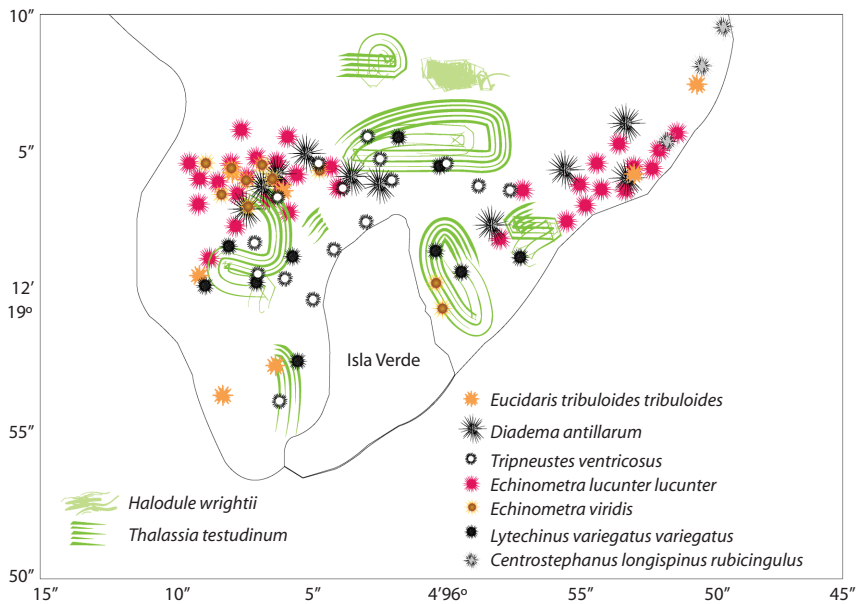


Fig. 2. Distribución de los erizos regulares registrados en las cuatro recolectas, comparando las asociaciones de distribución entre individuos de diferente especie y la presencia los pastos marinos en la parte sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

Fig. 2. Distribution of the regular sea urchins during the four sampling trips, comparing the distribution associations among individuals of different species and the presence of marine grass at the south part of Isla Verde reef lagoon.

geográficas eran registradas en el mapa de distribución; pero en el caso de *E. lucunter lucunter* aunque se contabilizaron todos los individuos fuera y dentro del cuadrante solo se tomo una submuestra al azar para registrar sus posiciones geográficas en el mapa, ya que su población es dominante y representativa (Maya-Vilchis 1993, Monroy y Solano 2005).

El análisis de la relación entre la densidad de las especies de equinoideos encontrados en el área de estudio y el tipo de sustrato se llevó a cabo utilizando el Análisis de Correspondencias Canónicas (CCA). Este análisis fue realizado con la ayuda del programa CANOCO, 4.5 (Ter Braak 1986). El

análisis canónico se aplicó a las muestras y a las especies considerando el total de años de muestreo. Pevio a este análisis, los datos de densidad fueron estandarizados mediante la transformación $\log_{10}(x+1)$, con el fin de darles el mismo peso tanto a las especies poco abundantes como a las muy abundantes. Los tipos de sustrato considerados en el análisis fueron: Coralino-rocoso, rocoso, rocoso-arenoso, arenoso y *Thalassia testudinum*, ésta última como un componente de los pastos marinos. El tipo de sustrato arenoso con pedazos de concha fue omitido del análisis, ya que *D. antillarum* era la única especie presente en éste y de baja densidad (Fig. 3).

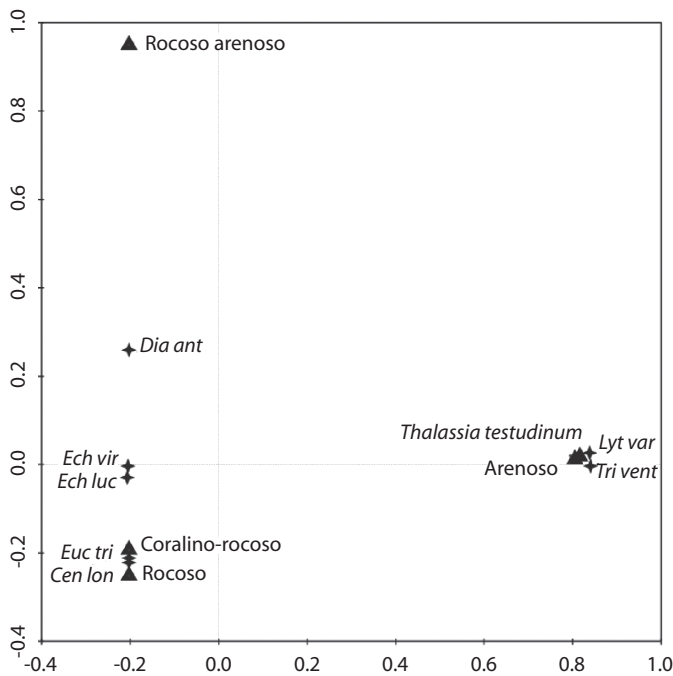


Fig. 3. Diagrama de ordenación referente al Análisis de correspondencias canónicas (CCA) basado en la densidad de las especies de erizos presentes en la parte sur de la Laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz. Los tipos de sustrato están representados por triángulos y el máximo en la densidad de cada especie de equinoideo por asteriscos. Género y especie están abreviados con tres letras (e.g. *Echinometra viridis* se abrevió como *Ech vir*). Los dos primeros ejes explican el 83% de la variación total significativa ($p=0.012$).

Fig. 3. Canonical Correspondence Analysis (CCA) based on the density of sea urchin species inhabiting the south part of Isla Verde lagoon reef, Veracruz. The types of substrate are represented by triangles and the maximum density of each species by asterisks. Genus and species abbreviated with three letters (e.g. *Echinometra viridis* is abbreviated as *Ech vir*). The two first axes explain 83% of the total variation ($p=0.012$).

RESULTADOS

Se examinó un total de 11 035 individuos, correspondientes a siete especies distribuidas en cuatro ordenes, cuatro familias y seis géneros. La especie que presentó mayor número de organismos fue *Echinometra lucunter lucunter* (Fig. 4 y 5). La profundidad en que fueron localizados varió de 0.3 a 2.5 m, a una temperatura del agua de 27 - 29.5 °C (Cuadro 1). Los sustratos a los que se encontraban asociados los erizos son: corales, roca, arena, arena con pedazos de conchas y pasto marino. Las fechas de la primera, segunda y cuarta recolecta se sitúan dentro del periodo “de Nortes” y la tercera recolecta se ubicó dentro del periodo “de lluvias”; así mismo, esta recolecta también se sitió dentro del periodo de recuperación de la biota, que aproximadamente es de marzo a julio según Villalobos (1971), para el Estado de Veracruz.

Sinopsis taxonómica del material estudiado (según Smith, 1984a y A.H. Clark, 1954)

Phylum Echinodermata De Bruguère, 1984
 Clase Echinoidea Leske, 1778
 Orden Cidaroida Claus, 1880
 Familia Cidaridae Gray, 1825
 Género *Eucidaris* Mortensen, 1909
Eucidaris tribuloides tribuloides (Lamarck, 1816)
 Orden Diadematoidea Duncan, 1889
 Familia Diadematidae Gray, 1855
 Género *Diadema* Gray, 1825
Diadema antillarum (Philippi, 1845)
 Género *Centrostephanus* Peters, 1855
Centrostephanus longispinus rubicingulus H. L. Clark, 1921
 Orden Echinoidea Claus, 1876
 Familia Echinometridae Gray, 1825
 Género *Echinometra* Gray, 1825
Echinometra lucunter lucunter (Linnaeus, 1758)
Echinometra viridis A. Agassiz, 1863
 Orden Temnopleuroidea Mortensen, 1942
 Familia Toxopneustidae Troschel, 1872

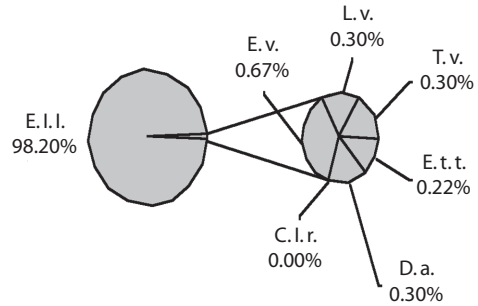


Fig. 4. Porcentaje representativo del total de individuos de las cuatro recolectas. Los nombres de las especies fueron abreviados con dos letras (e.g. *Echinometra viridis* es E. v.).

Fig. 4. Representative percentage of organism total in the four samplings. The names of the species were abbreviated with two letters (e. g. *Echinometra viridis* is E. v.).

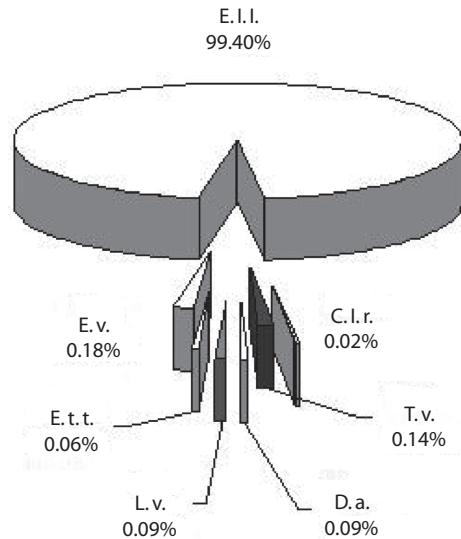


Fig. 5. Porcentaje representativo del total de individuos de las cuatro recolectas de los erizos regulares. Los nombres de las especies fueron abreviados con dos letras (e.g. *Echinometra viridis* se abrevió como E. v.).

Fig. 5. Representative percentage of organism total in the four samplings. The names of the species were abbreviated with two letters (e. g. *Echinometra viridis* is E. v.).

CUADRO 1

Sustrato y distribución de erizos regulares en la parte sur de la laguna arrecifal de Isla Verde

TABLE 1

Substrate and distribution of regular sea urchins at the south part of Isla Verde lagoon reef

Especie	Sustrato	Porcentaje (%)	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Distribución		
					S	SO	SE
<i>E. tribuloides tribuloides</i>	coralino-rocoso	85.70	0.35-1.30	27-29	X		
	rocoso	14.30					
<i>D. antillarum</i>	coralino-rocoso	30	0.35-2.50	27-29.5	X	X	X
	rocoso-arenoso	40					
	rocoso	10					
	arenoso-pedazos conchas	20					
<i>C. longispinus rubicingulus</i>	coralino-rocoso	66.70	1.10-1.30	27	X		
	rocoso	33.30					
<i>E. lucunter lucunter</i>	coralino-rocoso	37.50	0.40-1.40	27-29	X X		
	rocoso	53.10					
	rocoso-arenoso	9.40					
<i>E. viridis</i>	coralino-rocoso	40	0.60-1.30	27-29	X	X	X
	rocoso	55					
	rocoso-arenoso	5					
<i>L. variegatus</i>	arenoso	20	0.30-1.00	27-28	X	X	
	pasto marino	80					
<i>T. ventricosus</i>	arenoso	12.50	0.30-2.50	27-29	X	X	
	pasto marino	87.50					

Género *Lytechinus* A. Agassiz, 1863

Lytechinus variegatus
(Lamarck, 1816)

Género *Tripneustes* L. Agassiz, 1841

Tripneustes ventricosus
(Lamarck, 1816)

Los erizos *D. antillarum* y *E. viridis* se distribuyen en la zona sur, suroeste y sureste de la Laguna Arrecifal de Isla Verde. Los individuos de *L. variegatus* y *T. ventricosus* se distribuyen en la zona sur y suroeste de la laguna. *E. lucunter lucunter* y *C. longispinus rubicingulus* se distribuyen en la parte sureste de la laguna; y *E. tribuloides tribuloides* y *E. lucunter lucunter* se distribuyen en la parte suroeste de la laguna (Cuadro 1, Fig. 2).

La distribución de los erizos *E. tribuloides tribuloides* y *C. longispinus rubicingulus* se halló mayormente relacionada con sustratos de tipo coralino-rocoso y en menor proporción

en sustratos rocosos. Los erizos *E. lucunter lucunter* y *E. viridis* se localizaron en mayor proporción en sustratos de tipo rocoso (53.13 y 55 % respectivamente) y en menor (37.5 y 40 % respectivamente) proporción en sustratos coralino-rocoso; así mismo en la menor de las proporciones se le localizó en sustratos rocoso-arenosos. La distribución de *D. antillarum* se relacionó principalmente con sustratos rocoso-arenoso y coralino-rocoso, y en una menor proporción a sustratos rocosos y arenosos con pedazos de conchas. *T. ventricosus* y *L. variegatus* se encuentran principalmente asociados con pastos marinos (*Thalassia testudinum*) y en menor proporción con sustratos de arena (Cuadro 2, Fig. 2).

Los erizos *E. tribuloides tribuloides*, *D. antillarum*, *C. longispinus rubicingulus* y *E. viridis* se hallaron asociados con la distribución del erizo *E. lucunter lucunter*. Las poblaciones de los erizos *E. tribuloides tribuloides*,

CUADRO 2

Número de individuos registrados en cada recolecta

TABLE 2

Number of organisms registered in each sampling trip

Especie	Recolectas								No. individuos en el cuadrante de muestreo	No. individuos total en la parte sur de la laguna arrecifal
	1		2		3		4			
	oct 00		oct 01		abr 02		oct 02			
	CM	FCM	CM	FCM	CM	FCM	CM	FCM		
<i>E. tribuloides tribuloides</i>	0	1	1	1	2	1	0	1	3	7
<i>D. antillarum</i>	0	0	2	0	1	4	1	2	4	10
<i>C. longispinus rubicingulus</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
<i>E. lucunter lucunter</i>	345	2371	326	2322	430	3327	210	1638	1311	10969
<i>E. viridis</i>	4	0	0	1	3	5	2	5	9	20
<i>L. variegatus</i>	2	2	0	0	2	4	0	0	4	10
<i>T. ventricosus</i>	1	3	1	2	0	6	2	1	4	16

En cuadrante de muestreo (CM), fuera del cuadrante de muestreo (FCM), se muestran tanto el total de individuos durante las cuatro recolectas en el cuadrante de muestreo (23716 m²) como en la parte sur (185021 m²) de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz.

Samples within sampling square (CM), outside sampling square (FCM), and the total of organisms during the four collections in the sampling square (23716 m²) and south part (185021 m²) of the reef lagoon, Isla Verde, Veracruz.

D. antillarum y *E. viridis* se encontraron asociadas entre sí. *T. ventricosus* y *L. variegatus* se encontraron asociadas entre sí, y a veces también se encontraron asociadas con las distribuciones de *E. viridis* y *E. lucunter lucunter*, pero en una menor proporción (Fig. 2).

En los muestreos realizados en la parte sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, las especies *E. tribuloides tribuloides*, *E. lucunter lucunter*, *E. viridis* y *T. ventricosus* se presentaron en cada una de las cuatro recolectas (octubre 2000, 2001, 2002 y abril 2002); *D. antillarum* sólo se presentó en tres recolectas (octubre 2001, 2002 y abril 2002); *C. longispinus rubicingulus* solo se reportó en la tercera (abril 2002) y *L. variegatus* que sólo se registró en dos recolectas (octubre 2000 y abril 2002) (Cuadro 2). Durante las recolectas, se registró el número de individuos por cada especie, dentro y fuera del cuadrante de muestreo: para *E. tribuloides tribuloides* no se

reportaron especímenes dentro del cuadrante en las recolectas de octubre 2000 y 2001; no se informaron especímenes de *D. antillarum* dentro y fuera del cuadrante en la recolecta uno de octubre 2000, y tampoco afuera del cuadrante de la recolecta de octubre 2001; no se reportaron especímenes de *C. longispinus rubicingulus* dentro y fuera del cuadrante en las recolectas uno, dos y cuatro y tampoco dentro del cuadrante en la recolecta tres; se reportaron especímenes de *E. lucunter lucunter* dentro y fuera del cuadrante durante las cuatro recolectas; en el caso de *E. viridis* no se reportaron especímenes fuera del cuadrante en la recolecta uno y dentro del cuadrante en la recolecta dos; no se reportaron especímenes de *L. variegatus* ni adentro ni afuera del cuadrante en las recolectas dos y cuatro; y en el caso de *T. ventricosus* no se reportaron especímenes dentro del cuadrante en la recolecta tres (Cuadro 2).

Las cifras ofrecidas a continuación para los registros dados del número de individuos muestreados dentro del cuadrante de muestreo corresponden en un área de 23716 m² y así mismo las cifras dadas para la parte sur de la laguna arrecifal corresponden a un área de 185021 m², que comprende la parte sur, suroeste y sureste excepto el cuadrante de muestreo. Por lo tanto con respecto a la abundancia dentro del cuadrante de muestreo, se observó que *E. lucunter lucunter* presentó la mayor abundancia (98.20 %) con 1311 individuos en total, dentro del cuadrante y una abundancia de 99.40 % en la parte sur de la laguna arrecifal con 10969 individuos; presentando en primavera mayor número de individuos tanto dentro como fuera del cuadrante de muestreo, como ocurrió con las demás especies de erizos regulares (Cuadro 2, Fig. 4 y 5). *E. viridis*, presentó una abundancia de 0.67 % total con nueve individuos dentro del cuadrante y de 0.18 % en la parte Sur de la laguna arrecifal con 20 individuos; *T. ventricosus* presentó una abundancia de 0.30 % con cuatro individuos dentro del cuadrante y de 0.14 % en la parte Sur de la laguna arrecifal con 16 individuos; *D. antillarum* y *L. variegatus*, coincidieron presentando una abundancia de 0.30 % con cuatro individuos cada una, dentro del cuadrante, y de 0.09 % en la parte Sur de la laguna arrecifal con diez individuos, también cada una; *E. tribuloides tribuloides* presentó una abundancia de 0.22 % con tres individuos dentro del cuadrante y de 0.06 % en la parte Sur de la laguna arrecifal con siete individuos; y por último, la especie menos abundante: *C. longispinus rubicingulus* presentó una abundancia de 0 % con cero individuos dentro del cuadrante y de 0.02 % en la parte Sur de la laguna arrecifal con tres individuos (Fig. 4 y 5). Las poblaciones de *E. tribuloides tribuloides*, *D. antillarum*, *C. longispinus rubicingulus*, *E. viridis*, *L. variegatus* y *T. ventricosus* presentaron escasos individuos en comparación con las poblaciones de *E. lucunter lucunter* que son más abundantes y dominantes (Cuadro 2, Fig. 2).

Los organismos de *E. tribuloides tribuloides* se encontraron siempre dentro de

oquedades profundas. Los adultos de esta especie presentaron espinas impregnadas con algas calcáreas y briozoos. *C. longispinus rubicingulus* se encontró el 100 % de las veces dentro de oquedades no muy profundas. El 90.63 % de los ejemplares de *E. lucunter lucunter* se localizaron encima del sustrato o en oquedades muy someras o profundas, y el 9.37 % en oquedades hechas en el sustrato a ras del piso arenoso, en contacto con el sustrato sólido y en parte con piso arenoso. A los ejemplares de esta especie nunca se les observó sobre sustratos meramente arenosos o con pedazos de conchas, el 100 % de las veces se les encontró asociados a sustratos sólidos (roca y coral). Los ejemplares de esta especie presentaron gran diversidad de colores en sus espinas y en sus testas; colores que iban desde los negros, cafés oscuros y claros, rojos fuertes y tenues, a rojizo-rosados. Los especímenes *E. viridis* se encontraron el 95 % de las veces sobre el sustrato coralino-rocoso y rocoso, y el 5 % escondidos en oquedades hechas a ras del piso arenoso, parte en contacto con el sustrato sólido y parte con el piso arenoso; a los ejemplares de esta especie nunca se les observó sobre sustratos meramente arenosos o con pedacería de conchas y el 100 % de las veces se les encontró asociados a sustratos sólidos. Los individuos de *L. variegatus* y de *T. ventricosus* se encontraron la mayoría de las veces, cubiertos con restos de conchas, pasto marino o pequeñas piedras, por lo que resultaba difícil su observación.

En el análisis de las asociaciones de equinoideos respecto al tipo de sustrato se debe tomar en cuenta que los organismos habitan en biotopos cuyos factores ambientales interaccionan todo el tiempo, de manera que la respuesta de las especies a estas variables no puede ser determinada por un único factor.

De acuerdo al análisis de correspondencias canónicas, los dos primeros ejes explican cerca del 81.4% de la variación obtenida en esta zona de manera significativa ($p=0.012$). Basándose en este análisis, se observan tres grupos de equinoideos asociados a cierto tipo de sustrato. El primer grupo está compuesto por

las especies *L.variegatus* y *T. ventricosus* que presentan su máximo en los sustratos *T. testudinum* (pasto marino) y arenoso. En el segundo grupo se presentan las especies *E. tribuloides tribuloides* y *C. longispinus rubicingulus* asociados a los sustratos coralino-rocoso y rocoso y en el tercer grupo se observan las especies *E. lucunter lucunter*, *E. viridis* y *D. antillarum* que se presentan en los sustratos coralino-rocoso, rocoso y rocoso-arenoso (Fig. 3).

DISCUSIÓN

En la parte sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, habitan siete especies de erizos regulares: *E. tribuloides tribuloides*, *D. antillarum*, *C. longispinus rubicingulus*, *E. lucunter lucunter*, *E. viridis*, *L. variegatus* y *T. ventricosus*.

Hay un registro de recolecta para Isla Verde del erizo *Centrostephanus longispinus rubicingulus* en la Colección Nacional de Equinodermos realizada en el año de 1957 por una excursión del Instituto de Biología de la UNAM, en la que no se registra el recolector, un registro de la misma especie para Isla Santiaguillo en Veracruz (1957), uno para Quintana Roo (1986) y otro para Campeche (1996), que suman un total de 11 especímenes; tales datos evidencian que son pocos los registros que se han hecho con respecto a esta especie, no solo para el área de estudio del presente trabajo, sino, en general, para las costas orientales de los estados de la República Mexicana. Es posible que tal situación se haya dado por dos causas principales: la primera porque es muy fácilmente confundida con el erizo *D. antillarum*, debido a que poseen morfotipos externos similares (espinas alargadas, huecas, quebradizas, verticiladas, terminadas en punta, color negro en la testa, apariencia similar de la testa, posición simétrica y extendida de las espinas, así como movimientos rápidos de las espinas), conllevando posiblemente a confundir a ambas especies; los adultos de *D. antillarum* poseen tallas más grandes que los de *C. longispinus rubicingulus*, las espinas de *C. longispinus rubicingulus* permanecen bandeadas durante todo su ciclo de vida, pero las espinas

de *D. antillarum* solo permanecen bandeadas en los jóvenes, y es en este punto donde se puede incurrir al error de confundirlos si no son identificados correctamente, ya que los jóvenes de *D. antillarum* son de menor talla y presentan espinas bandeadas, lo cual coincide en los adultos de *C. longispinus rubicingulus*. La segunda posible causa de que no haya más ejemplares reportados de *C. longispinus rubicingulus* tanto para el área de estudio como para otras áreas, puede ser debida a que los esfuerzos de recolecta han sido mínimos. Serafy (1979) y Laguarda-Figueroa *et al.* (2005) mencionan que esta especie se distribuye de los 33 a los 310 m de profundidad, lo cual indica que esta especie es euribática, si embargo en el arrecife Isla Verde se ha recolectado desde los 1.10 a los 1.30 m. Con respecto a *D. antillarum*, Pawson y Miller (1983) reportan que ejemplares de este erizo a profundidades superiores a 50 m corresponden a *C. longispinus rubicingulus*, lo cual se contrapone con Serafy (1979) que reporta a *D. antillarum* hasta los 400 m de profundidad. En el libro de resúmenes (2004) menciona que la distribución preferencial de *D. antillarum* corresponde entre los 0 a 40 m, siendo más común a los 10 m, sin embargo ejemplares de esta especie han sido recolectados a profundidades de 400 m; lo cual indica que cabría revisar todos aquellos ejemplares que han sido reportados como *D. antillarum* a profundidades mayores de 50 m, para conocer la real distribución batimétrica, de este erizo y de *C. longispinus rubicingulus*. Es importante realizar más recolectas en los demás estados de la Costa Oriental de la República Mexicana, para conocer su distribución.

D. antillarum sufrió una mortandad masiva en los años 1983-1984 (Hunte *et al.* 1986). Previo a tal mortandad las densidades registradas fueron de 6 - 23 ind/m² (Kier 1975, Serafy 1979). Posteriormente, en los años 1990-1991 Forcucci (1994) registró una mortandad semejante para las costas de Florida, y en el Libro de resúmenes (2004) reportan que aun no se han recuperado las poblaciones de esta especie de erizo para el año 2004. Esta posiblemente sea una de las razones por las que en el arrecife de

Isla Verde se presente una densidad poblacional baja, lo que puede ser debido a que aún no se han recuperado las poblaciones, después de aquella mortandad masiva. Otra posible causa de la baja densidad poblacional de *D. antillarum* en el área de estudio, es que esta especie presenta un alto grado de intolerancia ante los contaminantes, como metales pesados, según Bielmyer *et al.* (2005) y el arrecife de Isla Verde se encuentra frente al Puerto de Veracruz que esta altamente contaminado. Las repercusiones de la disminución poblacional de estos erizos en los arrecifes es significativa, ya que son uno de los principales organismos que controlan el crecimiento de las poblaciones de algas, actuando como podadores, manteniendo la renovación larval de los corales, indispensable para el equilibrio del sistema arrecifal (Libro de resúmenes 2004). Es necesario realizar investigaciones sobre la dinámica de fijación de larvas y tasa de crecimiento de la especie, para conocer la velocidad de recolonización, la cual repercute en los procesos biológicos de los ecosistemas arrecifales del Golfo de México y Caribe Mexicano (Solís-Marín *et al.* 1993).

Los erizos *E. tribuloides tribuloides*, *E. lucunter lucunter* y *L. variegatus* han sido ampliamente reportados, mostrando una distribución casi continua para todas las costas de los estados de la República Mexicana; pero *E. lucunter lucunter* no ha sido reportado para las costas de Yucatán, *L. variegatus* no ha sido reportado para las costas de Tabasco, *E. viridis* solo ha sido reportada para Veracruz, Yucatán y Quinta Roo y *T. ventricosus* solo ha sido reportada para Veracruz y Quintana Roo. *E. viridis* presenta un problema similar al que presentan *D. antillarum* y *C. longispinus rubicingulus*, ya que *E. viridis* es comúnmente confundida con *E. lucunter lucunter*; la falta de registros en la costa del este de México puede estar ligada a malas identificaciones taxonómicas; el carácter más distintivo de *E. viridis* es la presencia de una mancha color púrpura en la parte más distal de las espinas.

Según Villalobos (1971) y Vargas-Hernández *et al.* (1993) los elementos de la biota arrecifal en el SAV inician su recupera-

ción poblacional en marzo después de haber sufrido severas bajas durante el invierno, mientras que en junio y julio las poblaciones de una gran variedad de invertebrados, entre ellos los equinoideos, alcanzan el máximo desarrollo. En octubre, que coincide con un periodo climático caracterizado por una escasa precipitación, temperaturas ambientales bajas y frecuentes invasiones de masas de aire (época denominada de Nortes), se evidencia una menor abundancia de erizos comparada con abril. Además varía la diversidad, ya que no se presentan en las tres recolectas de Octubre del periodo del 2000 al 2002, *D. antillarum*, *C. longispinus rubicingulus* y *L. variegatus*; pero en abril, durante la primavera, dentro del periodo cálido de temperaturas elevadas, alta precipitación y vientos débiles (época denominada de Lluvias) la abundancia es más elevada: las siete especies de erizos se encontraron presentes; lo cual puede indicar que los erizos regulares de importancia comercial podrán ser explotados con un plan de manejo vigilado, después del periodo de recuperación de la biota. La especie dominante, *E. lucunter lucunter*, presentó el 98.20 % de abundancia relativa: las otras seis especies juntas representaron el 1.80 %: por lo tanto, *E. lucunter lucunter* determina una biocenosis dentro de la parte sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

La distribución de las siete especies estudiadas en el presente trabajo se encuentra asociada a diversos sustratos; dichos sustratos están representados por: biotopos de *T. testudinum* con diversos tipos de algas; arenoso con pedazos de conchas (residuos calcáreos arrecifales); parches de arena gruesa y fina (gran cantidad de sedimentos de tipo carbonatado y terrígeno); cabezas de coral muerto con sustratos rocosos y coral vivo. Los biotopos no son continuos, se alternan unos con otros. Los erizos conforman una biocenosis del 0.86 % en la laguna arrecifal de Isla Verde.

En cuanto a la distribución de los erizos en tales biotopos: los especímenes de *T. ventricosus* y *L. variegatus* muestran una marcada preferencia (80 al 87 %) por las praderas de *T. testudinum*, lo que coincide con lo reportado

por Bravo (1996) y Bravo *et al.* (1999) pero difiere, en parte de lo registrado por Serafy (1979), ya que en el estudio nunca se le observó sobre o asociado a rocas. El resto del porcentaje de distribución se observó en sustratos arenosos. Posiblemente lo anterior se debe a que se encontraban migrando en busca de algún alimento preferencial trasladándose de un manchón de pasto marino a otro, atravesando parches de arenales, ya que los biotopos de rocas y corales se intercalan con arenas. Lo anterior, considerando que estas especies son principalmente herbívoras (De Ridder y Lawrence, 1982) ya que su alimentación consta principalmente de pasto marino y algas. Así mismo, se confirmó lo mencionado por Hendler *et al.* (1995), que observaron ejemplares de esta especie cubiertos de conchas, pedazos de pasto marino, o restos de coral, posiblemente para protegerse de la intensidad luminosa; esto fue más evidente cuando había bajamar, porque casi todos los ejemplares observados a bajas profundidades presentaron esta conducta.

E. lucunter habita principalmente sobre sustratos rocosos (53 %) coralinos-rocosos (38 %) y rocosos-arenosos (9 %), generalmente en oquedades, lo cuál coincide con lo reportado por Caso (1961), Kier (1975), Gallo (1988), Hendler *et al.* (1995) y Bravo *et al.* (1999), por lo que desde el punto de vista trófico tiene coherencia ya que aunque es funcionalmente herbívoro, también es generalista y oportunista según De Ridder y Lawrence (1982).

E. tribuloides tribuloides habita básicamente en sustratos coralinos-rocosos (86 %), y a veces solo en sustratos rocosos (14 %), lo que puede estar, así mismo, ligado a sus hábitos alimenticios, ya que en su dieta incluye coral, además de algas, y otros organismos (Hendler *et al.* 1995). No obstante, esta especie nunca fue hallada asociada a pastos marinos en el área de estudio, a diferencia de lo reportado por Bravo (1996) y Bravo *et al.* (1999).

D. antillarum tiene gran capacidad para habitar diferentes sustratos: dentro del área de estudio, estuvo relacionada en un 40 % a sustratos rocosos-arenosos, 30 % a sustratos coralinos-rocosos, 20 % a sustratos arenosos

con pedazos de conchas y el 10 % a sustratos rocosos lo cual coincide con lo registrado por Kier (1975), Serafy (1979), Worbis (1986), Gallo (1988), Bravo (1996), Bravo *et al.* (1999), y Hendler *et al.* (1995). El sustrato al que se encontraba relacionado este erizo, al parecer, dependía principalmente de la hora del día, ya que durante la mañana no se le localizaba en sustratos arenosos, arenosos con pedazos de conchas, o rocosos-arenosos; posteriormente a partir de las 15 h se le localizaba asociado a sustratos rocoso-arenosos, posiblemente estos erizos estaban en alguna oquedad durante el día, y una a dos horas más tarde se localizaron en arenales con pedazos de conchas, lo cual pudiera indicar que migraban en busca de alimento. Esto confirma lo reportado por el Libro de resúmenes (2004).

C. longispinus rubicingulus se halló frecuentemente asociado a sustratos coralino-rocosos (67 %) y en menor proporción a sustratos rocosos (33 %). No se encontró asociado a sustratos de coral muerto como lo reportan Pawson y Miller (1983) y es posible que la aceptación de un sustrato u otro dependa del lugar y de su disponibilidad. El sustrato que ocupan puede estar ligado a su alimentación como ha sido reportado por Kier (1975), De Ridder y Lawrence (1982) y Pawson y Miller (1983), ya que esta especie puede consumir una gran variedad de alimentos, entre ellos, algas u organismos incrustantes.

El erizo *E. viridis* estuvo asociado en un 55 % a sustratos rocosos, 40 % a sustratos coralino-rocosos y 5 % a sustratos arenosos-rocosos, lo cual indica que tiene una preferencia por sustratos duros y coincide con lo reportado por Bravo (1996) y Bravo *et al.*, (1999), dado que es un organismo generalista (De Ridder y Lawrence 1982) que se alimenta de algas y organismos incrustantes.

Desde la época colonial hasta el presente, los arrecifes de Veracruz han sido impactados negativamente, primero por efecto de las anclas de embarcaciones, desembarcos y balas de cañones, y posteriormente por la extracción de sus rocas para la construcción de la ciudad amurallada y de viviendas. En los últimos 50

años, varios arrecifes han sufrido un deterioro constante debido a la extracción de especies vivas o muertas con fines comerciales, así como la pesca indiscriminada, aunado todo esto a la contaminación industrial, portuaria y urbana (Vargas-Hernández *et al.* 1993). Dado que las especies de erizos reportados en este trabajo son principalmente habitantes de ambientes rocosos y coralinos, y debido a la alimentación que requieren, el principal problema que afecta a esta especie es el deterioro de su hábitat a causa de las actividades antropogénicas que puedan llegar a desarrollarse en o cerca de los ambientes marinos donde habitan. Muchas de las amenazas provienen del incremento del desarrollo antropogénico en la zona costera. En el área del SAV se encuentran las poblaciones humanas de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo.

En el caso de aquellos arrecifes de coral que ya se encuentran en alguna área natural protegida (como el SAV) es necesario que se implementen debidamente las normas de vigilancia y su aplicación para impedir en lo posible el deterioro. Existen pocos trabajos realizados sobre la contaminación y sus efectos en los sistemas arrecifales en México pero datos recientes de determinación de metales pesados en corales escleractinios en el SAV, revelan concentraciones muy altas, principalmente de plomo, lo cual hace pensar que se debe llevar a cabo un estudio de vigilancia de diversos contaminantes en todas las áreas arrecifales para detectar y solucionar con tiempo los problemas que se puedan presentar (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993).

Es conveniente que se incrementen las investigaciones en estas áreas, con el fin de ampliar el conocimiento sobre el papel bioindicador que desempeñan estas especies en los arrecifes de coral, tal es el caso de *E. lucunter* y *D. antillarum*, ya que estos erizos nos podrían dar pautas acerca del deterioro ambiental que esta sufriendo su ecosistema, para poder tomar las medidas congruentes al respecto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Jorge Luis Hernández Aguilera, Rosa Estela Toral Almazán y José Alfredo Ruiz Nuño por su colaboración en la realización de este trabajo, por la obtención de los permisos en Secretaría de Marina y por su participación en los muestreos. A Juan Torres Vega por su colaboración en la identificación del material. A Yemin Hernández Torres por su colaboración en la obtención del mapa de distribución de las especies y del mapa del área de estudio, además de consejos técnicos en diversos aspectos.

RESUMEN

Se presenta el estudio de la diversidad, abundancia, distribución y asociación de sustrato de las especies de erizos regulares presentes en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. Se realizaron cuatro recolectas entre octubre del 2000 a octubre del 2002. Se seleccionó un cuadrante de muestreo, el más representativo, en la zona suroeste de la laguna arrecifal, con un área de 23 716 m², así mismo se muestreó en toda la parte sur de la laguna arrecifal. Las especies presentes fueron: *Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Centrostephanus longispinus rubicingulus*, *Echinometra lucunter lucunter*, *Echinometra viridis*, *Lytechinus variegatus* y *Triploneustes ventricosus*. El análisis de la relación entre la densidad de las especies de equinoideos encontrados en el área de estudio y el tipo de sustrato se llevó a cabo utilizando el Análisis de Correspondencias Canónicas (CCA). Los tipos de sustrato considerados en el análisis fueron: coralino-rocoso, rocoso, rocoso-arenoso, arenoso y *Thalassia testudinum*. El tipo de sustrato arenoso con pedazos de concha fue omitido del análisis, ya que *D. antillarum* era la única especie presente en éste y de baja densidad. Durante las dos épocas climáticas se determinó que la distribución de *E. tribuloides tribuloides* y *C. longispinus rubicingulus* está asociada a los sustratos coralino-rocoso y rocoso. Por otra parte, la distribución de *D. antillarum*, *E. lucunter lucunter* y *E. viridis* está mayormente asociada a sustratos coralino-rocosos, rocosos y arenosos, mientras que la distribución de *L. variegatus* y *T. ventricosus* está más relacionada con la presencia de praderas de pastos marinos. La distribución de los erizos regulares es debida al tipo de sustrato al que se encuentran asociados, y su alimentación está íntimamente relacionada con el tipo de sustrato. Las siete especies alcanzaron su máxima abundancia durante las estaciones lluviosas. *E. lucunter lucunter* y *D. antillarum* sirven como bioindicadores de la calidad ecológica del arrecife de coral.

Palabras clave: Echinoidea, diversidad, abundancia, arrecife Isla Verde, Veracruz, Mexico.

REFERENCIAS

- Bernasconi, I. 1955b. Equinoideos y Asteroideos de la Colección del Instituto Oceanográfico de la Universidad de San Pablo. 1a. Contribución. Bol. Inst. Ocean. Brasil. 6: 51-78.
- Bielmyer, G.K., K.V. Brix, T.R. Capo & M. Grosell. 2005. The effects of metals on embryo-larval and adult life stages of the sea urchin, *Diadema antillarum*. Aq. Tox. 74: 254-263.
- Birkeland, Ch. 1989. The influence of echinoderms on coral reef communities, p. 1-79. In M. Jangoux and J. M. Lawrence (eds.). Echinoderm Studies. Balkema, Rotterdam, Brookfield, Estados Unidos de America.
- Bravo Tzompantzi, D. 1996. Contribución al conocimiento de los equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo. México. Tesis Profesional. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 44 p.
- Bravo, T.D., F.A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figueras, A.M. Abreu-Pérez & A. Duran-González. 1999. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Avicennia 10/11: 43-72.
- Carricart-Ganivet, J.P. & G.J. Horta-Puga. 1993. Arrecifes de Coral en México, p. 81-92. In S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México.
- Caso, M. E. 1961. Los Echinodermos de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 338 p.
- Caso, M.E. 1974. Contribución al conocimiento de los Equinoideos de México. El género *Tripneustes* A. Agassiz. Morfología y ecología de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck). Anal. Cent. Cienc.Mar y Limnol., UNAM, México. 1: 1-24.
- Clark, A.H. 1954. Echinoderms (other holothurians) of the Gulf of Mexico, p. 373-379. In P.S. Galtsoff, (ed). Gulf of Mexico. Its origin, water and marine life. U. S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull. 55.
- De Ridder, C.D. & J.M. Lawrence. 1982. Food and Feeding Mechanisms: Echinoidea, p. 57-116. In M. Jangoux & J.M. Lawrence (eds.). Echinoderm nutrition. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- Emery, K.O. 1963. Estudios regionales. Arrecifes Coralinos en Veracruz, México. Geof. Int. 3: 11-17.
- Forcucci, D. 1994. Population density, recruitment and 1991 mortality event of *Diadema antillarum* in the Florida Keys. Bull. Mar. Scien. 54: 917-928.
- Gallo, N.J. 1988. Contribución al conocimiento de los equinodermos del Parque Nacional Tayrona I. Echinoidea. TRIANE (Actividad Científica Tecnológica. INDERENA), Colombia. 1: 99-110.
- González, A.X. 2000. Reclutamiento y mortalidad parcial de *Acropora palmata* (Cnidaria: Scleractinia) del arrecife Isla Verde, Veracruz, México. Tesis Profesional. Esc. Nat. Estud. Prof. Iztacala, Univer. Nat. Autón. México, México. 126 p.
- González-Solís, A. 1985. Composición y estructura poblacional de las anémonas de Isla Verde, Veracruz. Tesis Profesional, Esc. Nat. Cienc. Biol., Inst. Polit. Nat., México. 98 p.
- Gutiérrez-Castro, A.I. 1999. Los Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México colectados durante las Campañas Oceanográficas PROGMEEX y OGMEX. Tesis Profesional, Esc. Biol., Benem. Univer. Autón. Puebla, México. 142 p.
- Hendler, G., J.E. Miller, D.L. Pewson & P.M. Kier. 1995. Sea star, Sea urchin and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smith. Inst. Washington. 390 p.
- Hernández-Aguilera, J.L., R.E. Toral-Almazan, J.A. Ruiz-Nuño & V. Arenas-Fuentes. 2004. Avances en el conocimiento de la biodiversidad de los arrecifes coralinos de las islas Verde y Sacrificios, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. IV Reunión Internacional Alejandro Villalobos, Inst. Biol., Univer. Nat. Autón. México, México.
- Hunte, W., I. Côté & T. Tomascik. 1986. On the dynamics of the mass mortality of *Diadema antillarum* in Barbados. Coral Reefs 4: 135-139.
- Kier, P.M. 1975. The echinoids of Carrie Bow Cay, Belize. Smith. Cont. Zool. 206:1-20.
- Laguarda-Figueras, A., A.I. Gutierrez-Castro, F.A. Solís-Marín, A. Durán-González & J. Torres-Vega. 2005. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. Rev. Biol. Trop. 53(Suppl. 3): 69-108.
- Libro de Resúmenes. 2004. The *Diadema* Workshop. The Nature Conservancy. The National Fish and Wildlife Foundation Rosentiel School of Marine and Atmospheric Sciences, Miami, USA. 42 p.

- Maya-Vilchis, P. 1993. Distribución, Abundancia y algunos Aspectos de la Biología del erizo *Lytechinus variegatus* en el Arrecife "Hornos" del Puerto de Veracruz, Ver., México. Tesis Profesional, Fac. Cienc. Mar., Univer. Autón. Baja California. México. 78 p.
- Monroy, L.M. & O.D. Solano. 2005. Estado Poblacional de *Echinometra lucunter* (Echinoidea: Echinometridae) y su fauna acompañante en el litoral rocoso del Caribe Colombiano. *Rev. Biol. Trop.* 53(Suppl. 3): 291-297.
- Mortensen, T. 1928. A Monograph of the Echinoidea. I. Cidaroida. C.A. Rietzel, Copenhagen. 551 p.
- Mortensen, T. 1935. A Monograph of the Echinoidea. II. Bothriocidaroida, Melonechinoidea, Lepidocentrotida and Stirodonta. C.A. Rietzel, Copenhagen. 647 p.
- Mortensen, T. 1940. A Monograph of the Echinoidea. III. 1. Aulodonta. C.A. Reitzel, Copenhagen. 370 p.
- Mortensen, T. 1943a. A Monograph of the Echinoidea. III. 2. Camarodonta I. Orthopsidae, Glyphocyphidae, Temnopleuridae and Toxopneustidae. C.A. Rietzel, Copenhagen. 553 p.
- Mortensen, T. 1943b. A Monograph of the Echinoidea. III. 3. Camarodonta. II. Echinidae, Strongylocentrotidae, Parasaleniidae, Echinometridae. C.A. Rietzel, Copenhagen. 553 p.
- Mortensen, T. 1951. Report on the Echinoidea Collected by the Atlantide Expedition. Scientific results of the Danish expedition to the coast of Tropical West Africa 1945-1946. *Atlantide Report.* 2: 293-303.
- Nishimura, M.M. 2005. Distribución y abundancia del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Echinodermata: Toxopneustidae) en la laguna del arrecife de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis Profesional, Fac. Cienc., Univer. Nal. Autón. México. 110 p.
- Noriega, E.E. 2001. Metales pesados en *Thalassia testudinum* (pasto marino) en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis Profesional, Esc. Nal. Est. Profes. Iztacala, Univ. Nal. Autón. México. 97 p.
- Orbe-Mendoza, A.A. 1971. Contribución al conocimiento de los Cidaroides de México. Tesis Profesional, Fac. Cienc., Univer. Nal. Autón. México. 75 p.
- Pawson, D.L. & J. Miller. 1983. Systematics and ecology of the sea-urchin genus *Centrostephanus* (Echinodermata: Echinoidea) from the Atlantic and Eastern Pacific Oceans., *Smith. Cont. Mar. Sci.* 20: 1-15.
- PEMEX (Petróleos Mexicanos) & Secretaría de Marina. 1987. Evaluación de los corales escleractinios del Sistema Arrecifal del puerto de Veracruz. *Petróleos Mexicanos y Secretaría de Marina.* México.
- Serafy, D.K. 1979. Memoirs of the Hourglass Cruises. V (III): Echinoids (Echinodermata: Echinoidea). St. Petesburg, Florida: Florida Department of Natural Resources, Florida, Estados Unidos de América. 120 p.
- Smith, A.B. 1984a. Echinoid Palaeobiology. Special Topics in Palaeontology. George Allen y Unwin, Londres. 190 p.
- Smith, A.B. 1984b. Appendix. Classification and stratigraphical ranges of echinoid families, p. 170-173. *In* A. Smith (ed.). Echinoid Palaeobiology. Special Topics in Palaeontology. George Allen y Unwin, Londres, Inglaterra.
- Solis-Marín, F.A., M.D. Herrero-Perezrul, A. Laguarda-Figueras & J. Torres-Vega. 1993. Asteroideos y Equinoideos de México (Echinodermata), p. 91-105. *In* S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México.
- Ter Braak, J.F., 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Ubahgs, G. 1978. General Characters of Echinodermata, p. S3-S59. *In* R. C. Moore (ed.). Treatise on Invertebrate Paleontology, part S: Echinodermata 1, Vol. 1., The Geological Society of America and the University of Kansas, Lawrence, Kansas, Estados Unidos de America.
- Vargas-Hernández, J.M., A. Hernández-Gutiérrez & L.F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano, p. 559-575. *In* S. I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México, CONABIO y CIQRO, México.
- Villalobos, F.A. 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. Coloquio sobre investigaciones y recursos del mar Caribe y regiones adyacentes, UNESCO. 1: 531-545.
- Worbis, T.H. 1986. Introducción al conocimiento de los equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) de la Costa de Tamaulipas y Norte del Estado de Veracruz, México. Tesis Profesional, Univer. NE, Esc. Cienc., Tampico. 134 p.

