



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Erizos Regulares (Echinodermata: Echinoidea)  
de la parte Sur de la laguna arrecifal  
de Isla Verde, Veracruz, Ver., México.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
B I Ó L O G A  
P R E S E N T A :  
ETHEL VIVIANA CELAYA HERNÁNDEZ



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

DIRECTORA DE TESIS:  
M. EN C. ROSA ESTELA TORAL ALMAZÁN  
CO-DIRECTOR DE TESIS:  
DR. ALFREDO LAGUARDA FIGUERAS  
2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*Sea Urchin and hedgehog, from a woodcut of Edward Forbes, A History of British Starfishes and other Animals of the Class Echinodermata, London, 1841 (Tomado de Browne, 1956)*

# DEDICATORIA

Al G? A? D? U?

Que con su sabiduría, paciencia e infinito amor me ha enseñado el camino y la luz; porque me ha provisto de su bendición para cumplir con la misión que me corresponde en esta vida; y porque cada vez que he caído me ha ayudado a levantarme y con su consuelo he podido seguir adelante.  
Gracias por ayudarme a entender la vida.

A mi Madre Derisetel Hernández Barrientos

Por haberme dado la vida, que es el mejor regalo que me ha podido ofrecer; por cuidarme, apoyarme, tolerarme, enseñarme y ayudarme a construir mi destino, pero sobre todo, gracias por amarme. Te amo con todo mi corazón.

A mi Padre Jaime Celaya Borges

Por su apoyo, tolerancia, paciencia, cariño, risas, conocimiento, interés en el estudio, motivación, me ayudaron a forjar mi vida profesional. Gracias por confiar en mi y por permitirme descubrirme en lo que mas me interesa, la Biología. Te amo con todo mi corazón.

A mis hermanos Selene, Sharon Tatiana y Jaime Gilberto Celaya Hernández

Que con sus vivencias, compañía, protección, alegría, enseñanzas, paciencia, apoyo, tolerancia, comprensión, fraternidad, pero sobre todo, con su inmenso amor, me han hecho la vida aún más fácil, han provisto de luz mi camino; mejores hermanos no me pudieron haber tocado. Los amo con todo mi corazón.

A mis sobrinos Andrik Isai Celaya Cervantes, Hali Isaac Analco Celaya y el más pequeño aún no nacido, pero con vida en el vientre de mi hermana Selene, que sin saberlo, ellos me han ayudado a comprender mi futuro destino; me proveen de felicidad y alegría con su presencia, inocencia y ternura. Los adoro y los amo.

A mis cuñados Stefan Stafrin, Hali Gerardo Analco Meléndez y a mi cuñada

Viviana Cervantes Flores

Que han provisto de amor, compañía, apoyo, comprensión, alegría, protección y tolerancia a mis hermanos, los han hecho felices, y si ellos son felices, yo también.

A mi abuelita materna Angélica Hernández  
Quien me cuidó y me proveyó de amor y cuidado en tiempos  
difíciles. La recuerdo con amor y dulzura. En algún tiempo  
nos volveremos a encontrar y volveremos a reír.

A mi abuelita paterna Isabel Borges  
Gracias por su inmenso amor y ternura, por ser una excelente  
persona y por enseñarme el proceso de la vida, por su ayuda  
que en tiempos muy oscuros nos permitieron seguir adelante.

A mis abuelitos Gilberto Celaya y Rafael Hernández  
Que aunque no los conocí, sé que somos más de lo que se cree  
que somos, que somos hermanos, y que nos une un gran lazo;  
les estoy agradecida porque sé que indirectamente forjaron  
parte de mi destino; y allá en donde ocupan su columna en el  
eterno oriente os mando un saludo, un abrazo y un ósculo de  
paz.

A mi tía Praxedis Barrientos  
Usted es como un sol, iluminó nuestro camino, emanando calor  
y calidez, brindando esperanza y alegría. Agradezco con toda  
mi alma todo lo que nos dio; se encuentra en mi corazón y en  
mi alma, siempre la recuerdo con amor.

A mi tía Silvia Guadalupe Celaya Borges y a mi primo Miguel  
Angel Llano Celaya

Por su amor, apoyo, comprensión, fraternidad, ayuda y  
alegría. Basta recordar nuestras vivencias juntos para que se  
dibuje una inmensa sonrisa en mi rostro, porque cuando los  
extraño me consuela saber que estamos tan lejos y tan cerca.  
Los amo.

A mis H? M? de la Resp? Log? Simb? Juan A. Mateos No. 1  
En especial a mis queridos H? M? Jaime, Ruger, Gabriel,  
Edgar, Carreto y Puffy.

Gran parte de lo que soy y de lo que tengo, se lo debo fiel y  
lealmente al G? A? D? U? y a mi familia.

A la Sra. Nicolaza y familia  
Por su humanidad, humildad, solidaridad, ética, enseñanzas,  
sabiduría y cariño.

A mi amiga Alba Evelyn Sánchez Villareal y familia.  
Por tu amistad, apoyo, incondicionalidad, cariño,  
comprensión, tolerancia y enseñanzas. Porque has demostrado  
ser más que una amiga, eres mi hermana, formas parte de mi

vida y de mi camino y le doy gracias a dios por ello, deseo seguir compartiendo contigo hasta el final de los tiempos, Gracias amiga por existir. Te quiero muchísimo.

A mi amiga Wendy Xolalpa Villanueva y familia.

Por tu amistad, apoyo, consejos, amabilidad, cariño y fraternidad. Por ese camino que llevamos recorrido juntas.

Por las vivencias. Pero sobre todo por tú noble amor. Me siento honrada de tener en mi vida a una persona como tú, siempre aprendo de ti, y tus consejos siempre son escuchados por mi corazón. Eres una excelente amiga y persona, Tienes un lugar muy especial en mi corazón. Te quiero muchísimo.

A mi amiga Marcia Maria Ramírez Sánchez

Por tu amistad, cariño, diversión, momentos y apoyo. Por las risas, por las vivencias, por tu compañía, por tus regaños, pero sobre todo por tu amor. Te quiero mucho y sabe que eres una persona sumamente especial para mi, estas en mi corazón. Te quiero muchísimo.

A mi amiga Alejandra Martínez Melo

Por tu amistad, cariño, apoyo, enseñanzas, tolerancia y comprensión. Porque nos ha tocado compartir juntas este camino de los equinodermos, y es aquí donde nos hemos conocido y me siento feliz por ello, ojala sea por mucho tiempo más. Gracias por todo lo que me has brindado, pues con tu ayuda he podido terminar y empezar proyectos, y este es uno de ellos. Te quiero muchísimo.

A mi amiga Estela Jiménez Ramírez

Por tu amistad, comprensión, momentos, cariño, consejos, apoyo, ocurrencias, pero sobre todo por tu amor. Amiguis sabes que te quiero muchísimo y que me siento muy afortunada de que me hayas dejado conocerte, pues eres una maravillosísima y valiosísima persona, y estas siempre en mi corazón. Gracias por escucharme, pero sobre todo por aguantarme. Eres una amiga que deseo conservar para siempre.

A mi amiga Balbina Suárez Achaval

Por tu amistad, comprensión, momentos, cariño, consejos, apoyo, amor, pero sobre todo por esas risas y sonrisas que le hacen el día a cualquiera, porque con esa gran y maravillosa virtud tuya me puedo levantar de cualquier caída, gracias por no dejarme caer, pero gracias por escucharme cada vez que lo he necesitado, te quiero muchísimo y deseo que nuestra amistad perdure en el tiempo.

A mi amiga Ana Rosa Vázquez Bader  
Por tu amistad, comprensión, momentos, cariño, consejos,  
amor, ocurrencias, risas y apoyo. Gracias por tu amistad, por  
permitirme compartir, por escucharme, por dejarme decir  
tantas barbaridades, por tenerme paciencia, por aguantarme,  
pero sobre todo por tu cariño, te quiero muchísimo y deseo  
que nuestra amistad dure muchísimo tiempo más.

A mis amigos de la Facultad de Ciencias: Emmanuel, Yadira,  
Donajii, Karla, Carlitos, El Chino, Jesús, Fernando, Hugo, El  
Hippie, Araceli, Mauricio, Luis, Dennis, El Paquetas. Por  
esos inolvidables momentos que hemos pasado juntos, por esa  
pequeña historia de vida que compartimos y por su amistad.

A mis amigos y compañeros del laboratorio de equinodermos:  
Brenda, Graciela (Chela), Gaby, Edgar, Sarita, Angeles,  
Miguelito, Pablo, Quetzali y Ali. Por su compañerismo,  
algunos por su amistad, por su afabilidad y apoyo.

A mis ex alumnos de primaria: Joshua, Axel, Jessica, Edith,  
Gerardo, Armando, Enrique, Viviana, Jonathan, Yorcy, Ismael,  
Laura, Monica, Carlos y Karen. Por que me hicieron volver a  
reír y a recordar que es lo esencial para vivir.  
Pero especialmente a Jossaett Gerardo Jiménez Reza, angelito  
de Dios, te amo con todo mi corazón, transformaste mi vida  
por completo, porque mientras te salvaba, tú me salvabas a  
mi.

A mi fieles y leales amigos Enano, Pelusa y Nube, quienes  
llegaron a alegrar mi vida con su cariño, compañía, y  
ocurrencias.

Pero sobre todo a mi gran compañero y más que eso, Mimoso,  
por tu lealtad, amor, compañía, ocurrencias, entusiasmo y  
enseñanzas. Me enseñaste que la vida es un gran dulce que  
debe ser disfrutado y devorado con mucho amor y paciencia. Me  
mostraste la vida y la muerte, Y me hiciste saber que no  
estoy sola, que siempre estarás ahí, Gracias amigo, porque tu  
alma tan noble se sacrifico por poco tiempo tan solo para  
hacerme llegar tu mensaje de amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Alfredo Laguarda Figueras  
Por su apoyo, enseñanzas, conocimiento, dirección, consejos y  
tiempo durante la realización hasta la culminación de este  
trabajo.

Al Dr. Francisco Alonso Solís Marín  
Por su apoyo, tiempo, conocimiento, dirección, enseñanzas y  
consejos durante la realización hasta la culminación de este  
trabajo.

A la M. en C. Alicia de la Luz Durán González  
Por su apoyo, tiempo, conocimiento, dirección, enseñanzas y  
consejos durante la realización hasta la culminación de este  
trabajo.

Al Técnico Acad. Juan Torres Vega  
Por su ayuda en la identificación taxonómica de los  
ejemplares recolectados para este trabajo.

A Rosa Estela Toral Almazán  
Por su apoyo, tiempo, conocimiento, dirección, enseñanzas y  
consejos durante la realización hasta la culminación de este  
trabajo.

Al Dr. Jorge Luis Hernández Aguilera  
Por su apoyo, tiempo, conocimiento, dirección, enseñanzas y  
consejos durante la realización hasta la culminación de este  
trabajo.

Al M. en C. José Alfredo Ruiz Nuño  
Por sus enseñanzas, conocimiento, ayuda y sugerencias  
durantes las recolectas realizadas para este trabajo.

A la Biol. Alba Evelyn Sánchez Villareal  
Por su colaboración en la revisión de la literatura citada,  
en la redacción y en la elaboración de la introducción del  
presente trabajo.

A la Biol. Marcia María Ramírez Sánchez.  
Por haberme ayudado en la búsqueda de información para las  
fichas técnicas.

A la Biol. Alejandra Martínez Melo.  
Por su colaboración en el presente trabajo en la revisión de  
la literatura citada, redacción, ortografía, sugerencias y en  
general por la realización del presente trabajo.

A la P. de B. Alejandra Gordillo Hernández  
Por haberme ayudado en la búsqueda de información para las  
fichas técnicas presentes en este trabajo y por la traducción  
de algunos textos en inglés.

A todos mis profesores de carrera  
Por haberme forjado ética y profesionalmente, en este camino  
de la Biología.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.  
Honorable y Augusta Institución que me formo  
profesionalmente.

A la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Al laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos.

A la Colección Nacional de Equinodermos "María Elena Caso  
Muñoz".

# ÍNDICE

Resumen .....	1
Introducción .....	2
• Phylum Echinodermata .....	2
• Los Erizos Regulares .....	7
• Antecedentes .....	16
○ El Estudio de los Equinodermos en México .....	16
○ El estudio de los equinoideos en el Arrecife Isla Verde .....	17
○ Los arrecifes de coral .....	18
○ Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) .....	21
○ La NOM-059-ECOL-2001 .....	22
• Objetivos .....	25
○ Objetivo General .....	25
○ Objetivos particulares .....	25
Área de estudio .....	26
• El estado de Veracruz .....	26
• Los arrecifes de coral en Veracruz .....	26
• El Sistema Arrecifal Veracruzano “SAV” .....	29
• Arrecife Isla Verde .....	37
Material y Métodos .....	46
Resultados .....	62
• Los Erizos Regulares de la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde .....	62
• Distribución y abundancia .....	65
○ <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> .....	65
○ <i>Diadema antillarum</i> .....	67
○ <i>Centrostephanus longispinus rubicingulus</i> .....	70
○ <i>Echinometra lucunter lucunter</i> .....	72
○ <i>Echinometra viridis</i> .....	76
○ <i>Lytechinus variegatus</i> .....	79
○ <i>Tripneustes ventricosus</i> .....	81
• Ficha técnica de <i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i> .....	89
• Ficha técnica de <i>Diadema antillarum</i> .....	104
• Ficha técnica de <i>Centrostephanus longispinus rubicingulus</i> .....	119
• Ficha técnica de <i>Echinometra lucunter lucunter</i> .....	130
• Ficha técnica de <i>Echinometra viridis</i> .....	143
• Ficha técnica de <i>Lytechinus variegatus</i> .....	154
• Ficha técnica de <i>Tripneustes ventricosus</i> .....	168
Discusión y Conclusiones.....	179
Literatura citada.....	192
Glosario.....	210

## RESUMEN

Los erizos de mar son equinodermos de la Clase Echinoidea, la cual de acuerdo a la simetría de su forma corporal externa se subdivide en regulares e irregulares. El presente estudio contribuye al conocimiento del patrón de diversidad, abundancia y distribución las especies de erizos regulares presentes en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, Ver ., México. Las especies presentes fueron: *Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Centrostephanus longispinus rubicingulus* *Echinometra lucunter lucunter*, *Echinometra viridis*, *Lytechinus variegatus* y *Tripneustes ventricosus*. Durante las dos épocas climáticas muestreadas se determinó que la distribución de *E. tribuloides tribuloides*, *D. antillarum*, *C. longispinus rubicingulus*, *E. lucunter lucunter* y *E. viridis* está mayormente asociada a sustratos duros, mientras que la distribución de *L. variegatus* y *T. ventricosus* está más relacionada a praderas de pastos marinos. Las 7 especies tuvieron su mayor abundancia durante la recolecta realizada en Abril, que se sitúa en la época denominada de Lluvias para el estado de Veracruz, mayor abundancia. Asimismo, a fin de contribuir en el manejo y conservación del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), las 7 especies de erizos regulares obtenidos fueron analizados bajo los rubros establecidos en las Fichas Técnicas que propone la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, como un método de evaluación de la vulnerabilidad y estado de concimiento que se tiene de cada una de ellas. En base a la investigación bibliográfica efectuada, varios aspectos principalmente de la ecología poblacional están ausentes en casi todas las especies. Las especies que se consideran como bioindicadoras del estado en el que se encuentra el ambiente arrecifal son *Echinometra lucunter lucunter* y *Diadema antillarum*.

# INTRODUCCIÓN

## PHYLUM ECHINODERMATA.

Los equinodermos (del griego *echinos*, espinoso; *derma*, piel), son invertebrados estrictamente marinos, generalmente estenohalinos (aunque hay muy pocas especies que pueden sobrevivir en aguas salobres), representados por las estrellas, lirios, ofiuros o estrellas quebradizas, erizos, pepinos y margaritas de mar (Hyman, 1955; Ubaghs, 1978; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003). Es un linaje muy viejo que aparentemente inicia a finales del Precámbrico, siendo comunes y diversos en el Cámbrico Temprano y durante los últimos periodos de la Era Paleozoica (existen en el mundo cerca de 7,000 especies vivientes y 13,000 que forman el registro fósil), durante los cuales algunas de las Clases fósiles alcanzaron su máximo desarrollo evolutivo (Ubaghs, 1978; Buitrón y Solís-Marín, 1993).

El tamaño de los equinodermos oscila en el rango de 10 mm de largo hasta 4 m, aunque estas tallas son muy poco comunes; también presentan una coloración muy diversa, generalmente entremezclando varios colores aunque algunos ostentan una coloración inconspicua, lo que favorece que sufran menor depredación. Poseen estructuras defensivas como: espinas afiladas y largas, pedicelarios venenosos (en erizos), y Túbulos de Cuvier (en algunos pepinos). Sobreviven a la depredación por su habilidad de regenerar partes del cuerpo que pudieron haber perdido o que por voluntad pudieron haber desprendido [proceso llamado autotomía (Swan, 1966; Hendler *et al.*, 1995)]. La regeneración también es utilizada por algunas especies de ofiuros, estrellas y pepinos durante la reproducción asexual; sin embargo, este método de reproducción es menos común que la reproducción sexual, en la cual por lo regular la fecundación es externa y tiene lugar en el agua de mar. Cada Clase perteneciente a los equinodermos presenta una larva distintiva, y las características de la larva son generalmente indicativas de las familias, géneros y especies (Hyman, 1955; Ubaghs, 1978; Hendler *et al.*, 1995; Brusca y Brusca, 2003).

Los equinodermos se distribuyen en todos los mares del planeta y a todas las profundidades: en zonas profundas de los océanos llegan a constituir el 90% de la biomasa presente. Son especialmente diversos en las regiones tropicales y subtropicales del planeta, aunque algunos grupos como las estrellas de mar y holoturoideos alcanzan una gran

diversidad a la altura de los polos. Los crinoideos son especialmente diversos en la Gran Barrera Arrecifal Australiana, al igual que algunos grupos de estrellas. Mientras se aumenta en la profundidad, el grupo se hace menos diverso y abundante, pero su abundancia en número de individuos y /o biomasa puede ser dominante en la zona hadal del océano. La mayor diversidad de equinodermos se halla de los 0 a los 300 m de profundidad; la especialización corporal de los mismos hace que estos se adapten de diferentes maneras, distribuyéndose ampliamente en una gran variedad de hábitats bentónicos, siendo vágiles o sésiles, aunque hay algunos pelágicos o pseudoplanctónicos (Ubaghs, 1978; Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999; Brusca y Brusca, 2003).

En general son 3 las características fundamentales para definir a un equinodermo:

1. Poseen un endoesqueleto que surge del tejido mesodérmico, compuesto por placas u osículos fusionados o separados, constituidos por el “esterom” el cual en los intersticios se llena del “estroma”, (esta estructura es única para los miembros de este phylum) (Hyman, 1955; Caso, 1961; Mortensen, 1977; Ubaghs, 1978; Meglitsch, 1981; Lawrence, 1987; Jefferies, 1988; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).
2. Los adultos poseen simetría pentaradial secundaria (organización general única en el reino animal y puede ser una propiedad exclusiva de los equinodermos actuales), derivada de la simetría bilateral de las larvas (cuando se presenta), y las partes corporales están organizadas en un eje oral-aboral. Dentro de esta simetría pentaradial, se localizan cinco zonas ambulacrales que alternan con otras cinco zonas interambulacrales (Hyman, 1955; Caso, 1961; Mortensen, 1977; Ubaghs, 1978; Meglitsch, 1981; Lawrence, 1987; Jefferies, 1988; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).
3. Presentan un sistema vascular acuífero (o también llamado sistema ambulacral), compuesto de una serie compleja de canales (de origen celómico) ramificados que se abren al exterior a través de un hidroporo o madreporita, por la vía de un canal pétreo; estos canales desembocan en vesículas llenas de fluido que desembocan en estructuras especializadas como los pies ambulacrales que se evidencian

externamente en el cuerpo (Hyman, 1955; Caso, 1961; Mortensen, 1977; Ubaghs, 1978; Meglitsch, 1981; Lawrence, 1987; Jefferies, 1988; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

Los equinodermos se dividen en 5 Clases:

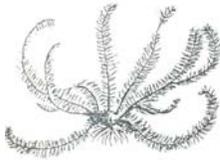


Figura 1. Lirio de mar (imagen tomada de Lira *et al.*, 1992).

La Clase Crinoidea (Fig. 1), con aproximadamente 700 especies. Conocidas como lirios de mar o plumas de mar; son organismos sésiles, con la región oral opuesta al sustrato, donde se encuentra la boca y el ano; los ambulacros se disponen en surcos en la superficie oral de los brazos, ubicados en la periferia del caliz, (región central) pueden o no presentar pedúnculo (Hyman, 1955; Meglitsch, 1981; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).



Figura 2. Estrella de mar (imagen tomada de Lira *et al.*, 1992).

La Clase Asteroidea (Fig. 2), con aproximadamente 1,800 especies. Conocidas como estrellas de mar, tienen forma estrellada con una serie de brazos que salen de un disco central; las áreas ambulacrales se disponen en forma de surcos en la superficie oral de los brazos; los que no se diferencian nítidamente del disco central; la región oral se encuentra hacia el sustrato y la región aboral donde se encuentra el ano, opuesta al sustrato (Hyman, 1955; Meglitsch, 1981; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

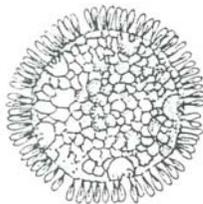


Figura 3. Margarita de mar (imagen tomada de Lira *et al.*, 1992).

En 1980 se descubrieron las margaritas de mar y fueron ubicadas en una nueva Clase: Concentricycloidea (Fig. 3) (Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003); con 2 especies actuales, donde el cuerpo es discoidal y hay ausencia de brazos. Estos extraños organismos aparecen viviendo en trozos de madera sumergida en las profundidades del piso marino. Recientes investigaciones moleculares y análisis de la estructura interna plantean la posibilidad de que los concentricicloideos sean parte de la Clase Asteroidea (Meglitsch, 1981; Smith, 1988; Clark A. M. , 1995; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Mooi y Janies,

1999; Brusca y Brusca, 2003).



Figura 4. Estrella serpiente (imagen tomada de Lira *et al.*, 1992).

La Clase Ophiuroidea (Fig. 4), con aproximadamente 2,000 especies. Son también conocidos como ofiuras, estrellas serpientes o quebradizas y estrellas canasta. Presentan cinco brazos sólidos, en algunas especies ramificados que parten de un disco central pequeño; los brazos se diferencian netamente del disco central; la región oral se encuentra hacia el sustrato. No presentan ano. Los ambulacros son internos y están cubiertos por osículos dérmicos ventrales, solo son visibles desde el exterior como pequeños tentáculos que salen a los lados de cada uno de los segmentos (Hyman, 1955; Meglitsch, 1981; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).



Figura 5. Pepino de mar (imagen tomada de Lira *et al.*, 1992).

La Clase Holothuroidea (Fig. 5), con aproximadamente 1,200 especies. Son conocidos como pepinos de mar, tienen mas o menos un cuerpo cilíndrico y los osículos se han modificado en forma de espículas microscópicas que se encuentran dispersas en la dermis, por lo que el cuerpo es relativamente blando; la boca puede estar rodeada por un anillo de tentáculos, los cuales son podios ambulacrales modificados para dicha función; tienen un eje oral-aboral alargado o antero-posterior y normalmente yacen en el sustrato sobre uno de los ambulacros que discurre sobre el cuerpo coriáceo (Hyman, 1955; Meglitsch, 1981; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).



Figura 6. Erizo de mar (imagen tomada de Lira *et al.*, 1992).

La Clase Echinoidea (Fig. 6), a la cuál pertenecen los erizos regulares cuyo estudio es el propósito de esta tesis. Cuenta con aproximadamente 900 especies. Son equinodermos que presentan un cuerpo revestido con espinas móviles de varias longitudes, una testa o caparazón sólido, los ambulacros se disponen en cinco áreas específicas de la testa y la boca se encuentra dirigida hacia el sustrato

(Hyman, 1955; Caso, 1961; Meglitsch, 1981; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003). Todas las especies conocidas son exclusivamente marinas y de vida libre (Hyman, 1955; Melville y Durham, 1966). Esta Clase se divide en dos grandes grupos: los erizos regulares (Fig. 6) y los erizos irregulares que se diferencian entre sí por la simetría de su forma corporal externa y por la posición del ano con respecto al sistema apical (Hyman, 1955; Caso, 1961; Melville y Durham, 1966; Meglitsch, 1981; Lawrence, 1987; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

El registro fósil más rico de los equinodermos no sésiles lo presenta esta Clase, con aproximadamente 7,000 especies fósiles (Kier y Lawson, 1978). Debido a que poseen un caparazón de carbonato de calcio, los equinoideos se prestan fácilmente a la fosilización, por esto sus restos datan y son frecuentes desde el Ordovícico medio, siendo muy abundantes en algunos estratos del Cretácico o del Mioceno, aunque ya se presentan especies de los ordenes actuales en el Mesozoico Temprano (Caso, 1961; Smith, 1984a). Los primeros equinoideos, entre los que se incluyen varios órdenes extintos, fueron formas regulares (Smith, 1984a). El orden Cidaroida presenta sus primeros registros fósiles en el Pérmico, adquieren su mayor abundancia en el Jurásico y en el Cretácico y persisten hasta los mares actuales. Todos los géneros vivientes de este orden pertenecen a la familia Cidaridae (Caso, 1961; Fell y Moore, 1966). Los cidaroides son los únicos equinoideos sobrevivientes y auténticos representantes del Paleozoico, y se cree que ellos son los ancestros de todos los posteriores equinoideos tanto regulares como irregulares del post-paleozoico (Fell, 1966).

Los erizos irregulares son comúnmente conocidos como bizcochos de mar, galletas de mar y erizos acorazonados y presentan una tendencia hacia la bilateralidad; las testas tienen diversidad de formas, desde globosas hasta aplanadas en mayor o menor grado, la región oral se encuentra hacia el sustrato y el ano se ha desplazado del centro de la región aboral (Hyman, 1955; Meglitsch, 1981; Hendler *et al.*, 1995; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

## LOS ERIZOS REGULARES.

Estos erizos pertenecen a la Clase Echinoidea cuyo nombre hace referencia a la similitud de los erizos de mar con el mamífero conocido como “puerco espín”, con respecto a las espinas móviles, que recubren el cuerpo de estos animales (Browne, 1956). Los miembros radiales o regulares de esta Clase, objeto de esta tesis, presentan un endoesqueleto formado por la compactación y fusión de los osículos, de este modo se forma un esqueleto compacto denominado testa o caparazón con forma más o menos esférica u ovalada y le dan al cuerpo un aspecto globoso (Fig. 6). Presentan colores marrones, negros, púrpuras, verdes, blancos o rojos, aunque algunos exhiben diferentes colores entremezclados. La mayoría miden de 6 a 12 cm de diámetro, aunque algunas especies del Indopacífico pueden alcanzar 36 cm de diámetro (Hyman, 1955; Melville y Durham, 1966; Lawrence, 1987; Ruppert y Barnes, 1996). Se distribuyen especialmente en las zonas tropicales y subtropicales del planeta, como en los arrecifes de coral y en zonas rocosas, donde son mas diversos y abundantes; aunque también se han observado algunas poblaciones a la altura de los polos (Ruppert y Barnes, 1996; Solís-Marín y Mata, 1999; Brusca y Brusca, 2003).

El cuerpo puede dividirse en dos hemisferios, uno aboral y otro oral. La boca se encuentra en el polo oral, está dirigida hacia el sustrato y rodeada por una membrana peristomial. En el peristoma hay cinco pares de pies ambulacrales bucales, y cinco pares de protuberancias ramificadas, las branquias (solo en algunas especies) y también puede haber espinas pequeñas y pedicelarios. La superficie globosa del cuerpo presenta cinco áreas ambulacrales que se alternan con cinco áreas interambulacrales. En ambas áreas se encuentran las espinas móviles que se disponen de una manera más o menos simétrica pero solo en las áreas ambulacrales se localizan los pies ambulacrales (Fig. 7). La mayoría de los erizos presentan espinas primarias y secundarias, distribuidas de forma más o menos homogénea por toda la superficie del cuerpo (Figs. 7, 8 y 9). Existen casos donde sólo se pueden presentar espinas primarias (*Arbacia punctulata*). Cada espina posee en su base un alveolo con el que se articula con el mamelón y el tubérculo. La zona de articulación de cada espina está rodeada por dos vainas fibrosas, la externa y la interna (Fig. 10). Los pedicelarios, se encuentran repartidos por toda la superficie del cuerpo, incluido el peristoma. Cada especie de erizo puede presentar varios tipos de pedicelarios (globíferos, trífidos, tridentados, entre otros) (Fig. 9) (Hyman, 1955; Melville y Durham, 1966;

Mortensen, 1977; Lawrence, 1987; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003). En el polo aboral se encuentra la región anal, conocida como periprocto, donde se encuentra el ano y las placas periproctales. Alrededor del periprocto hay una serie de placas: cinco grandes placas genitales, una de las cuales es porosa y sirve como madreporita, localizada en el interambulacro C-D (según el “Sistema de Carpenter” [Fig. 11] ), y otras cinco placas oculares, más pequeñas (Fig. 7) (Melville y Durham, 1966; Mortensen, 1977; Ruppert y Barnes, 1996).

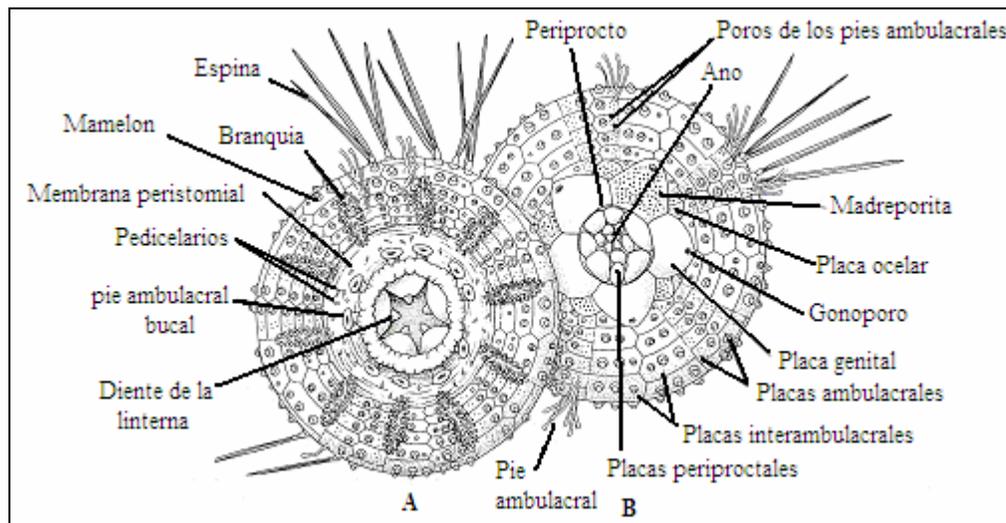


Figura 7. Estructura general externa de un erizo de mar. A. Vista oral B. Vista aboral (De Ruppert y Barnes, 1996).

La superficie externa del cuerpo está recubierta por una epidermis que en su base tiene una capa de células nerviosas que forman un plexo nervioso subepidérmico. Por debajo de la epidermis se encuentra la dermis en donde se hallan las placas del esqueleto, aplanadas y soldadas (Fig. 8). Las placas pueden ser simples o compuestas; las placas frecuentemente dan origen a los tubérculos, a gránulos y a varias Clases de espinas, móviles y fijas. Las espinas y los tubérculos que forman parte del endoesqueleto, por lo tanto también están recubiertas por la epidermis. La cara interna del caparazón está tapizada por el peritoneo, que está formado por un epitelio columnar ciliado y bordea la cavidad celómica (Fig. 8) (Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

El sistema nervioso es simple, descentralizado, algo difuso, sin ganglio cerebral; órganos sensoriales no especializados. Se presentan tres redes nerviosas principales. Estas

redes o centros nerviosos son: el sistema ectoneural (oral, predominantemente sensorial, aunque puede haber algunas fibras motoras y constituido principalmente por un anillo nervioso y nervios radiales [Fig. 12]), el sistema hiponeural (más alejado de la boca y su función es motora) y el sistema entoneural (aboral y es reducido en diferentes grados). Las células sensoriales en la epidermis responden al tacto, a las sustancias químicas disueltas, a las corrientes de agua y a la luz. Las abundantes células sensoriales que hay en el epitelio, sobre todo a nivel de las espinas, los pedicelarios y los pies ambulacrales (Fig. 8), constituyen la parte principal del sistema sensorial de los equinoideos. También poseen georeceptores, los estatocistos, que se localizan en el interior de los esferidios. En general, los equinoideos muestran un fototactismo negativo y muchos de ellos buscan las zonas oscuras de las grietas entre las rocas y conchas o también se colocan objetos encima por medio de los pies ambulacrales para ocultarse de la luz (Smith, 1966; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

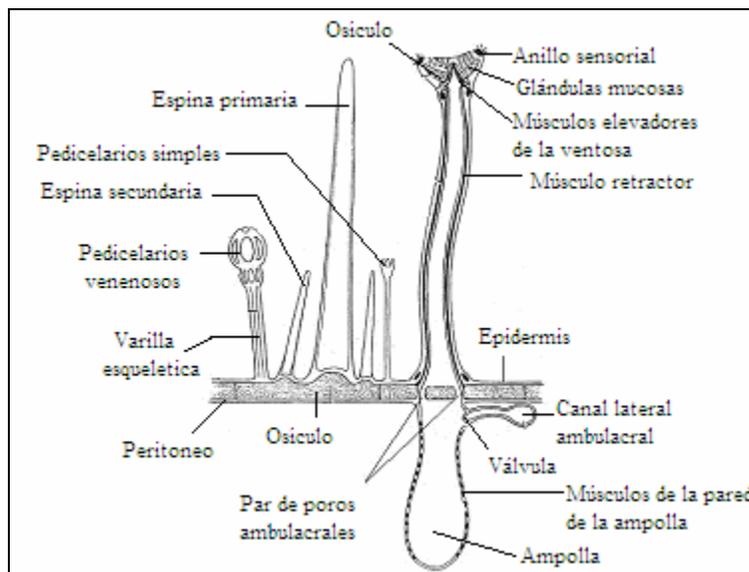


Figura 8. Esquema de una sección de la pared del cuerpo de un erizo de mar regular, que muestra una placa ambulacral y otra interambulacral, así como las estructuras asociadas (Tomado de Ruppert y Barnes, 1996).

El sistema celómico generalmente se desarrolla como una serie tripartita, ya que durante el desarrollo embrionario el extremo distal del arquenteron (intestino primitivo) dará lugar a un par de bolsas laterales que más tarde se subdividirán en tres cada una y se

separaran de él, éstas serán las futuras cavidades celómicas de los equinoideos; las dos bolsas originales, situadas una a cada lado del arquenterón, darán lugar por evaginación o por subdivisión a una serie de vesículas celomáticas dispuestas unas detrás de otras, denominadas axoceles (que darán origen principalmente al sistema circulatorio y parte del sistema vascular acuífero), hidroceles (darán origen principalmente al sistema vascular acuífero) y somatoceles (darán origen principalmente al celoma perivisceral y senos neurales), respectivamente (Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

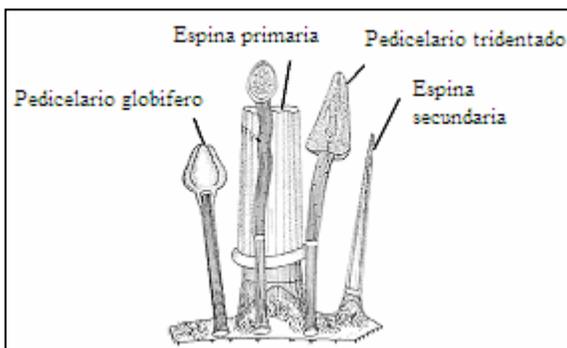


Figura 9. Tipos de pedicelarios de los equinoideos en la base de una espina primaria (Tomado de Brusca y Brusca, 2003).

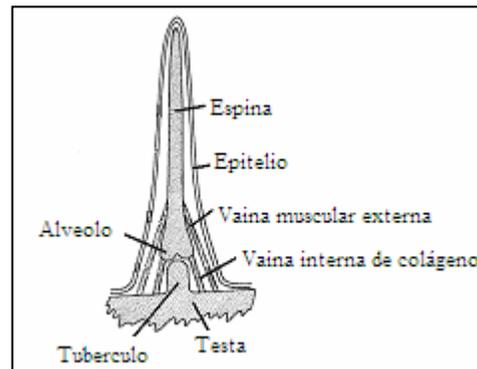


Figura 10. Espina de un erizo regular, mostrando un corte longitudinal desde la base de una espina hasta la punta, en la que se pueden apreciar las vainas: externa e interna (Tomado de Brusca y Brusca, 2003).

La circulación de los equinoideos se produce en las cavidades principales del cuerpo, o celomas periviscerales en donde tiene lugar el transporte interno de gases y de algunos nutrientes, por medio del líquido celómico que ahí circula. Poseen cuatro sistemas circulatorios celómicos: el celoma perivisceral, bordeado con peritoneo ciliado y del que dependen las vísceras; el sistema ambulacral o sistema vascular acuífero, del que dependen los músculos locomotores de los pies ambulacrales; el sistema hiponeural, del que depende el sistema nervioso; y el celoma genital, que suministra nutrientes a las gónada. Una variedad de celomocitos están presentes en el fluido del cuerpo y en el sistema vascular acuífero, muchas de estas células son fagocíticas. El transporte interno es llevado a cabo en su mayor parte por el celoma perivisceral, incrementado en varios grados por el sistema vascular acuífero y el sistema hemal, ambos derivados del celoma. En este caso el sistema hemal consiste en un anillo hemal oral y en uno aboral, cada uno con extensiones radiales.

Los dos anillos son conectados por un seno axial que esta junto al canal pétreo. La glándula axial se encuentra dentro del seno axial que con frecuencia abre a través de unos poros al canal pétreo, pero no se sabe a ciencia cierta cuál es su función aunque se cree que es una fuente de fluido del sistema vascular acuífero y soporta un saco dorsal (Figs. 12 y 13) (Endean, 1966; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

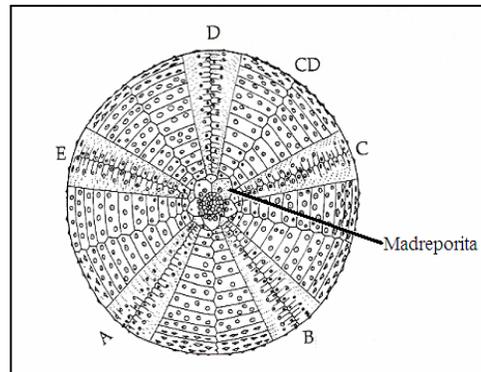


Figura 11. Vista aboral de una testa desnuda de un erizo de mar regular mostrando la posición de la madreporita en el interambulacro CD, según el "Sistema de Carpeneter" (Tomado de Brusca y Brusca, 2003).

El sistema vascular acuífero o sistema ambulacral está formado por una serie de canales y apéndices de la pared del cuerpo. Abre al exterior a través de la madreporita, internamente forma una depresión, llamada ámpula que se conecta al canal pétreo, este descendiendo oralmente hasta el canal anular que rodea a la linterna de Aristóteles y del cual se proyectan los cuerpos de Tiedemann, las vesículas de Poli y cinco pares de canales radiales ciliados, de los cuales se proyectan numerosos canales laterales provistos de válvulas que se conectan finalmente a los pies ambulacrales. La función de este sistema es transportar un líquido similar al agua de mar, pero incluyen elementos celulares como celomocitos, ciertos compuestos orgánicos como proteínas, y una alta concentración de iones de Potasio. Este líquido se mueve a través del sistema por la acción de los cilios que se encuentran en el epitelio que reviste a los canales de dicho sistema (Figs. 12 y 13) (Melville y Durham, 1966; Nichols, 1966; Mortensen, 1977; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003). Por consiguiente, los equinodermos no tienen problemas de regulación osmótica e iónica, ya que son osmoconformadores. El agua y los iones atraviesan relativamente libres al otro

lado de las superficies delgadas del cuerpo, y la tonicidad de sus fluidos corporales varía de acuerdo con las fluctuaciones ambientales. También se presentan algunas regulaciones iónicas a través de transporte activo, pero son mínimas (Binyon, 1966; Brusca y Brusca, 2003).

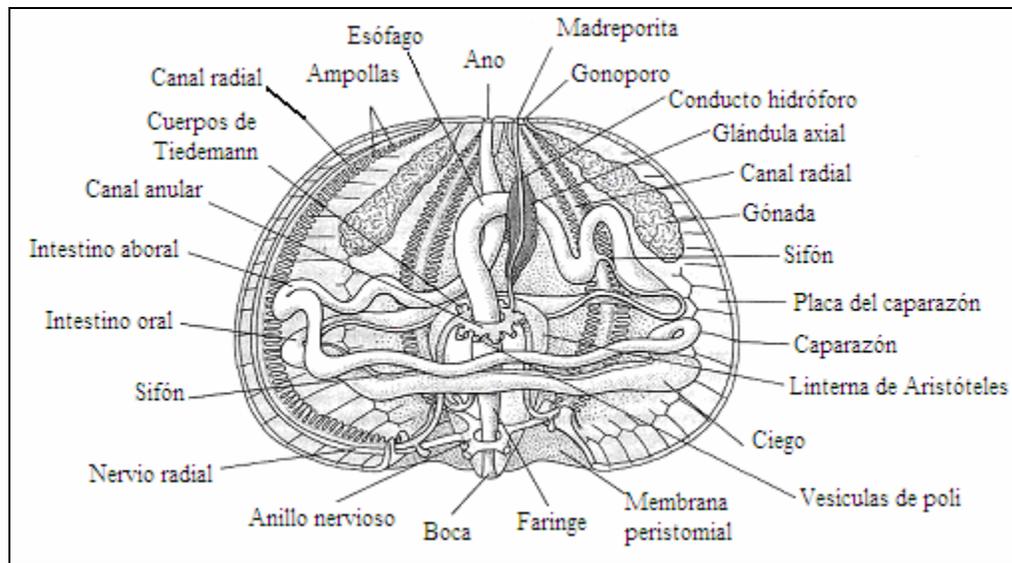


Figura 12. Anatomía interna de *Arbacia punctulata*. (vista lateral) (Modificado de Browne, 1956).

Las branquias y los pies ambulacrales son los principales órganos para el intercambio gaseoso. En la mayoría de los erizos los pies ambulacrales más aborales presentan diferentes modificaciones en este sentido (Farmanfarmaian, 1966; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

En el interior del cuerpo, en el líquido celómico que circula por los diferentes canales, los celomocitos participan activamente en la eliminación de los desechos (partículas y desechos nitrogenados, fagocitándolos en los fluidos del celoma y transportándolos para su eliminación hacia las branquias, los pies ambulacrales o la glándula axial (Endean, 1966; Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

La alimentación se realiza gracias a un aparato masticador muy desarrollado denominado “Linterna de Aristóteles”; se le designa este nombre en honor al gran filósofo, historiador, escritor, naturalista y taxónomo griego Aristóteles que describió por primera vez un erizo de mar (*Echinus esculentus*), refiriéndose a sus cinco dientes y aparato

masticador. Este aparato tiene una estructura sumamente compleja constituida por fibras musculares, músculos, ligamentos, diversas piezas calcáreas y cinco dientes (Figs. 14 y 15). La linterna la pueden proyectar, extender, retraer y separar los dientes; puede moverse lateralmente para realizar la acción de raspado en los grupos más evolucionados, pero en la Familia Cidaridae solo se limita a la acción de apertura y cierre de los dientes. La capacidad de evertir y retraer toda la linterna también hace que el animal pueda tirar y desgarrar sus alimentos, además de rasparlos. (Anderson, 1966; Melville y Durham, 1966; Mortensen, 1977; De Ridder y Lawrence, 1982; Ruppert y Barnes, 1996; Solís-Marín y Mata, 1999; Brusca y Brusca, 2003). Presentan un sistema digestivo sencillo compuesto por: cavidad bucal, esófago, faringe, estómago tubular, ciego en forma de saco, sifón, intestino, recto y el ano que se abre al exterior (Figs. 12 y 13). La digestión es extracelular, se inicia en el estómago y se completa en el intestino, donde se produce la absorción y la producción de enzimas digestivas. Las estrategias de alimentación incluye varios niveles de herbivoría (principalmente algas), alimentación detritívora, por suspensión y unas pocas formas de depredación; muchos erizos de mar son generalistas y sus dietas incluyen una gran variedad de materiales tanto de origen vegetal como animal (Anderson, 1966; Mortensen, 1977; De Ridder y Lawrence, 1982; De Ridder y Jangoux, 1982; Ruppert y Barnes, 1996; Solís-Marín y Mata, 1999; Brusca y Brusca, 2003).

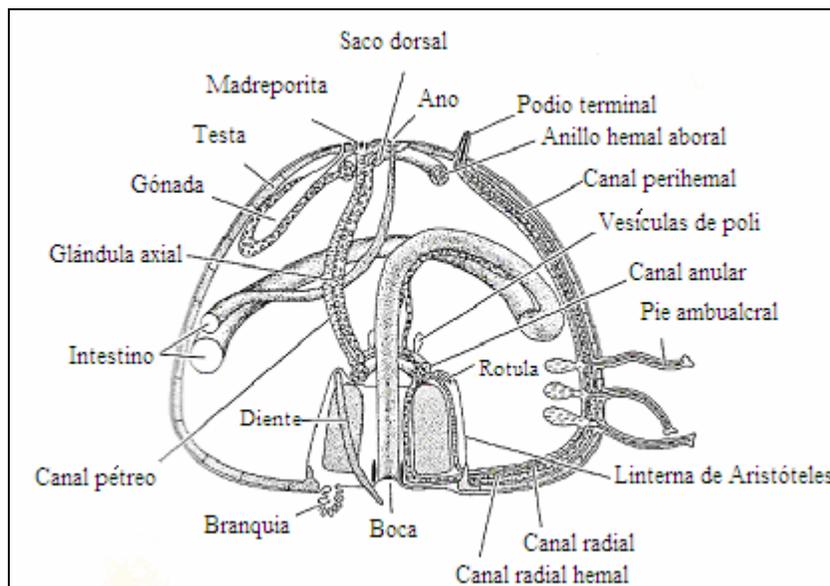


Figura 13. Anatomía interna de un erizo de mar en el que se muestra a mayor detalle el sistema circulatorio y digestivo principalmente (Tomado de Ubaghs, 1978).

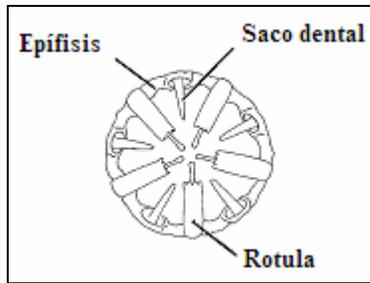


Figura 14. Vista superior de una parte de la linterna de Aristóteles de un erizo de mar. Los “compases” son removidos para mostrar las rotulas (Tomado de Brusca y Brusca, 2003).

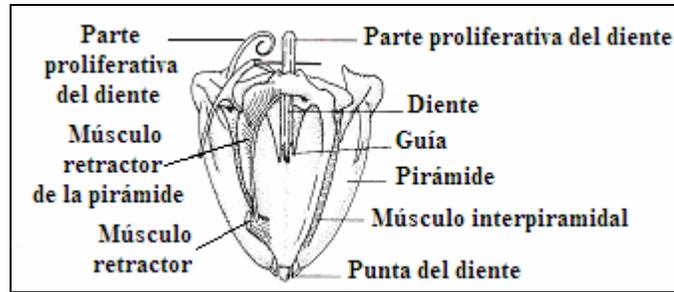


Figura 15. Vista lateral de la linterna de Aristóteles (Tomado de Ridder y Lawrence, 1982).

La forma general del cuerpo y el soporte estructural es mantenido primordialmente por los elementos del esqueleto. Hay estructuras particulares como los pies ambulacrales y las branquias que son soportados en su mayor parte por la presión hidrostática. Las espinas tienen la función de locomoción pero también de soporte ya que poseen en los ligamentos de su base, tejido conjuntivo variable (Motokawa, 1984) que contribuye a que se muevan o se pongan rígidas por medio de cambios rápidos en sus propiedades mecánicas. Están adaptados para vivir tanto en fondos duros como blandos, y utilizan las espinas y los pies ambulacrales como órganos locomotores. Los métodos de locomoción son determinados en conjunto por la configuración corporal, el hábitat, la naturaleza de su esqueleto y su sistema vascular acuífero (Ruppert y Barnes, 1996; Brusca y Brusca, 2003).

Los equinoideos son dioicos. El sistema reproductivo es relativamente simple y esta íntimamente asociado con derivados del celoma. Poseen cinco gónadas, cada gónada libera los gametos (óvulos y espermatozoides) por medio de un gonoducto simple hacia un gonoporo y al agua de mar (Figs. 12 y 13). Esta liberación es seguida por la fecundación externa que da lugar a un huevo de tipo isolecito seguido de un desarrollo indirecto que comprende períodos de segmentación (holoblástica-clivaje radial), gastrulación (deuterostomada) y formación larvaria, el desarrollo larvario puede incluir varios cambios en la forma de la larva con simetría bilateral, llamada *equinopluteus* que es característica de esta Clase (Fig. 16). La formación de la larva comprende: 1) la formación de los esbozos celómicos; 2) la formación completa del tubo digestivo, y 3) el desarrollo en la superficie de una o más bandas locomotoras. En el período final, la metamorfosis transforma el último estadio larvario en una forma juvenil con muchas características del adulto (Mortensen,

1977; Meglitsch, 1981; Ruppert y Barnes, 1996; Solís-Marín y Mata, 1999; Brusca y Brusca, 2003). La gametogénesis en algunos equinoideos es regulada por fotoperiodos que aseguran más o menos la sincronía de los gametos liberados entre los miembros de la misma población (Melville y Durham, 1966; Ruppert y Barnes, 1996; Solís-Marín y Mata, 1999; Brusca y Brusca, 2003).

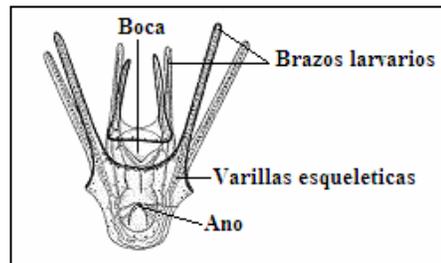


Figura 16. Larva *equinopluteus* de los equinoideos (Tomado de Ubaghs, 1978).

Los equinoideos son capaces de regenerar las ventosas de los pies ambulacrales cuando estas han sido perdidas. También se ha observado la regeneración de las espinas en algunas especies de erizos de mar, cuando estas han sido desprendidas desde su base o quebradas en alguna parte de su longitud; se ha observado que la espina se regenera en ambos casos, ya sea creciendo desde la base o regenerando solo la parte que ha sido perdida (Swan, 1966; Brusca y Brusca, 2003).

Los erizos regulares juegan un papel muy importante en la economía de los océanos, ya sea como grandes consumidores de otros animales, algas, plantas marinas y detritos orgánicos, y siendo a su vez un gran recurso alimenticio para ciertos peces, crustáceos, nutrias, así como algunas especies de erizos que son alimento de humanos (Ubaghs, 1978; Hendler *et al.*, 1995). Ciertos erizos de mar son apreciados como alimento y toneladas de ellos son capturados comercialmente cada año. Donde son abundantes pueden ejercer una considerable influencia en los ecosistemas: una densa población de erizos de mar puede desnudar vastas regiones de algas y pastos marinos, controlando las poblaciones de las mismas. Asimismo los erizos son responsables de la erosión, produciendo grandes cantidades de sedimento más 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).

## ANTECEDENTES

### EL ESTUDIO DE LOS EQUINODERMOS EN MÉXICO.

En México los equinodermos han sido estudiados desde hace más de 100 años (1838-1842), cuando se hicieron referencias breves de trabajos hechos sobre especímenes colectados en localidades próximas a las Costas Mexicanas. Como se sabe, son muchas las expediciones extranjeras que colectaron ejemplares en distintos puntos de nuestras costas; tal es el caso de los primeros trabajos de Valentin (1838-1842), quien citó a *Mellita hexapora* (equinoideo irregular) de Veracruz, y los de Agassiz y Désor un poco posteriores (1846). Durante este siglo resaltan las colectas efectuadas por expediciones extranjeras tales como las del Challenger, Albatros, Velero III, etc., y las realizadas por Caso (1941-1991) en el Pacífico, Golfo de California, Golfo de México y Caribe mexicano. Los datos sobre las colecciones extranjeras que poseen ejemplares de equinoideos recolectados en aguas de México fueron revisados por Caso durante 1974-1979 y están referidos en sus trabajos de 1978a, 1980 y 1983 en aguas de la costa Pacífica Mexicana. Dichos trabajos en conjunto dan una visión sobre la fauna de equinodermos de las costas mexicanas (Solís-Marín *et al.*, 1993; Buitrón y Solís-Marín, 1993; Solís-Marín y Laguarda, 1998).

México alberga una significativa diversidad de equinodermos. Hasta el momento, se han reportado casi 600 especies que habitan nuestro mar territorial o sea, aproximadamente el 10% de las especies de equinodermos existentes en el planeta. El reconocimiento de las especies mexicanas ha sido posible gracias a los estudios taxonómicos e inventarios del grupo en diversos hábitats costeros (Solís-Marín y Mata, 1999; Solís-Marín y Laguarda, 1998).

En el Golfo de México existe una gran diversidad de especies de equinodermos, presentándose representantes de las cinco Clases de equinodermos vivientes. Registrándose 206 especies distribuidas en 130 géneros, 64 familias y 26 órdenes, y considerando que en este cuerpo de agua se iniciaron los trabajos de recolección de equinodermos antes que en el Golfo de California y que en el Caribe Mexicano, y que los esfuerzos de captura han sido más intensos que en dichas masas de agua, por lo tanto el número de especies registradas es mayor que el de los otros ecosistemas. De hecho, el Golfo de México posee un mayor número de especies, géneros, familias, órdenes, e incluso Clases de equinodermos que el

Golfo de California. Únicamente, en lo que se refiere a número de géneros, el Caribe Mexicano presenta una mayor abundancia, tomando en cuenta que a la larga, mediante mayores esfuerzos de muestreo, se puede inferir que posiblemente en el Caribe Mexicano irán aumentando los registros de especies hasta superar las registradas en el Golfo de México (Durán-González *et al.*, 2005). La mayor parte de las investigaciones habían sido realizadas sobre las costas del Pacífico y se habían centrado en la taxonomía y sistemática del grupo (Solís-Marín *et al.*, 1993, Solís-Marín y Laguarda, 1998). La fauna de equinoideos registrada para el Golfo de México consiste aproximadamente en 48 especies y ayuda a subsanar el hueco relativo manifestado por Serafy (1979) sobre la poca información que se tenía respecto a los equinoideos presentes en las costas de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán. La mayor diversidad reportada fue encontrada en el Sureste del Golfo de México (estados de Veracruz, Tabasco y Campeche), la cual, posiblemente, se encuentra asociada a la amplia variabilidad de biotopos en la zona (Laguarda-Figuera *et al.*, 2005a). Para el Caribe Mexicano Laguarda-Figuera *et al.*, (2005b) reporta un total de 178 especies de equinodermos, correspondientes 113 géneros, 51 familias, 22 órdenes y 5 Clases.

#### EL ESTUDIO DE LOS EQUINOIDEOS EN EL ARRECIFE DE ISLA VERDE.

Caso (1961) en su tesis doctoral, dedica un capítulo a las especies de equinoideos mexicanos en el que reúne cuantos datos existían hasta ese momento de dichas especies, presentando distribución y un análisis taxonómico y sistemático de las mismas, en este trabajo reporta a *Eucidaris tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Echinometra lucunter*, *Lytechinus variegatus* y *Tripneustes ventricosus* para el arrecife de Isla Verde; así mismo Caso (1974a) reporta a *Tripneustes ventricosus* para Isla Verde en un estudio que realizó acerca de la morfología y ecología de *T. ventricosus*. Orbe-Mendoza (1971) realizó un estudio en el que presenta algunos aspectos ecológicos y morfológicos de tres especies de erizos pertenecientes a la familia Cidaridae, en el cual reporta al erizo *Eucidaris 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 reportadas en dicho estudio se encuentran los erizos: *Eucidaris tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Lytechinus variegatus* y *Tripneustes ventricosus* para el arrecife de Isla Verde; Nishimura (2005) reporta a *Tripneustes ventricosus* para Isla Verde en su tesis profesional, que trata acerca de la distribución y la abundancia en la parte Sur de dicho arrecife, así como el uso económico que se le da a la testa y a las gónadas de este erizo en el Puerto de Veracruz. Gutiérrez-Castro (1999) reporta a *Centrostephanus longispinus rubicingulus* para el área de Veracruz, en un estudio acerca de algunos aspectos sistemáticos y ecológicos de 18 especies de equinodermos recolectados en las campañas oceanográficas OGMEX Y PROGMEX a bordo del B/O “Justo sierra”. Laguarda *et al.*, (2005a) reporta a *Centrostephanus longispinus rubicingulus* para el arrecife de Isla Verde, y hacen referencia a otras 7 especies de equinoideos regulares en el estudio efectuado sobre los equinoideos del Golfo de México recolectados en las campañas oceanográficas OGMEX, PROGMEX y SIGSBEE a bordo del B/O “Justo sierra”.

#### LOS ARRECIFES DE CORAL.

Actualmente el acervo de conocimientos sobre la estructura y funcionamiento de los arrecifes coralinos es muy superior al que se tenía hace tan sólo unos treinta años; y afortunadamente en México, el estudio de estos sistemas es cada vez más una disciplina formal. Esto permite intentar una síntesis, en este caso somera, de las características de nuestros arrecifes y reconocer que el sistema arrecifal coralino de México, es de lo más diverso y desarrollado que se encuentra en el Atlántico occidental (Jordán, 1993).

En México el desarrollo arrecifal es mayor en las costas del Atlántico, en el Golfo de México y en el Caribe que en la costa occidental mexicana, en donde la mayoría son bloques monoespecíficos o sólo comunidades coralinas relevantes (Carricart y Horta, 1993; Tello, 2000). En aguas territoriales mexicanas los arrecifes se extienden desde el sur del Caribe mexicano, donde forman parte del sistema arrecifal beliceño hasta la altura de la Laguna de Tamiahua (Moore, 1958). Los arrecifes coralinos en México se localizan cerca de la costa, con excepción de los que se encuentran en el banco de Campeche y banco Chinchorro en el Caribe; por esta razón están expuestos directamente a las actividades

humanas (portuarias, industriales, explotación pesquera, turismo, entre otras), por lo que el deterioro ambiental en algunos de ellos es bastante grande (Carricart y Horta, 1993; Tello, 2000; Romeu, 2002).

Los responsables de formar la estructura básica de los arrecifes coralinos son los corales y la característica distintiva de los corales formadores de arrecifes hermatípicos que los separa de aquéllos que no lo son o ahermatípicos, es la presencia de algas unicelulares endozóicas simbiontes, conocidas generalmente como zooxantelas, en su tejido gastrodérmico (Wells, 1957; Gutiérrez *et al.*, 1993; Jordán, 1993). La masa arrecifal es el resultado de un equilibrio dinámico entre procesos de construcción y destrucción que dependen del ciclo de vida de los organismos que constituyen la comunidad (Hutchings, 1986) y de una serie de procesos físico químicos de consolidación, cementación y diagénesis (Jordán, 1993). El balance de esos procesos varía en el tiempo, normalmente de orden geológico, conforme las condiciones ambientales son más o menos adecuadas para el desarrollo de determinada biota coralina (Stoddart, 1969).

La formación de estos bellos y complejos ecosistemas depende también de factores condicionados geográficamente. Los dos parámetros físicos más importantes para los ecosistemas de arrecifes coralinos son: aguas templadas (20-28° C) y luz (aguas claras) (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Gutiérrez *et al.*, 1993; Ruppert y Barnes, 1996).

Según el perfil de cada arrecife se indica la existencia de diferentes ambientes que soportan diversas especies de corales y de otros animales. Además de los cnidarios, en los arrecifes también viven otros animales sésiles, como bivalvos, tunicados y briozoos. También hay ciertas esponjas, bivalvos y varios tipos de gusanos que horadan las superficies expuestas del coral. La topografía del arrecife es muy irregular y contiene muchos huecos y canales de muy variadas dimensiones, en donde vive una rica fauna críptica de camarones, cangrejos, caracoles, gusanos, peces y otros animales, sin olvidar la gran diversidad de equinodermos (Ruppert y Barnes, 1996).

Los arrecifes del Atlántico mexicano comprenden diversos sistemas en términos de su origen, de su emplazamiento geográfico, de su tipo y grado de desarrollo relativo; entre ellos se encuentran todos los principales tipos de arrecifes reconocidos que son los siguientes (Chávez e Hidalgo, 1988; Carricart y Horta, 1993; Jordán, 1993; Tello, 2000):

- 1) Los arrecifes costeros; que se caracterizan por desarrollarse bordeando la línea de costa, extendiéndose hacia el mar y dependiendo de la pendiente abrupta del fondo marino (Guilcher, 1988; Chávez e Hidalgo, 1988; Tello, 2000).
- 2) Los arrecifes de barrera; que se caracterizan por estar separados de la costa por un amplio canal que puede tener más de 200m de profundidad o bien, se encuentran separados de las masas terrestres por una laguna (Chávez e Hidalgo, 1988; Tello, 2000).
- 3) El atolón; que es una estructura común del Pacífico, caracterizado por un basamento de roca ígnea, de forma típicamente anular, con una laguna central de 30 m ó más de profundidad, comúnmente el arrecife activo se encuentra desarrollándose sobre los bordes, normalmente existen islas sobre las porciones emergidas de los bordes y también en la laguna (Chávez e Hidalgo, 1988; Tello, 2000).
- 4) El arrecife de tipo plataforma; el cuál es un banco arrecifal que emerge del fondo marino; generalmente alejado de la costa y que forma una explanada superficial poco profunda (planicie arrecifal), puede o no tener uno o más cayos arenosos (Chávez e Hidalgo, 1988; Tello, 2000). Este tipo de arrecife se encuentra rodeado por todas partes por agua, su contorno es generalmente alargado y se desarrolla hacia todos lados siempre y cuando el fondo no se encuentre a gran profundidad (Tello, 2000). Se caracterizan por ser relativamente someros, no llegan más allá de los 30 m de profundidad (Jordán, 1993); otra característica relevante es que presenta dos frentes, uno expuesto a la energía del oleaje y a los vientos dominantes llamado Barlovento, y el otro esta protegido y se le denomina Sotavento. La porción de crecimiento coralino más activa se encuentra orientada hacia el Este y Sureste, en donde una cresta arrecifal bien definida, formada por el embate del oleaje, indica el borde superior del talud o frente arrecifal (barlovento). Los arrecifes de este tipo se localizan dentro de las costas mexicanas en el Golfo de México como por ejemplo las formaciones arrecifales del SAV (Sistema Arrecifal Veracruzano) que en su mayoría son de tipo plataforma, y en el Mar Caribe; suelen estar ampliamente comunicados con el mar abierto, a través del arrecife posterior o de sotavento. El fondo de la misma con frecuencia es una mezcla de sustrato arenoso y cabezas de coral, o bien en ocasiones pueden formar densos pastizales ocupados por *Thalassia* (Chávez e Hidalgo, 1988; PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Tello, 2000).

## PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO (PNSAV).

El Sistema Arrecifal Veracruzano fue mencionado hace más de un siglo, por primera vez, en el trabajo de Heilprin (1891) y Alexander von Humboldt, en su ensayo político sobre la Nueva España, describe que los habitantes porteños de Veracruz utilizaban, en la construcción de sus casas, la “piedra mucar” de origen madreporico (Villalobos, 1971). En 1912, se publicó un mapa de arrecifes coralinos del Golfo basándose en Heilprin (Moore, 1958), pero no fue sino hasta hace unos 30 años que se reanudaron las investigaciones con el trabajo de Emery (1963), quien estudio la geología, topografía y sedimentos del área. A partir de 1960 a la actualidad, se han realizado diversas investigaciones sobre aspectos biológicos y ecológicos que contemplan todo el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) o gran parte de él (Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

Los antecedentes sobre la historia conocida con respecto a los arrecifes de Veracruz datan desde el período de la conquista en 1518. A partir de esa fecha, desafortunadamente los arrecifes 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. Así arrecifes completos han desaparecido, sobre todo con las ampliaciones en la construcción del puerto. En los últimos 50 años, varios arrecifes están sufriendo un deterioro constante debido a la extracción de especies vivas o muertas con fines comerciales y/ o de colección, así como la pesca indiscriminada, aunado todo esto a la contaminación industrial; portuaria y urbana (Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

En Veracruz, alrededor de 30 arrecifes están divididos en tres grandes grupos, uno de ellos, se encuentra en los alrededores de la ciudad de Veracruz, y por lo mismo ha sido fuertemente impactado tanto por fenómenos naturales, como por las actividades antropogénicas que se han desarrollado desde los inicios de la colonia; por lo que a dicho grupo de arrecifes se le considera entre los más amenazados del Océano Atlántico (Horta y Vargas-Hernández, 2000) y pertenece a las áreas naturales protegidas de México, con el nombre de Parque Marino Nacional “Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV)”, que consta de una superficie de 52,238 ha; este parque fue creado a instancias de la Secretaría de Marina, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y la Secretaría de Pesca, en el decreto

presidencial publicado el 24 de Agosto de 1992 (Diario Oficial, 1992; Tello, 2000; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

LA NOM-059-ECOL-2001.

La NOM-059-ECOL fue creada el 16 de mayo de 1994 para determinar a las especies, subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial, estableciendo las especificaciones para su protección. El 22 de Marzo del 2000 tuvo su primera modificación. La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (ahora Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT), publicó el 16 de octubre del 2000 en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Norma Oficial Mexicana “PROY-NOM-059-ECOL-2000” la cual abroga a la mencionada Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 y a su modificación del 2000, y contiene la Protección ambiental de especies de flora y fauna silvestres de México, con las categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, así como la “Lista de Especies en Riesgo”, con el fin de que los interesados en el tema presentaran sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental. Dicha norma tuvo modificaciones y el 7 de septiembre de 2001, se aprobó la presente Norma Oficial Mexicana bajo la siguiente denominación: Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Dicha norma abroga a las anteriores. La formulación de la Norma Oficial Mexicana estuvo apoyada por el personal técnico de 35 dependencias, instituciones y empresas con sus respectivas subdependencias.

La NOM-059-ECOL-2001 tiene por objeto identificar las especies de flora y fauna silvestres o poblaciones de las mismas en la República Mexicana que estén en riesgo. Esto lo hace mediante la integración de las listas correspondientes, así como estableciendo los criterios de inclusión, exclusión o cambio a dichas categorías y su método de evaluación del riesgo de extinción. Dicha Norma es de observancia obligatoria para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres incluidas en alguna de las categorías de riesgo dentro del territorio nacional. En

las especificaciones de las categorías e integración de la lista se debe anexar una “Ficha técnica-resumen” y las especificaciones de los criterios para la inclusión, cambio o exclusión de especies, subespecies y poblaciones en las categorías de riesgo. Esta Norma coincide parcialmente con los lineamientos contenidos en la “International Union for the Conservation of Nature” (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, IUCN). La Vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana le corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca por conducto de sus unidades administrativas y órganos desconcentrados competentes.

Posteriormente, el 3 de Julio de 2000 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la “Ley General de Vida Silvestre”, la cual es de orden público e interés social y tiene por objeto establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativas a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la nación ejerce su jurisdicción; tal ley establece que las especies y poblaciones en riesgo, son aquellas que se identifiquen como: a) en peligro de extinción, b) amenazadas, c) sujetas a protección especial y d) probablemente extintas en el medio silvestre. Cabe aclarar que dicha Ley no consideró la categoría de "rara" que se incluye en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 antes señalada, lo cual es acorde con estudios realizados al respecto que determinan que la “rareza” es una característica ecológica natural de distribución y abundancia, no necesariamente indicadora de riesgo, sino solamente cuando el contexto de las condiciones del hábitat, o del entorno social y económico en términos de presiones a la población o especie en cuestión, sea negativo. Asimismo, considera la categoría de "probablemente extinta en el medio silvestre", lo cual permitirá establecer los mecanismos adecuados para buscar o recuperar una especie que se suponga extinta en su medio natural, y en caso de reintroducirla o de hallar una población, sea reclasificada inmediatamente como en peligro de extinción. De igual forma, define el concepto ecológico de "población" como la figura central de las acciones de protección, conservación y aprovechamiento sustentable, por lo que hace énfasis en que las características de las poblaciones deben ser importantes en la consideración del riesgo, y se establece la probabilidad de exceptuar a poblaciones de

especies amenazadas o en peligro de extinción, mediante la inclusión de éstas en la categoría de "sujetas a protección especial".

Dentro de las listas antes mencionadas, solo se encuentra un equinodermo: el pepino de mar *Isostichopus fuscus* distribuido en las costas del Pacífico Tropical de América. Las poblaciones de este pepino de mar han sido fuertemente explotadas dado su valor como especie comestible para el ser humano. Ningún erizo de mar se encuentra protegido por la NOM-059 dado que comercialmente no se encuentran, por el momento, bajo ninguna amenaza. Sin embargo, cabe señalar que algunos equinoideos regulares, por el papel ecológico que desempeñan dentro de las comunidades de los arrecifes de coral, entre otras, deberían de comenzar a tomarse en cuenta como especies candidatas a ser protegidas por dicha norma.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL.

- Identificar la diversidad de erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) de la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, Ver., México.

## OBJETIVOS PARTICULARES.

- Llevar a cabo la identificación taxonómica de los erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) de la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, Ver., México.
- Elaborar las claves dicotómicas para los erizos regulares identificados, de la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.
- Determinar la distribución y abundancia de cada una de las especies de erizos regulares, y los sustratos a los que se encuentren asociados.
- Obtener la mayor cantidad posible de información para desarrollar las fichas técnicas que señala la NOM-059-ECOL-2001 para cada una de las especies identificadas.
- Dar a conocer la importancia ecológica de las diferentes especies recolectadas conforme a la información obtenida en las fichas técnicas que señala la NOM-059-ECOL-2001.

## ÁREA DE ESTUDIO

### EL ESTADO DE VERACRUZ.

El estado de Veracruz es uno de los seis estados ribereños de la costa de México que con sus 600 km de litoral, sin considerar las islas o arrecifes, representa el 6.9 % de los 8,644 km que presentan en conjunto los 17 estados costeros mexicanos (INEGI y SEMARNAT, 1998). Latitudinalmente se extiende desde los 17° 10' a los 22° 15' N; su forma es alargada y angosta. Orientada de Noroeste a Sureste, presenta un relieve en planicie cerca de la costa y en la parte Oeste, se prolonga hacia la Sierra Madre Oriental, ocupando parte de la altiplanicie (Fig. 17). Por su posición geográfica, el estado de Veracruz se encuentra en el límite de la zona tropical americana y de la zona árida del Noroeste de México, en el área de influencia de ciclones tropicales de Junio a Octubre y de los frentes fríos en la época invernal, lo que le confiere una gran variabilidad climática, de tal forma que presenta 17 subtipos de clima, que van desde los cálidos-húmedos hasta los fríos (Soto-García, 1989); sus temperaturas costeras máximas extremas fluctúan desde 27 hasta más de 35 °C y las mínimas, desde 6 hasta 18 °C. A lo largo de su litoral se localizan una gran variedad de hábitats, entre ellos los arrecifes (Gutiérrez *et al.*, 1993).

### LOS ARRECIFES DE CORAL EN VERACRUZ.

En Veracruz, los arrecifes de coral representan el límite Norte de estos frágiles y diversos ecosistemas. Dichos arrecifes (alrededor de 30) están divididos en tres grandes grupos:

1. El grupo más boreal se sitúa al Sureste de Cabo Rojo y está compuesto por el arrecife Blanquilla (Blanquita), arrecife Medio y arrecife Lobos (27° 15' N, 97° 13' 30" W) (Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).
2. El segundo grupo dista aproximadamente 48.8 km del primero y se localiza al Noreste de la desembocadura del Río Tuxpan y está compuesto por los arrecifes Tanhuijo, Enmedio y Tuxpan (21° 02' N, 97° 12' W) (Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).
3. El Tercer Grupo (SAV) (Fig. 17) separado del segundo por 226 km, está localizado en las coordenadas geográficas 19° 03' 00" a los 19° 14' 15" N y 95° 47' 36" a los 96° 08' 13" W a 1.5 millas de la costa. Situado en la mitad interior de la Plataforma

Continental, sobre declives compuestos por residuos calcáreos arrecifales (Emery, 1963; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004), representa el límite occidental de la distribución de los arrecifes del océano Atlántico (Morelock y Koenig, 1967; González, 2000). Consta de 23 arrecifes que a su vez se subdividen geográficamente en dos subgrupos: Norte y Sur, separados uno del otro por 10.9 km debido a la desembocadura de los ríos Jamapa y Cotaxtla que fusionan su caudal unos 6.2 km antes de su desembocadura al mar en la población de Boca del Río, con un volumen aproximado de 1,670 millones de m<sup>3</sup> en 1979 (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Gutiérrez *et al.*, 1993; Noriega, 2001; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

- Subgrupo Norte: Se encuentra frente al puerto de Veracruz y está compuesto por 11 arrecifes, a los lados, en y frente al puerto de Veracruz; consiste de tres arrecifes costeros: Punta Gorda, Hornos e Ingeniero; siete arrecifes de tipo plataforma: Galleguilla, La Gallega, La Blanquilla, Anegada de Adentro, Isla Verde, Pájaros, Isla Sacrificios, todos dentro de la isobata de los 37 m, además de un bajo frente al arrecife de Isla Verde, llamado Bajo Paducan. Esta sección de los arrecifes en el área del cuadrante está definida por los 19° 15' a los 19° 10' N, y de los 96° 10' a los 96° 02' W (Emery, 1963; Espejel, 1991; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; 2002; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).
- Subgrupo Sur: Se encuentra en los alrededores de la población de Antón Lizardo a unos 20 km al SW del puerto de Veracruz, y está constituido por 12 arrecifes, un arrecife costero: Punta Coyol; y 11 arrecifes tipo plataforma: Polo, Blanca, Gioté, Chopas, Isla De Enmedio, Rizo, Anegada de Afuera, Cabezo, Santiaguillo, Anegadilla y Topatillo; todos ellos en la isobata de los 48 m (Emery, 1963; Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; 2002; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

De los arrecifes Veracruzanos, solo Punta Gorda, Gallega, Hornos, Ingeniero y Punta Coyol son costeros, el resto son arrecifes de Plataforma (Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

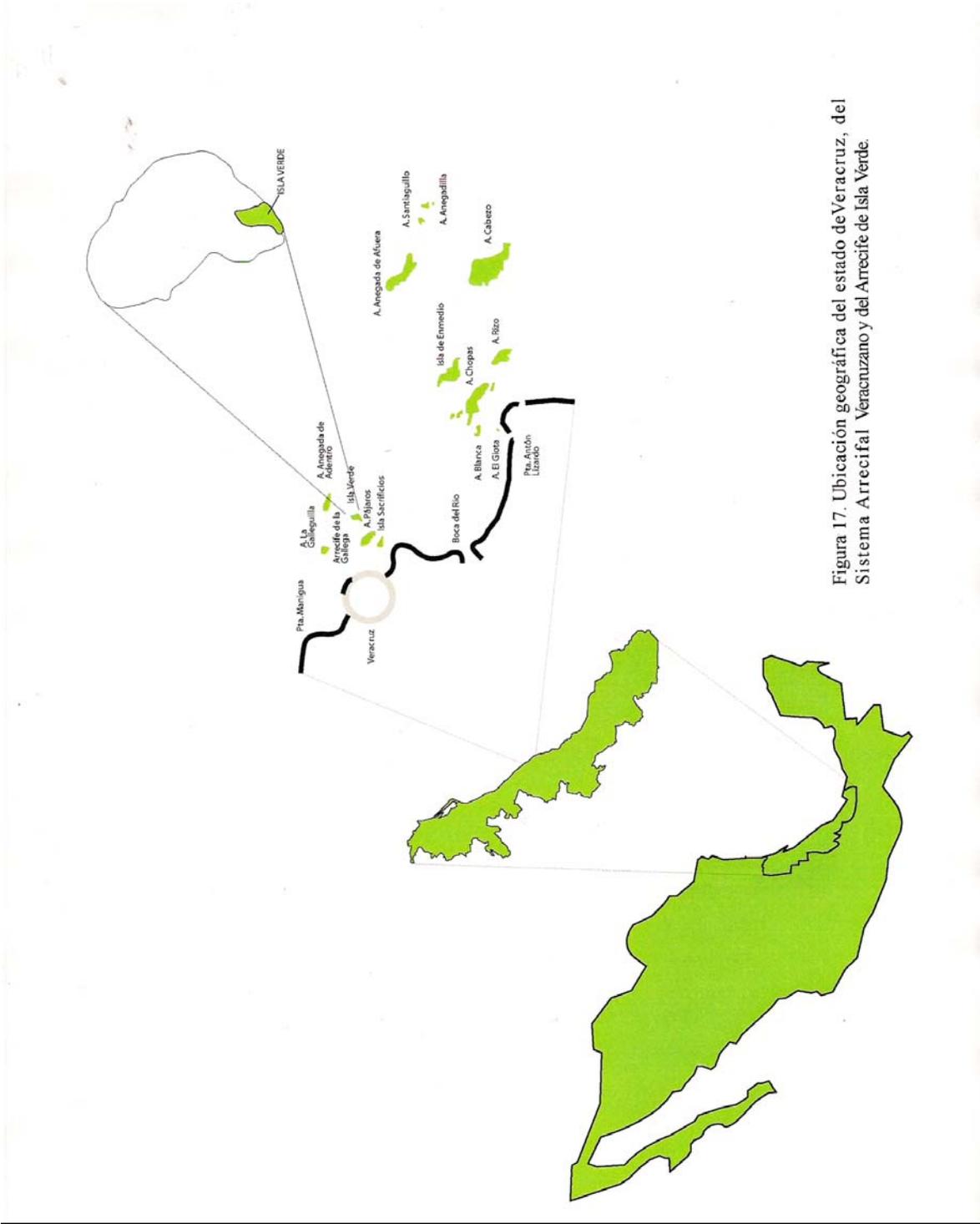


Figura 17. Ubicación geográfica del estado de Veracruz, del Sistema Arrecifal Veracruzano y del Arrecife de Isla Verde.

## EL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO “SAV”.

Las costas Veracruzanas son privilegiadas por tener complejos arrecifales de alta relevancia ecológica, los cuales posiblemente funcionen como reservorio, puente y puntos de diseminación de especies entre las áreas arrecifales caribeñas y las de Florida. El sistema arrecifal veracruzano (SAV) (Fig. 17), se localiza enfrente del puerto de Veracruz y de la población de Antón Lizardo; enlaza al Noroeste con otro complejo de seis arrecifes, situado enfrente de la laguna de Tamiahua en el Norte del Estado de Veracruz, y al Este con el complejo arrecifal de Campeche y Yucatán (Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

Constitución: La principal característica estructural de estos arrecifes es que tienden a ser porosos, a tal grado que la matriz de deposición constituida por los esqueletos de corales escleractíneos, queda expuesta. Por otro lado, la comunidad coralina que los constituye es dominada por unas cuantas especies y muestran una marcada diferencia entre el margen de Sotavento y el de Barlovento. El emplazamiento y distribución en que se encuentran hace pensar que estos arrecifes se desarrollan sobre domos salinos, dunas consolidadas sumergidas (Morelock y Koenig, 1967) o extrusiones basálticas (Freeland, 1971). La presencia de parches arrecifales de escaso relieve cubiertos por escleractíneos muertos, sobre el fondo de la plataforma continental en ésta misma área, sugiere que la sobrevivencia de la comunidad coralina está relacionada con la existencia de una topografía basal de alto relieve (Jordán, 1993).

Delimitación: Los arrecifes que componen el SAV se encuentran delimitados por los ríos: La antigua al Norte y el Papaloapan al Sur. La desembocadura del río Jamapa divide al SAV en dos áreas, una frente al Puerto de Veracruz y otra frente al poblado de Antón Lizardo, esto provoca que las aguas circundantes sean turbias y poco transparentes (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Gutiérrez *et al.*, 1993).

Origen: El SAV está conformado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental que se eleva desde profundidades cercanas a los 40 m. Está construido en un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al Pleistoceno Reciente, y el producto del descenso en el nivel del mar, debido a la última glaciación (Emery, 1963; PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Tello, 2000). Tienen

una edad aproximada de 9,000 a 10,000 años (Morelock y Koenig, 1967; González, 2000; Noriega, 2001).

Sedimento: En la mitad interior de la plataforma continental frente al Puerto de Veracruz, se elevan arrecifes coralinos asentados sobre declives compuestos por residuos calcáreos arrecifales. Las playas de tierra firme tienen arena fina compuesta por casi el 50% de vidrios volcánicos y feldespatos. El declive costero entre los arrecifes está cubierto por lodos y arenas grises ricos en materia orgánica (Emery, 1963; PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Espejel, 1991; Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002). La plataforma somera presenta una gran cantidad de sedimentos de tipo carbonatado y terrígeno (Jordán, 1993).

Morfología: Los arrecifes del SAV presentan dos formas de desarrollo: una es alargada en sentido NW-SE y otra es en semicírculo con la misma orientación. Se caracterizan por tener pendientes en Barlovento y en Sotavento (Emery, 1963; Lot-Helgueras, 1968; SEDUE, 1985; Lara, 1989). Cada arrecife difiere en complejidad topográfica, cantidad de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) depositada, riqueza de especies y cobertura viva (Gutiérrez *et al.*, 1993). La principal característica física común entre los arrecifes del SAV es su posición y forma, ya que su alargamiento es en el sentido NW a SE y es debido a la dirección del oleaje (Emery, 1963; Lot-Helgueras, 1971; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Tello, 2000). Las lagunas arrecifales delimitadas por las barreras coralinas de las aguas profundas, rara vez exceden los 2 m de profundidad y en general conservan un promedio de poco más de un metro (Vargas-Hernández *et al.*, 1993), aunque pueden llegar a alcanzar 25 a 40 m de profundidad, y en general, se encuentran a no más de 22 km de la línea de costa (Morelock y Koenig, 1967; González, 2000; Noriega, 2001). En algunos arrecifes se puede presentar un área emergida, en ocasiones formada por montones de residuos, como trozos de corales muertos y conchas, que forman arenas gruesas o grava de tamaño muy heterogéneo; en algunos arrecifes esta área emergida puede ser de gran tamaño (cayos), los cuales son precisamente conocidos como islas, en donde se desarrolla cierto tipo de vegetación (Lot-Helgueras, 1971).

Hidrografía: Las masas de agua que rodean al SAV, pueden clasificarse en tres tipos: aguas oceánicas, aguas costeras y aguas de mezcla. La alta salinidad es aportada por las aguas oceánicas con valores de 36 ups en superficie, hasta 36.7 ups a 20 m de

profundidad, y por valores inferiores a 36 ups propios de las aguas costeras que reciben aportes fluviales (Villalobos, 1971; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Tello, 2000). La salinidad promedio es de 33.6 ups y hay dos clases de salinidad más frecuentes, una por debajo de 31.5 ups y la otra por arriba de 34.5 ups, lo cual se atribuye a aguas costeras con y sin influencia fluvial respectivamente. La salinidad máxima es de 39.3 ups y la mínima es de 18.2 ups (Zizumbo, 1995; Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002). A pesar de su cercanía a la costa y a la desembocadura de ríos importantes, como el Jamapa y Papaloapan, no se han observado variaciones significativas en la salinidad de las áreas arrecifales. Sobre el borde o barrera coralina del lado E-NE, las olas altas chocan y sufren una refracción muy notoria, rodeando en su mayor parte a la media circunferencia delimitada por la barrera coralina o Barlovento, que es donde la acción del oleaje es disminuido en gran parte, escapando la masa de agua a través de la porción central del arrecife por canales en ocasiones bastante anchos y ligeramente profundos, en forma de escurrimientos otra vez al mar abierto por el lado del Sotavento (Lot-Helgueras, 1971). Se considera que la temperatura superficial del mar en Veracruz, Ver., tiene valores alrededor de 30 °C en verano y alrededor de 23 °C en invierno (máxima de 35.0 °C, media de 27.7 °C y mínima de 20.0 °C); pero la temperatura varía de acuerdo al tipo de masa de agua: las aguas oceánicas pasan hacia el Norte formando corrientes predominantes con velocidades de 0.4 a 0.5 nudos, su temperatura varía entre los 28.5 y 28.7 °C, el agua de tipo costero presenta temperaturas superiores entre 29 y 29.4 °C y las aguas de mezcla entre 28.7 y 29 °C (Villalobos, 1971; SEDUE, 1985; Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002). En cuanto al oleaje se ha observado que el que llega a Veracruz es de poca energía (de baja altura), salvo en la época de frentes fríos (Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002). En la costa de Veracruz las mareas son esencialmente diurnas con una altura de 70 cm, mientras que las semidiurnas son de 10 cm (Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002). En la parte de la costa existen cuencas fluviales que desembocan en la zona de arrecifes: exactamente frente al sistema arrecifal desembocan los ríos Jamapa y Atoyac en la descarga de Boca del Río, con un volumen de descarga de aproximadamente 1,670 millones de m<sup>3</sup> durante 1979; hacia el Sur desemboca el río Papaloapan con una descarga de 20,000 millones de m<sup>3</sup> durante 1984, considerado como una de las más importantes corrientes fluviales del país que en razón de su volumen de agua, ocupa el segundo lugar en México después del

Sistema Grijalva-Usumacinta; y en la parte Norte descarga sus aguas el río “La Antigua”, con un volumen de 2, 400 millones de m<sup>3</sup> durante 1981 (SEDUE, 1985). Debido a las descargas de estos ríos, en temporadas de lluvias, al agua que rodea a estos arrecifes se encuentra más turbia que en otras épocas del año, por lo que, la visibilidad en la columna de agua se reduce de 3 m a solamente 1 m (Krutak *et al.*, 1980; SEDUE, 1985).

Clima: El tipo de clima según Köpen modificado por García (1964) es Aw<sup>2</sup>(w)(i’): tropical húmedo, o cálido subhúmedo, con lluvias en verano (Espejel, 1991; Zizumbo, 1995). La temperatura atmosférica media anual es de 25.4°C, en los meses más cálidos (Mayo a Agosto) de 28°C y en los meses más fríos (enero y febrero) de 18°C (Espejel, 1991; Gutiérrez *et al.*, 1993). El esquema climático del área de Veracruz se puede sintetizar en dos épocas del año: la primera, desde Septiembre hasta Abril, es un período caracterizado por una escasa precipitación, temperaturas ambientales bajas y frecuentes invasiones de masas de aire provenientes del polo, por cuya fuerza pueden ser, desde vientos frescos, hasta violentos y huracanados (Suárez-Caabro, 1965; Resendez, 1971; Villalobos, 1971; Espejel, 1991; Zizumbo, 1995; González, 2000) y la segunda, de Mayo a Agosto se enmarca un período cálido, caracterizado por temperaturas elevadas, alta precipitación entre Junio, Julio y Agosto, proveniente de los vientos alisios de la zona ecuatorial y vientos débiles más o menos permanentes que soplan del Sureste. Al primer periodo le llamamos de “Nortes” y al segundo periodo de “Lluvias” (Resendez, 1971; Villalobos, 1971; Espejel, 1991; Zizumbo, 1995). De Agosto a Octubre la zona se encuentra bajo la influencia de un promedio de nueve huracanes, que proveen la mayoría de las lluvias durante ese periodo (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Zizumbo, 1995). Los Nortes se presentan de Octubre a Abril en número de 15 hasta más de 40, con una duración de 2 a 6 días cada uno y velocidades de 12 a 45 km/h, con rachas hasta de 110 a 120 km/h (Zizumbo, 1995; <http://smn.cna.gob.mx/SMN.html>). Son tan drásticas las modificaciones producidas durante el invierno, que la recuperación de los elementos de la biota arrecifal que se inicia en Marzo, solo culmina hasta Junio y Julio donde las poblaciones alcanzan el máximo de su desarrollo (Villalobos, 1971; Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

Zonación: En el SAV se pueden reconocer cuatro zonas estructurales, cada una de las cuales presenta varias subzonas: Sotavento, laguna arrecifal, cresta arrecifal y arrecife frontal o Barlovento. Este patrón es el resultado combinado de los efectos del viento, las

corrientes y la sedimentación (Lara, 1989; Padilla, 1989; Pizaña, 1990; Rosado, 1990; Jácome, 1992; López, 1992; García, 1992; Gutiérrez *et al.*, 1993).

1. Sotavento: Se caracteriza por poco movimiento del agua, baja energía del oleaje y constante aporte de sedimentos terrígenos, provocan turbiedad y alta depositación. La sedimentación es la principal presión de selección en las especies que caracterizan al lugar. El rango de profundidades es de 3-4 m y se pueden reconocer 3 subzonas (Gutiérrez *et al.*, 1993). Los arrecifes del SAV poseen Sotavento del lado de WSW (Lot-Helgueras, 1971; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Zizumbo, 1995):

- Subzona de “platos”. Entre 10-24 m de profundidad, la pendiente es poco pronunciada, se llama así por el crecimiento plano, en forma de repisas del coral *Montastrea annularis* como en Isla Verde. En esta subzona son comunes los parches de arenas finas. Los crecimientos planos y masivos de *Montastrea* y *Siderastrea*, de 0.4 – 2.0 m, forman el sustrato duro donde se encuentran esponjas y crinoideos como *Nemaster rubiginosus* (Gutiérrez *et al.*, 1993).
- “Cementerio de *Acropora cervicornis*”. denominada así por el cúmulo que forman los esqueletos y restos de este coral. Se presentan en 3-15 m de profundidad; la pendiente puede alcanzar 45°. Tal vez es la subzona de mayor diversidad en todos los arrecifes del SAV, no sólo por el número de especies de escleractinios, donde se llegan a encontrar hasta 13 géneros y 17 especies (Padilla, 1989), sino por la variedad de otros taxa de invertebrados béntonicos. Su desarrollo es muy variable, siendo escaso y con poca cobertura coralina hacia los extremos de los arrecifes. La matriz calcárea formada por *A. cervicornis* sirve de sustrato a diversas especies de esponjas, equinodermos como *Echinometra viridis*, *Ophiocoma echinata*, *Eucidaris tribuloides* y *Euapta lappa*, y moluscos. Las formas de crecimiento de los escleractinios son planas e incrustantes o en forma de platos ordenados como repisas (Gutiérrez *et al.*, 1993).
- “Jardín de Gorgonáceos”. Se presentan de 2-6 m de profundidad, la pendiente presenta menos de 10°; se encuentran densos crecimientos de

gorgonáceos. Se extiende en la base superior de la pendiente protegida donde hay una gran cantidad de sedimentos. En el sustrato son frecuentes los restos de *A. cervicornis*. También en esta zona se encuentran algunos escleractinios, esponjas incrustantes, equinodermos como *Echinometra viridis*, gasterópodos generalmente asociados con gorgonáceos (Gutiérrez *et al.*, 1993).

2. Laguna arrecifal: Es una meseta plana en la parte superior limitada en su crecimiento vertical por el régimen de mareas, vientos y oleaje, con profundidades someras (0.5 – 2.0 m) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Resúmenes I CNAC, 2000; Tello, 2000; Noriega, 2001). Se caracteriza por una alta tasa de sedimentación y reducido movimiento del agua. La intensidad luminosa es elevada, diversos tipo de algas y del pasto marino *Thalassia testudinum* que cubren grandes áreas, y se alternan con cabezos formados por restos de corales y parches de arenas gruesas y finas, comprende 2 subzonas (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Gutiérrez *et al.*, 1993; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Tello, 2000; Noriega, 2001):

- Transición de Sotavento. La inclinación del sustrato es suave (menor de 10°). Se extiende como franja en el borde del plano arrecifal, al lado contrario de la rompiente arrecifal y se hace más ancha hacia los extremos de las estructuras arrecifales. Hay una notable cantidad de sedimentos finos y gruesos. Se distingue por crecimientos aislados de pequeños corales ramificados o formas masivas. Es particular la presencia de esponjas, erizos como *Diadema antillarum*, *Echinometra* sp. y *Tripnesutes ventricosus*, y gasterópodos (Gutiérrez *et al.*, 1993).
- Subzona de Parches. Es la parte menos profunda, de 0.5-1.0 m; no hay pendiente y existen numerosos parches de pastos marinos, arena y roca. Presenta una base calcárea formada por *Porites porites*. Sobre esta matriz se encuentran crecimientos aislados incrustantes y planos de *Siderastrea radians* y *Diploria clivosa*. La cobertura es reducida (menor al 5%), encontrándose numeroso corales muertos. Estos restos forman una pedacería gruesa que se deposita junto a los sedimentos más finos. Entre los pastos

marinos, restos de coral y parches de arena se encuentran esponjas como *Haliclona* y *Tedania*, erizos como *Diadema antillarum*, *Tripneustes ventricosus* y *Echinometra* sp. y moluscos como *Tridachia crispata*, *Pinna* sp. y *Cerithium literatum* (Gutiérrez *et al.*, 1993).

3. Cresta arrecifal: Soporta la máxima energía del oleaje, que en general es muy alta, sobre todo en la época de Nortes. La profundidad varía entre 0-3 m. La sedimentación es baja y abunda el sustrato duro ya que la litificación del sedimento forma un piso liso y poroso; con pedacería gruesa y abundante crecimiento de algas. Su extensión es muy variable dependiendo del tamaño del arrecife, conformando casi todo el plano arrecifal en las estructuras de menor tamaño. Una característica distintiva de las demás zonas (y de otros arrecifes del mundo) es la gran densidad del erizo *Echinometra lucunter* con hasta 45 individuos por m<sup>2</sup>, siendo esto muy común en todos los arrecifes del SAV. Se reconocieron 3 subzonas (Gutiérrez *et al.*, 1993):

- Arrecife posterior. Colinda con la laguna arrecifal, presenta un sustrato poco abrupto y plano, encontrándose crecimientos aislados de corales, cuyos restos producen la pedacería característica de esta subzona. Los sedimentos más comunes son de pedacería gruesa y la mayoría del sustrato es ocupado por algas, erizos y moluscos (Jácome, 1992; García, 1992). Se ha observado también que en las estructuras cercanas a la costa se encuentran pequeños parches de zoantídeos (Rosado, 1990).
- Rompiente arrecifal. Es la subzona con menor profundidad (0-1 m) y donde rompen las olas; se ve afectada por las fluctuaciones de marea. Con mareas bajas sobresalen algunos elementos coralinos. La comunidad béntica se caracteriza por algas calcáreas, el erizo *Echinometra lucunter* y el hidrocoral *Millepora* sp. También se encuentran grandes parches de zoantídeos y anémonas, sobre todo en las estructuras de menores dimensiones y cercanas a la costa (Rosado, 1990). Los crecimientos de hexacorales son dispersos e incrustantes (el tamaño de las colonias rara vez es mayor a 50 cm de alto) (Gutiérrez *et al.*, 1993).

- Transición de Barlovento. Se extiende como un franja en el borde de la cresta arrecifal en forma continua hacia la pendiente expuesta (arrecife frontal). La energía del oleaje es de moderada a intensa y la pendiente es irregular y nunca mayor a 30°. La profundidad va de 1-3 m. La comunidad béntica se caracteriza por la presencia de tapetes algales, erizos del género *Echinometra* y zoantideos (Rosado, 1990). Los corales presentan crecimientos dispersos e incrustantes. A mayor profundidad se encuentran crecimientos masivos de *A. palmata* que es la especie dominante en esta subzona (Gutiérrez *et al.*, 1993).
4. Arrecife frontal o Barlovento: La pendiente de Barlovento o parte del arrecife frontal se distingue por presentar macizos y canales. Esta zona se desarrolla hasta los 12 m de profundidad en algunos arrecifes o hasta 40 m en otros. Los arrecifes del SAV poseen un borde o barrera coralina del lado E-NE, sobre el cual las olas altas chocan y sufren una refracción muy notoria, rodeando en su mayor parte a la media circunferencia delimitada por la barrera coralina (Lot-Helgueras, 1971; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Zizumbo, 1995). La erosión causada por el oleaje en la parte somera de esta pendiente, produce sedimentos. Una parte de estos son acarreados hacia el Sotavento y otros son depositados sobre los canales y transportados hacia la base del arrecife. A pesar de esto la tasa de sedimentación es baja comparada con otras zonas de la estructura arrecifal, lo que da como resultado que la transparencia del agua sea mayor. Se presentan dos subzonas (Gutiérrez *et al.*, 1993).
- Arrecife Frontal Interior. Esta subzona se encuentra bien desarrollada. La profundidad va de 3-15 m, la pendiente es de 20-30° y presenta terrazas donde se inicia el sistema de macizos y canales. Su extensión es variable, dependiendo de la inclinación de la pendiente, mientras más suave, más extenso es. El sustrato se caracteriza por presentar oquedades que sirven de refugio a otros organismos. En algunas de estas pendientes se registraron hasta 8 géneros y 18 especies de hexacorales (Padilla, 1989). *Acropora palmata* es dominante, presenta formas de crecimiento ramificadas y masivas. Otros géneros comunes son *Montastrea*, *Colpophyllia* y *Diploria*,

que presentan formas planas y masivas. El tamaño de las colonias puede alcanzar hasta 2.5 m de altura. En la comunidad béntica se encuentran esponjas, algas costrosas y el Crinoideo *Nemaster rubiginosus* (Gutiérrez *et al.*, 1993).

- Arrecife Frontal Exterior. Se presenta como una franja entre los 10-40 m de profundidad. El sistema de macizos y canales se encuentra bien desarrollado, las pendientes son variables, pero en general pronunciadas, alcanzando ángulos de hasta 90°. Esta subzona se extiende hasta la base arenosa, siendo más ancha hacia el centro de los arrecifes. La topografía es muy escarpada entre los macizos y canales y en algunas estructuras presenta caídas de hasta 15 m. Los afloramientos y montículos que forman macizos se desarrollan por el crecimiento de *M. annularis* y en menor grado *S. siderea*, *M. cavernosa*, *C. natans*, y *P. asteroides*. Los crecimientos son planos y masivos o en forma de platos hasta de 2.5 m de altura. El sustrato es poroso e irregular. La mayor cobertura de tejido vivo es de hexacorales y algas costrosas, y en menor grado de esponjas (Gutiérrez *et al.*, 1993).

#### ARRECIFE ISLA VERDE.

Isla Verde es un arrecife de tipo plataforma (Figs.17, 18 y 19) (Schuhmacher, 1978; PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Chávez e Hidalgo, 1988; Carricart-Ganivet, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Zizumbo, 1995; González, 2000; Tello, 2000; Noriega, 2001) que se localiza a 5.9 km del puerto de Veracruz (González-Solís, 1985), y se ubica geográficamente en los 19°11' 50" N y 96° 04' 06" W. Forma parte de las ocho islas coralinas situadas frente al puerto y al igual que todos los arrecifes esta constituido por un banco de restos bioclásticos calcáreos predominantemente coralinos, perteneciente 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 con orientación Sureste-Noroeste; la sección Norte mide aproximadamente 1,200 m y en la sección Este-Oeste en la parte más ancha del arrecife mide unos 700 m. En el extremo Sur, se presenta una Isla, que es un cayo arenoso, cuya longitud mayor es de 300 m aproximadamente por unos 170 m en

su parte más ancha, lo que le confiere una forma alargada, de contorno semilunar con su borde convexo dirigido hacia el Este (Figs. 18 y 19). Marcado por la cresta arrecifal que es notable en esta porción del arrecife sobre todo en las bajamares y muy poco notable o ausente en el lado opuesto o lado Oeste del arrecife, presenta dos pequeñas bahías opuestas, estando la bahía del lado Este ligeramente más al Norte que la otra, estrechando la isla en la parte media; una localizada al NE y la otra al SW, al final de la cual se encuentra un faro de 10 m de altura. La profundidad media de la laguna es de 0.8 m (Lot-Helgueras, 1971; PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Carricart-Ganivet, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Zizumbo, 1995; González, 2000; Tello, 2000; Noriega, 2001). La barrera coralina que encierra a la laguna por la parte Norte y Este, se interrumpe en la porción Este en forma muy aparente, constituyendo una boca donde se localiza una fosa de un poco más de 10 m de profundidad. La posición de esta entrada tiene una importancia significativa en la distribución de las comunidades dentro del arrecife, ya que establece una corriente de la zona oceánica hacia la laguna, por medio de canales en dirección NE-SW (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

En el arrecife de Isla Verde se pueden reconocer seis zonas estructurales: zona emergida, laguna arrecifal, zona posterior, cresta arrecifal, zona de rompiente y pendiente arrecifal, esta última con dos subzonas: región de Barlovento y región de Sotavento. (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

Zona emergida. Presenta un área de 11,000 m<sup>2</sup>. El sustrato de la isla o cayó (Figs. 18 y 19) está constituido por arena blanca producto de la erosión de los esqueletos coralinos con abundantes trozos de coral y conchas de otros organismos invertebrados como moluscos, que viven sobre el arrecife, sin embargo la textura es más gruesa en la porción Norte de la isla. Una sección perimetral de la isla, comenzando por la parte Sureste y terminando un poco al Norte del faro, está formada por una playa cuyo sustrato es rocoso, con restos de corales muertos de los géneros *Acropora*, *Montastrea*, *Diploria*, *Porites* y *Siderastrea*, elevándose desde 0.80 m hasta cerca de los 6 m. La flora incluye plantas como *Pandinus* sp y *Randia laete virens* que retienen la arena empujada por los vientos del Norte, por lo que conforman montículos más altos que los del resto de la isla, que están localizados en la porción central un poco al Norte; frente a estos hacia la parte N, se localiza una depresión sin vegetación que delimita a la vegetación principal de la isla.

(PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Tello, 2000). La Vegetación principal se conoce como “vegetación de dunas costeras”. Este tipo de vegetación es muy importante pues favorece en la estabilidad del sustrato no consolidado de las partes emergidas del arrecife. Esta vegetación está compuesta por *Terminalia catappa* (almendro), *Tournefortia gnaphalodes* y *Agave angustifolia*. El borde más externo de esta vegetación está formado por las plantas pioneras *Euphorbia buxifolia* y *Sesuvium portulacastrum* que intervienen en la fijación de pequeñas dunas. Se reconocen hasta 26 especies, algunas de las cuales constituyen asociaciones importantes que determinan una zonación muy aparente de la vegetación. Debido a la lejanía con el Puerto de Veracruz, Isla Verde conserva sus condiciones naturales, con una vegetación poco perturbada por la actividad humana, sin embargo en años recientes se han introducido a la isla más ejemplares de *T. catappa* y de *A. angustifolia*, las cuales han modificado la parte Noreste (Lot-Helgueras, 1971; PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

Laguna arrecifal. La laguna arrecifal de Isla Verde (Figs. 18 y 19) es una zona de alta sedimentación, con baja cobertura coralina y el crecimiento de las algas es superior al de los corales, ocupa un área de 55 ha con una porción emergida en la parte Sur de 2.6 ha (Fig. 18) (Tello, 2000). En ella se encuentran seis tipos de biotopos acuáticos, reconocibles cada uno por el elemento visual dominante (Resúmenes I CNAC, 2000). De dichos biotopos, el 41.09% está cubierto por arena, 21.42% por *Thalassia*, 16.41% por coral muerto, 15.26% por algas, 4.10% por coral vivo, 0.86% por erizos y el 0.86% por otros taxa (Tello, 2000). El biotopo de *Thalassia* se encuentra distribuido de Suroeste a Este, rodeando la parte Norte del cayo arenoso limitada por las corrientes de entrada de la planicie (Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Tello, 2000), cubriendo un área de 11.78 ha que es el 21% de la cobertura total. El arrecife de Isla Verde dentro del SAV, es uno de los que tienen la mayor cobertura de estos pastos marinos en la planicie (Fig. 20) (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Tello, 2000), sin embargo, en varios arrecifes del SAV es común encontrar densas praderas de esta fanerógama (Tello, 2000). En la laguna, la superficie es de 560 por 1,000 m, en la porción Sur no presenta zona lagunar, la cual se presenta en las partes Norte, Este, Oeste, Noreste y Noroeste. La profundidad en la laguna arrecifal varía entre 0.30 y 1.20 m, siendo de 1.50 m en el canal que bordea a Isla Verde por la parte Norte, con 2 pequeñas bahías, una en el Este y la otra en el Oeste. La del Este

forma una boca con una fosa de más de 10 m de profundidad. El sustrato presente en la laguna arrecifal es de dos tipos: arenoso-calcáreo y arenoso con esqueletos coralinos. La comunidad coralina representativa se encuentra formada por *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Siderastea radians*, *Porites astreoides*, *P. porites* y el hidrocoral *Millepora alcicornis*, formando colonias menores de 0.40 m de diámetro distribuidas en forma aislada y en la parte Este y Oeste restos de *A. cervicornis*. Presenta camas densas de gran extensión de pasto marino (*Thalassia testudinum*) en el fondo, siendo mayor su crecimiento en la parte Norte y Sureste, formando manchones en las partes Noreste, Suroeste, Este y Oeste, y en forma escasa en la parte Noroeste. También es común encontrar algas como *Halimeda opuntia*, *Caulerpa sertularoides*, *C. cupressoides*, *Padina pavonea*, *Galaxaura* sp., *Rizocephalus phoenix* y *Dictyota* sp. Dentro de la fauna presente en los ceibadales de *T. testudinum* con esqueletos coralinos, se encuentran los equinodermos *Echinometra lucunter*, *E. viridis*, *Diadema antillarum*, *Eucidaris tribuloides*, *Lytechinus variegatus*, *Tripneustes ventricosus*, *Ophiocoma* sp. y *Holothuria* sp.; además de los gasterópodos *Cerithium* sp. y *Astraea* sp.; poliquetos de los géneros *Hermodice*, *Eunice*, *Nereis* y *Sabella* y los crustáceos *Calcinus tibicen*, *Mithrax forceps*; *Portunus* spp., *Dardanus venosus* y *Callinectes* spp; además, es muy abundante en determinadas épocas la presencia del molusco *Aplysia* sp. (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

Zona posterior. Presente en las partes Norte, Noreste y Este, con una longitud de 30 a 45 m, esta zona se caracteriza por presentar un sustrato rocoso-calcáreo, con profundidad de 0.20 a 0.50 m, los corales *Porites porites*, las algas *Halimeda opuntia*, *Caulerpa* sp. y *Galaxaura* sp., los gasterópodos *Cerithium* sp. y *Astrea* sp. y grandes poblaciones de erizos *Echinometra lucunter* y *E. Viridis*. Esta zona es parte de la región de Barlovento que esta constituida principalmente por un sustrato de roca basáltica (González-Solís, 1985; PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

Cresta arrecifal. Esta zona queda comprendida entre la zona posterior y la zona de rompiente en las partes Norte, Noreste, Este y Sureste (Figs. 18 y 19), y se caracteriza por ser la única zona en el arrecife que emerge, siendo mayor el área expuesta cuando es bajamar. Su longitud varía entre 10 y 15 m. Esta zona se presenta por la región de Barlovento y esta formada por un sustrato rocoso-calcáreo de esqueletos coralinos que sobresalen de 0.80 a 1.20 m. Sobre este sustrato existen grandes poblaciones de erizos

*Echinometra lucunter* y *E. viridis* (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987). La posición de ésta tiene importancia en la distribución de las comunidades del arrecife, ya que se establece una corriente que se desplaza de la zona oceánica hacia la laguna por medio de canales, en dirección NE-SW, determinando la ausencia de pastos marinos en dichos canales y formando parches o manchas de ceibadales (Lot-Helgueras, 1971).

Zona de rompiente. Esta zona, como su nombre lo indica, recibe la acción directa de las olas, las que al romper provocan fuerte turbulencia y condiciones hidrológicas severas, se caracteriza por presentar un sustrato rocoso-calcáreo, con restos de *Acropora palmata*, cubierto por algas calcáreas incrustantes. Esta zona está comprendida dentro de la región de Barlovento en el Norte, Noreste, Este y Sureste (Fig. 18). Su longitud varía entre los 20 y 65 m. En esta zona las comunidades de *Zoanthus* sp. son características de las partes Norte, Noreste y Este (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

Pendiente arrecifal. Su longitud es de 50 a 190 m y presenta dos pendientes arrecifales, una de ellas orientada a la región de Barlovento o zona expuesta que comprende las partes Norte, Noreste y Este, y la otra orientada hacia la región de Sotavento o área protegida que comprende las partes Noroeste, Oeste y Suroeste (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

- Región de Barlovento: Las pendientes de esta región se caracterizan por presentar un sustrato rocoso-calcáreo bien consolidado de origen geológico anterior a la comunidad coralina actual. A lo largo de las pendientes de Barlovento se establece de la superficie hacia el fondo un crecimiento coralino muy aislado: los corales hermatípicos que forman colonias pequeñas de 0.3-0.4 m de diámetro, en forma aplanada incrustante *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Montastrea cavernosa*, *M. annularis*, *Siderastrea siderea*, *Colpophyllia natans* y *Stephanocoenia michelini* y otras especies que forman colonias menores de 0.2 m de altura, que solo existen en oquedades del sustrato como *Oculina difusa*, *O. valenciennesi*, *Scolymia lacera*, *Agaricia agaricites*, *Mycetophyllia lamarkiana* y el hidrocoral *Stylaster roseus*. Las pendientes de esta zona presentan mayores profundidades que las de la región de Sotavento. Así, tenemos que las pendientes de la región de Barlovento presentan profundidades de 11 a 21 m. En todas estas pendientes se llega a la base del arrecife (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

- Región de Sotavento: Las pendientes de esta región a diferencia del sustrato rocoso-calcareo que presentan las pendientes de Barlovento, se caracterizan por presentar dos tipos de sustrato: calcáreo, arenoso-calcareo. El sustrato calcáreo se presenta en las partes Noroeste, Oeste y Suroeste. El sustrato arenoso-calcareo se presenta en la parte Sur. Por la parte Noroeste, Oeste y Sureste el crecimiento coralino es más diverso y abundante, las colonias del coral son mayores de 0.40 m de diámetro y encontramos las mismas especies que en Barlovento, además de *Madracis pharensis*, *M. decactis*, *Agaricia lamarcki*, *A. nobilis*, *A. fragilis*, *Porites asteroides*, *Mussa angulosa* y “montículos” de 1 a 2 m de altura por 1 m de diámetro de *Montastrea cavernosa*. Las pendientes de Sotavento a diferencia de las de Barlovento, son menos pronunciadas, presentan la mayor cobertura coralina total y relativa y la menor profundidad, entre 10 y 12 m. En tanto que en Barlovento la profundidad varía entre 10 y 21 m (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).

La mayor riqueza específica, abundancia y cobertura coralina se presenta en la parte Noroeste. Presenta 15 especies de corales escleractinios. Es común encontrar en las pendientes de Barlovento y Sotavento a los equinodermos *Diadema antillarum*, *Eucidaris tribuloides*, *Lytechinus variegatus*, *Echinometra lucunter*, *E. viridis* y *Linckia guildingui*, a las algas rojas e incrustantes y al crinoideo *Nemaster rubiginosus*. En las pendientes de la región de Sotavento se encuentran las esponjas *Neopetrosia longleyi*, *Haliclona rubens*, *Verongia fistularis*, *Ircinia fasciculata* y *Xestospongia muta* y a los crustáceos *Stenopus hispidus* y *Stenorhynchus seticornis* (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987).



vista SW  
Arrecife e Isla Verde

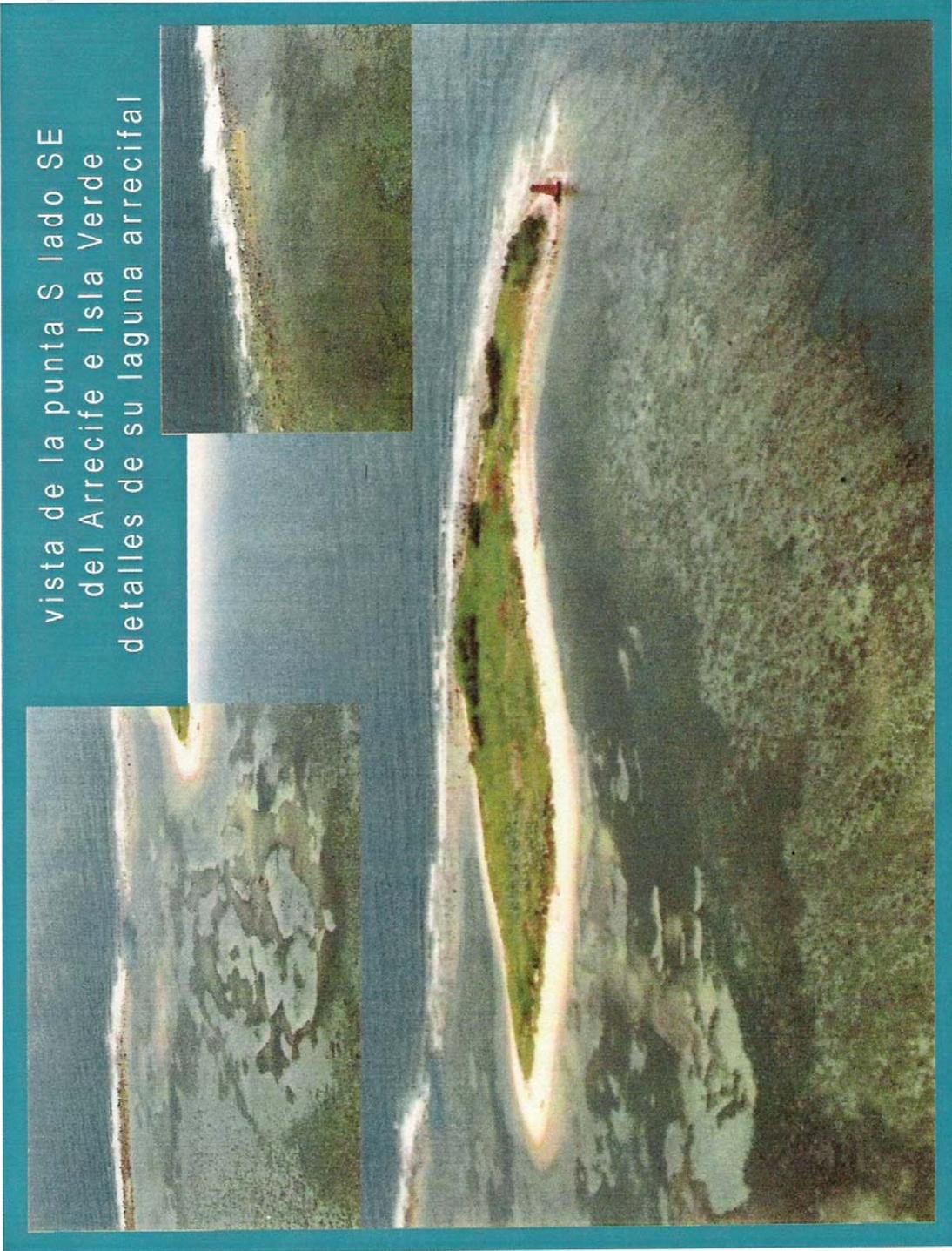


vista SSE  
Arrecife e  
Isla Verde



vista NW  
Arrecife e  
Isla Verde

Figura 18. Vista aérea de la parte Suroeste, Sur Sureste y Noroeste del Arrecife de Isla Verde (Tomado de Secretaría



vista de la punta S lado SE  
del Arrecife e Isla Verde  
detalles de su laguna arrecifal

Figura 19. Vista aérea de la punta Sur y lado Sureste del Arrecife de Isla Verde, SAV (Tomado de Secretaría de



Figura 20. Distribución generalizada de los "ceibadales" dentro del arrecife de Isla Verde (Modificado de "Esquema basado en la fotografía aérea de Aerográfica y Constructora, S.A.").

-  *Halodule wrightii*
-  *Thalassia testudinum*

## MATERIAL Y METODOS

Las cuatro recolectas se realizaron de Octubre del 2000 a Octubre del 2002, transcurriendo dos años desde la primera a la última recolecta (Tabla 1). Cada recolecta tubo 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 (Figs. 21 y 22), tratando de cubrir los distintos tipos de hábitats que existen en ella; aunque también se recolectó en la parte Sur (enfrente del cayo de arena) y Sureste hacia Barlovento. El cuadrante midió 154 m por cada lado, y con ayuda de un geoposicionador (GPS) se ubicaron las coordenadas (Tabla 2) de cada vértice del cuadrante. En cada vértice flotaba una boya de unicel de 30 cm de diámetro color blanca y numerada, sujetada por medio de una piola a un gancho de metal enterrado en el sustrato, o amarrada a una roca (Fig. 21), lo anterior, con el fin de orientarse dentro del área de recolecta.

Tabla 1. Recolectas y fechas de su realización.

<b>RECOLECTA 1</b>	28 y 29 de Octubre del 2000	Otoño
<b>RECOLECTA 2</b>	12 y 13 de Octubre del 2001	Otoño
<b>RECOLECTA 3</b>	18 y 19 de Abril del 2002	Primavera
<b>RECOLECTA 4</b>	10 y 11 de Octubre del 2002	Otoño

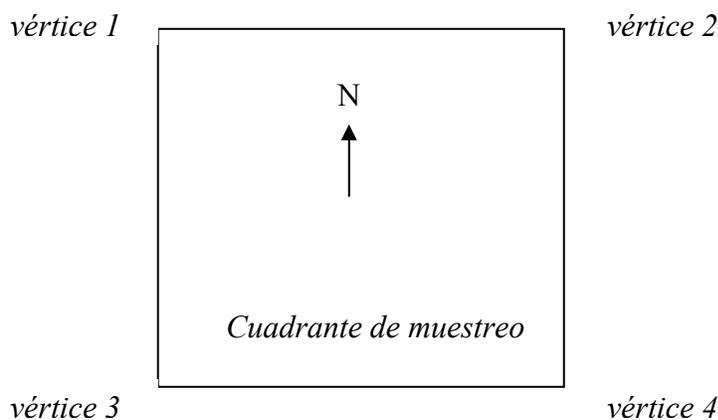


Figura 21. Cuadrante de muestreo mostrando sus vértices y orientación.

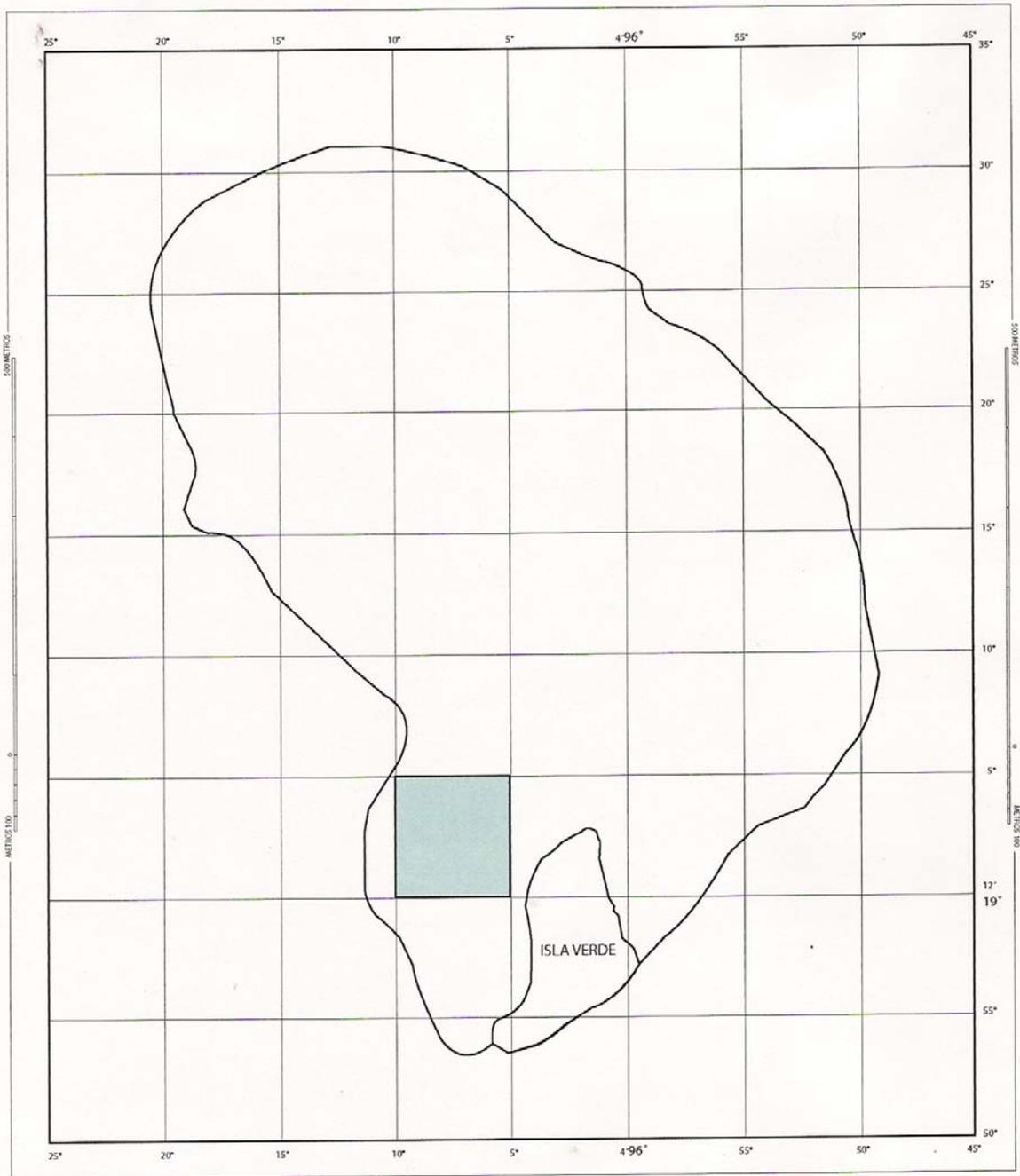


Figura 22. Cuadrante principal de muestreo en la parte Suroeste de la laguna arrecifal de Isla Verde.

Tabla 2. Coordenadas geográficas de cada vértice del cuadrante de muestreo.

VERTICE	LATITUD	LONGITUD
1	19°12'05'' N	96°04'10' W
2	19°12'05'' N	96°04'05'' W
3	19°12'00'' N	96°04'10'' W
4	19°12'00'' N	96°04'05'' W

Durante la recolección general se fue explorando sistemáticamente el cuadrante y el área anexa mediante buceo libre (diurno). La captura de los erizos de espinas pequeñas encontrados entre la arena, algas, o pastos marinos, se realizó a mano o con guantes de vidrio y solo se utilizó un gancho tipo garfio (30 cm de largo) para aquellas especies de ambientes intermareales rocosos, ubicadas en oquedades de rocas o coral, cuyas espinas pueden penetrar la piel del recolector causando heridas dolorosas. Los ejemplares capturados fueron transportados en bolsas de plástico negras con agua de mar, hasta el lugar donde serían procesados; se evitó que les diera la luz del sol directamente para que no se elevara la temperatura del agua. La georeferenciación de los sitios de recolecta se hizo con el apoyo de un geoposicionador (Hendler *et al.* 1995; Solís-Marín y Mata, 1999, Bravo *et al.*, 1999).

Durante las recolectas se tuvo que limitar el número de ejemplares capturados debido a los límites establecidos en los permisos de recolecta que autoriza la Secretaría de Marina, y por lo mismo, la mayoría de los organismos se tuvieron que identificar en vivo, incluyendo especímenes de todos los tamaños y colores, sin seleccionar los más grandes ni de mejor apariencia. Las muestras se eligieron al azar (Solís-Marín y Mata, 1999).

Los ejemplares capturados para la realización del presente trabajo fueron procesados de la siguiente manera: fueron narcotizados en una charola de peltre o de plástico, de color oscuro; se agregó suficiente agua de mar, para sobrepasar levemente su altura, logrando con esto que el ejemplar extendiera todo lo posible sus pies ambulacrales y pedicelarios. Una vez hecho lo anterior, al agua que contiene al organismo, se le agregaron pequeñas dosis de cloruro de magnesio (en polvo), con una cuchara de plástico para evitar alguna reacción con el metal. La cantidad de anestésico varió de acuerdo al tamaño del organismo.

Generalmente de 1 a 2 horas fueron suficientes para narcotizar a los ejemplares (Hendler *et al.* 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

Se narcotizó a los erizos previamente antes de fijarlos, porque, al requerir información para la identificación taxonómica sobre sus partes blandas como pies ambulacrales, al anestesiarnos se relajaron y extendieron, facilitando su observación. Para la fijación se les colocó en recipientes adecuados a su tamaño, posteriormente se les agregó formol al 4 u 8% (preparado con agua de mar). Se dejó en esta solución por un periodo alrededor de 24 horas para organismos de mediano tamaño y de 48 horas para organismos de mayor tamaño, cuidando que no se diluyeran sus estructuras calcáreas, ya que el formol tiende a diluirlas. Muchos ejemplares, dado su reducido tamaño, se fijaron directamente en alcohol etílico al 70%. Para acelerar el proceso de fijación, se practicó una incisión en la membrana bucal que permitiera el paso del fijador al interior del organismo (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

Durante la fijación se tuvo precaución en dos aspectos: que el volumen del fijador dentro del recipiente fuera mayor que el de los animales a fijar y que todas las estructuras del animal fueran bañadas por el fijador. De no ser así, colocar material de más en un frasco, es arriesgarse a perderlo todo; colocar un organismo por la fuerza dentro de un recipiente, da lugar a que las partes forzadas contra las paredes no se fijen. Fue conveniente examinar periódicamente el desarrollo de la fijación. Después de las primeras 6 horas, los ejemplares fueron cuidadosamente inspeccionados; después de eso, cada 12 horas. Esta medida sólo se tomó en el caso de organismos pequeños, colocados en frascos claros con exceso de fijador (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

Los erizos de mar de gran tamaño fueron inyectados con fijador. La inyección se aplicó en el celoma a través de la boca (Solís-Marín y Mata, 1999).

El formol comercial es una solución saturada de aldehído fórmico (que es un gas) en agua; contiene 40% de aldehído. Una vez considerada esta solución como formol puro se llevaron a cabo las demás diluciones a partir de ella. Al iniciar el trabajo fue conveniente preparar primero una cantidad relativamente pequeña y se experimentó con ella fijando algunos organismos. Una buena concentración de formol endurece los tejidos en un lapso de 6 a 12 horas, sin hacerlos demasiado duros, quebradizos o colapsados. El formol expuesto a la luz contiene ácido fórmico, el cual descalcifica a los ejemplares. Unos

pedazos de gis o de cualquier piedra calcárea atenúan el efecto ácido del formol. Cuando la fijación comienza a ser obviamente más lenta, se sabe que la concentración de formol bajó demasiado. Entonces se desecha la solución y se prepara una nueva (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

El alcohol comercial viene en dos concentraciones: 42° (la más común), la cual corresponde al 96% y 36°, la cual corresponde al 85%. Para la conservación de los erizos, se usa en general alcohol etílico (de caña) preparado con agua corriente al 70% (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

Hay dos tipos de técnicas de conservación: la seca y la húmeda (Solís-Marín y Mata, 1999):

Conservación por vía seca: Una vez fijados, los erizos de mar son secados a temperatura ambiente en un lugar sombreado y bien ventilado sobre papel secante o periódico. Para preservar la posición de las espinas, se cuelga de un hilo o alambre al organismo boca arriba, cuando se le estuvo secando. Como la temperatura ambiente y la humedad es alta en el área, se deja secar de 2 a 3 días. Es importante realizar este proceso con precaución, porque de no ser así se pueden deteriorar los ejemplares, los cuales posteriormente serán atacados por insectos u hongos (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

Conservación por vía húmeda: Se realizó en recipientes de vidrio transparentes, de boca ancha con alcohol etílico al 70% (preparado con agua corriente) inmediatamente después de haberlos fijado. Una desventaja de este proceso es que se pierde la coloración natural de los organismos al momento de sumergirlos en la mezcla de alcohol etílico y agua corriente. Antes de hacer el cambio de formol a alcohol, se lavó cuidadosamente a los organismos bajo el chorro de agua por espacio de 10 a 15 minutos (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

La preparación húmeda exigió envases y frascos para llevar los líquidos al campo y para contener a los animales durante la fijación y de regreso al laboratorio. Para transportar el formol, los recipientes de plástico son óptimos ya que pesan menos que los de cristal. Se utilizaron recipientes de varios tamaños, de preferencia con tapa de plástico, debido a que el formol ataca los metales y acaba por perforar las tapas metálicas. Los recipientes mencionados (para el transporte) fueron de boca ancha para el fácil acceso de los

organismos. No fue necesario que los ejemplares grandes (los cuales son más resistentes), se transportaran inmersos en líquido, por ello fueron transportados entre capas de paños húmedos de formol, en recipientes bien cerrados (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

Ciertos datos sobre los ejemplares son indispensables para su aprovechamiento científico. Algunos de estos datos se registraron en un rótulo o en una etiqueta que acompañó al ejemplar, otros en una libreta de campo. Llamamos aquí para mayor claridad “etiqueta” a un pedazo de papel con los datos escritos que acompañan a la muestra. Los tres datos básicos del rótulo son: a) el lugar donde el ejemplar fue recolectado, b) la fecha de captura y c) el nombre del recolector; hay otros datos que también se podrían incluir si se cuenta con ellos como: coordenadas, temperatura (superficial y de fondo), profundidad, oxígeno disuelto, pH, salinidad, transparencia del agua y sustrato. Es muy importante tomar en cuenta que según sea la preparación del ejemplar, será el tipo del material utilizado para elaborar la etiqueta: para muestras en húmedo se usa papel Fabriano (50% celulosa y 50% tela) o papel albanene (utilizando lápices del número 4), en el caso de las muestras en seco, sólo se requiere cualquier tipo de papel libre de ácidos. La indicación del lugar de captura permite ubicar con precisión la localidad anotando: el nombre del estado, el sitio de la recolecta así como la latitud y longitud. El nombre del recolector además de garantizar el crédito del trabajo, facilita la adquisición de datos adicionales proporcionados por el colector tomándolos de sus notas y verbalmente en futuros trabajos o revisiones. Para evitar confusiones (pues muchos lugares tienen nombres de personas y las personas tienen nombres de plantas o cosas), se indica el nombre correspondiente al recolector con las abreviaturas “col” o “leg” (del latín legit, que quiere decir “recolectó”). En los casos más simples, se indica el día exacto, mes y año. Ejemplo: 23-XII-1964 ó 23-Diciembre-1964. Para evitar confusiones el mes no se abrevia en números arábigos, sino en letras o números romanos. También conviene anotar el año completo, por ejemplo 1964 y no 964 ni 64 (Hendler *et al.*, 1995; Solís-Marín y Mata, 1999).

Para enriquecer la información de cada muestra se tomaron los siguientes parámetros físicos del agua: profundidad, temperatura y sustrato asociado. Además se fotografió un ejemplar de cada especie para su registro visual.

Previo a la identificación taxonómica de los ejemplares capturados, se lleva a cabo el limpiado y blanqueado de las testas, para observar en ellas las placas que los conforman. Para esto se limpia una cuarta parte de la testa, yendo del ano hacia la boca, en forma de gajos o meridianos; esa parte es desprovista de todas las estructuras que tiene sobre la epidermis (espinas primarias y secundarias, pedicelarios, tejido, etc.) con unas pinzas y un cepillo de dientes, posteriormente se agregan a esa parte unas gotas de cloro, y se cepilla enseguida, quitando así todo el resto de tejido hasta que el caparazón quede blanco (o de color claro). Finalmente la parte cepillada se enjuaga con agua y se deja secar (Gamboa, 1978).

El material fue incorporado a 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 (ICML) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Para realizar la identificación taxonómica de los organismos fue necesario recurrir a las claves taxonómicas y descripciones de los siguientes autores: Mortensen (1928, 1935, 1940, 1943 y 1951), Bernasconi (1955b), Caso (1961), Kier (1975), Serafy (1979), Worbis (1986), Gallo (1988) y Hendler *et al.*, (1995), éstas diagnosis están acordes al fenotipo de dichos organismos. La clave y la sinopsis taxonómica fueron elaboradas en base a los criterios de Serafy (1979), siguiendo la propuesta de Smith (1984a).

Para la sinopsis taxonómica de las especies estudiadas, se utilizaron los criterios de Serafy (1979) y Smith (1984b), debido a que estos autores han elaborado excelentes trabajos para evaluar la ubicación taxonómica de los equinoideos, siendo utilizadas, así mismo, estas bases académicas por Orbe (1971), Ruiz (1988), Gallo (1988), y Hendler *et al.*, (1995); a diferencia de Caso (1961), Gamboa (1978) y Worbis (1986) quienes utilizaron los trabajos así mismo excelentes de Mortensen (1928, 1935, 1940, 1943 y 1951) y Moore (1966).

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.

Para obtener la distribución de las especies de los erizos regulares de la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, se procedió a obtener las coordenadas geográficas (con

ayuda de un geoposicionador) por individuo de cada una de las especies de los erizos regulares aquí estudiados; y para ubicarlos en un mapa del área de muestreo se les asignó a cada espécimen un punto de localización, con el fin de facilitar el manejo de la información en mapas, además de proporcionar el orden de encuentro de los ejemplares y la presencia de estos en cada recolecta. También se registró el sustrato asociado para cada punto de localización en el que se encontraban 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, para cotejar distribuciones entre individuos de diferentes especies (Maya, 1993).

Para obtener la abundancia, se contabilizaron los individuos para cada una de las especies dentro del cuadrante de muestreo y así mismo para la parte sur y sureste de la laguna arrecifal. Con los datos obtenidos se anotó la cantidad de individuos por especie, que correspondían a cada una de las recolectas, con el fin de conocer la abundancia por recolecta, y posteriormente hacer un mapeo de dicha abundancia, para obtener los patrones de distribución. La abundancia total se obtuvo de dos maneras: la primera contempló solo al número de individuos por especie que se localizaron dentro del cuadrante de muestreo, y de acuerdo a estos datos se obtuvieron los porcentajes de abundancia por especie; y el segundo, que abarca a todos los individuos contabilizados por especie en toda la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, para obtener sus porcentajes de abundancia con el fin de cotejar los resultados con los del cuadrante de muestreo (Maya, 1993).

El conteo de los especímenes de las especies de erizos regulares, se realizó dentro y fuera del cuadrante de muestreo, con el fin de obtener la abundancia dentro del mismo (que representa a la población de cada especie); no obstante también se obtuvo la abundancia total de cada una de las especies de erizos regulares de la parte Sur de la laguna arrecifal con el fin de comparar estos datos con los datos de abundancia obtenidos dentro del cuadrante de muestreo. Lo anterior con el fin de cotejar ambos datos para observar similitudes y diferencias (Maya, 1993).

Para *E. lucunter lucunter* la metodología que se siguió fue un poco diferente a la determinada para las otras especies, 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 en la parte Sur de la laguna arrecifal, ya sea que estuvieran

dentro del cuadrante de muestreo como fuera de él; pero en el caso de esta especie, su población es dominante y abundante, por lo tanto solo se contabilizaron los ejemplares que caían dentro del cuadrante de muestreo para cada recolecta, y puesto que era imposible registrar los datos de todos los individuos contabilizados, además de necesitar datos de individuos que se encontraran fuera del cuadrante de muestreo, se procedió a registrar los datos de algunos ejemplares que estuvieran tanto dentro como fuera del cuadrante de muestreo mediante la toma de una muestra al azar, registrándose así datos de 32 especímenes en 32 puntos de localización, correspondientes a 8 individuos por cada recolecta; para así evaluar su distribución en la parte Sur de la laguna arrecifal y poderla comparar con la de otras especies (Maya, 1993).

Con respecto al formato de la ficha técnica que establece la NOM-059-ECOL-2001 para organismos, se siguieron las siguientes indicaciones ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx); [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)) que propone la misma, para las fichas técnicas de los erizos de mar regulares recolectados en la parte Sur del arrecife:

- Las secciones o incisos que están en cursivas corresponden a información básica que trató de ser obtenida obligatoriamente para todos los casos. Fue deseable que en la ficha se recopilara toda la información existente en la literatura científica acerca de la especie, así que aunque los demás incisos eran opcionales, la ficha es más útil entre más de ellos contengan información, por lo que fue mejor integrar todos los datos que existían en la literatura.
- En cada uno de los incisos se citaron las referencias bibliográficas de la fuente de información (autor, año). En caso de que se tratara de información no publicada y proveniente del conocimiento u opinión personal del investigador, se indicó dando el nombre del especialista, el año en curso y anotando en seguida la palabra personal (por ejemplo: J. Gutiérrez Arias, 2001, personal).
- En la sección 6. Bibliografía, se proporcionaron las referencias completas de todas las citas.
- Los incisos aquí incluidos se llenaron completamente libres en forma de texto capturado en MS-Word que se asoció al inciso correspondiente.

El formato de la ficha técnica que establece la NOM-059-ECOL-2001 para organismos es la siguiente ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)):

## 1. GENERALIDADES

1.1 *Nombre de la especie* (De acuerdo con el listado del PROY-NOM-059-ECOL-2000).

1.2 *Ilustración o fotografía.*

1.3 *Categoría taxonómica* (Las categorías superiores se utilizarán de acuerdo con las convenciones del reino en cuestión).

1.3.1 *Reino.*

1.3.2 *División /Phylum.*

1.3.3 *Clase.*

1.3.4 *Orden.*

1.3.5 *Familia.*

1.3.6 *Género y Especie* (incluir categorías infraespecíficas) autor y año.

1.3.7 Lista de nombres comunes (Indicar en lo posible la región donde se use cada uno).

1.4 *Determinación.*

1.4.1 Colección(es) de referencia: (Indicar el nombre y siglas de colecciones donde exista material de referencia de la especie).

1.4.2 Catálogo nomenclatural utilizado para proporcionar el nombre científico (Sistema de clasificación taxonómica).

1.5 *Descripción de la especie:* (Describir las características morfológicas de la especie).

2. **DISTRIBUCIÓN:** Es el conjunto de descripciones y localidades, de preferencia georreferidas, que describen las áreas de ocurrencia histórica y actual de la especie. Se entiende por área histórica aquella región del país en la que la especie debe de haberse encontrado en tiempos recientes, pero antes del inicio de las grandes transformaciones ecológicas del siglo XX. Una posible referencia para el término reciente puede ser la Época Prehispánica. El área de ocurrencia actual describe las regiones del país donde la especie puede encontrarse actualmente. Se deben incluir los datos de localidades conocidas, hasta donde sea práctico o relevante hacerlo. Se deben incluir comentarios sobre migraciones y

sobre la ocurrencia de la especie fuera de México. Es muy deseable incluir mapas o croquis ilustrando las distribuciones.

2.1 *Distribución histórica estimada*: Es una descripción del área hipotética de ocurrencia de la especie en la época prehispánica o más reciente y hasta mediados del siglo XX.

2.1.1 Localización geográfica (latitud, longitud) (Incluir las coordenadas geográficas del área de distribución histórica donde se encontraban poblaciones de la especie, en caso de ser posible. Para aquellas especies en que la altitud es significativa, se deberá incluir también este dato).

2.1.2 Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población (Especificar si corresponde a la especie o a una(s) población(es)).

2.2 *Distribución actual, con poblaciones aún presentes*: Es una descripción de la ocurrencia actual, con la inclusión de localidades o coordenadas de poblaciones conocidas actualmente. Las localidades deben identificarse, de ser necesario incluyendo municipios y estado, o coordenadas. Se pueden incluir comentarios sobre la situación de dichas poblaciones.

2.2.1 Localización geográfica de las localidades (latitud y longitud): Incluir las coordenadas geográficas de las principales localidades donde se encuentran poblaciones de la especie, en caso de no ser posible incluir todas. Para aquellas especies en que la altitud es significativa, se deberá incluir también este dato.

2.2.2 Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población (Especificar si corresponde a la especie o a una(s) población(es)).

3. AMBIENTE: Información climática y ecológica detallada sobre las condiciones preferidas por la especie. De existir preferencias específicas de ésta, se deben incluir. Aclarar, en cada caso, si la información se refiere a la especie o a poblaciones de ésta. Si la información es distinta para diferentes poblaciones de la especie, especificarlo e indicar a cuál corresponde el dato.

3.1 *Macroclima*.

3.2 *Vegetación o tipo de ambiente*: Dar una descripción general y amplia de los tipos de vegetación a los que se asocia la especie o bien el ambiente acuático en donde se encuentra.

3.3 *Hábitat*: Descripción detallada de las preferencias ecológicas de la especie.

3.4 *Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie*: La especie tiene necesidades específicas las cuales pueden haberse modificado o estarse modificando. Incluir un comentario relativo a la situación del hábitat en las principales poblaciones, o en aquellas que se encuentren en condiciones críticas, tratando de describir la situación promedio con los casos extremos.

3.5 *Refugios*: Descripción y ubicación de regiones o localidades que han escapado a los cambios climáticos importantes o disturbios antropogénicos, típicos de una región como un todo, y que sirve de asilo a la biota que anteriormente estaba más distribuida; hábitat aislado que retiene las condiciones ambientales que una vez fueron generales.

4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE: Son aquellos datos demográficos, etológicos, poblacionales, genéticos y morfológicos de la especie que existan y se consideren relevantes para estimar el estado actual y los riesgos y vulnerabilidades de la misma. En cada inciso de esta sección deberá aclararse si la información aportada se refiere a la especie en general, a una población en particular o a varias de ellas, especificando cuales.

4.1 *Antecedentes del estado de la especie o, en su caso, de las poblaciones principales*.

4.2 *Historia de vida*: De conocerse, mencionar las principales características de la historia de vida de la especie.

4.3 *Relevancia de la especie*: Indicar la relevancia desde un punto de vista ecológico, taxonómico, económico, cultural, etc.

4.4 *Ecología poblacional*: En lo aplicable para el taxón, aportar información sobre los siguientes temas u otros que sean de particular importancia para el grupo o especie.

4.4.1 Tamaño poblacional.

4.4.2 Demografía.

4.4.2.1 Categoría de edad, tamaño o estadio.

4.4.2.2 Proporción sexual.

4.4.2.3 Fecundidad.

4.4.2.4 Tasa de crecimiento.

4.4.2.5 Reclutamiento.

4.4.2.6 Reproducción.

4.4.2.7 Tasa de entrecruzamiento.

4.4.2.8 Fenología.

4.4.3 Alimentación.

4.4.4 Conducta.

4.4.5 Uso de hábitat.

4.4.6 Ámbito hogareño.

## 5. CATEGORÍAS DE RIESGO.

5.1 *Categoría de riesgo en el NOM-059-ECOL-2001.*

[P] en peligro de extinción,

[A] amenazada,

[E] probablemente extinta en el medio silvestre o,

[Pr] sujeta a protección especial.

5.2 *Otras clasificaciones:*

5.2.1 UICN

5.2.2 CITES

5.2.3 Otra: (Especificar que otra clasificación es y los criterios que se utilizaron para ella).

5.3 *Factores de riesgo:* Incluir aquellos que se deban a la actividad humana, considerando aspectos como la presión por asentamientos humanos, fragmentación del hábitat, contaminación, uso, comercio, tráfico, cambio del uso de suelo, introducción de especies exóticas, etc.

5.4 *Conservación:* Incluir, si existe, información sobre programas de manejo de la especie y/o información de poblaciones que se encuentren en Áreas Naturales Protegidas, Regiones prioritarias, etc.

6. *BIBLIOGRAFÍA:* Incluir las referencias completas de todas las citas de la ficha, así como de información general relevante para el tema.

7. *MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXTINCIÓN DE LAS ESPECIES SILVESTRES DE MÉXICO (MER).*

El Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER) unifica los criterios de decisión sobre las categorías de riesgo y permite usar información específica que fundamente esa decisión. Se basa en cuatro variables o criterios independientes:

- A.- Amplitud de la distribución del taxón en México.
- B.- Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón.
- C.- Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón.
- D.- Impacto de la actividad humana sobre el taxón.

Cada una de estas variables implica una gradación de estados que puede cuantificarse mediante la asignación de valores numéricos convencionales, los cuales se establecen en orden ascendente con respecto al riesgo. La integración de estas variables se establece mediante la suma de los valores asignados de manera independiente.

Este método sólo se usará para la clasificación de especies a las categorías de “en peligro de extinción” y “amenazada”. En congruencia con las definiciones que se han acordado para las categorías “probablemente extinta en el medio silvestre” y “sujeta a protección especial”, no existe necesidad de aplicar el MER para ellas.

Cada número asignado a los criterios debe ser justificado con referencia a la información recopilada en la ficha. La cuantificación tiene orden ascendente respecto al riesgo como se explica en el MER del NOM-059-ECOL-2001.

*7.1 Valor del Criterio A: Amplitud de la distribución del taxón en México.* Es el tamaño relativo del ámbito de distribución natural actual en México; considera cuatro gradaciones:

A.I Muy restringida = 4. Se aplica tanto para especies microendémicas como para especies principalmente extralimitales con escasa distribución en México (menor a 5% del territorio nacional).

A.II Restringida = 3. Incluye especies principalmente extralimitales y algunas endémicas (entre el 5% y el 15% del territorio nacional).

A.III Medianamente restringida o amplia = 2. Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor que el 15%, pero menor que el 40% del territorio nacional.

A.IV Ampliamente distribuidas o muy amplias = 1. Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor que el 40% del territorio nacional.

*7.2 Valor del Criterio B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón.*

Es el conjunto actual estimado de efectos del hábitat particular, con respecto a los requerimientos conocidos para el desarrollo natural del taxón que se analiza, en términos de las condiciones físicas, biológicas y antrópicas. No determina la calidad de un hábitat en general. Cuando una especie sea de distribución muy amplia, se hará una estimación integral del efecto de la calidad del hábitat para todo su ámbito. Considera tres valores:

B.I Hostil o muy limitante = 3

B.II Intermedio o limitante = 2

B.III Propicio o poco limitante = 1

*7.3 Valor del Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón.* Es el conjunto de factores relacionados con la historia o forma de vida propios del taxón, que lo hacen vulnerable. Dependiendo de la disponibilidad de información específica, algunos ejemplos de tales factores pueden ser: estrategia reproductiva, parámetros demográficos más relevantes, historia de vida, fenología, intervalos de tolerancia, parámetros fisicoquímicos, aspectos alimentarios, variabilidad genética, grado de especialización, tasa de reclutamiento, efecto nodriza, entre otros. El MER considera tres gradaciones numéricas de vulnerabilidad:

C.I Vulnerabilidad alta = 3

C.II Vulnerabilidad media = 2

C.III Vulnerabilidad baja = 1

*7.4 Valor del Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón.* Es una estimación numérica de la magnitud del impacto y la tendencia que genera la influencia humana sobre el taxón que se analiza. Considera aspectos como la presión por asentamientos humanos, fragmentación del hábitat, contaminación, uso, comercio, tráfico, cambio del uso de suelo, introducción de especies exóticas, realización de obras de infraestructura, entre otros. Se asignan tres posibilidades:

D.I Alto impacto = 4

D.II Impacto medio = 3

D.III Bajo impacto = 2

*7.5 Valor asignado para la especie estudiada.* Es la suma de los valores de los criterios

A+B+C+D

Se establecen los siguientes intervalos de asignación a categorías de riesgo:

- Una especie o población cuya suma total se sitúe entre **12 y 14 puntos**, será considerada como **en peligro de extinción**.
- Aquélla cuya suma total de puntos se halle **entre 10 y 11** se considerará como **amenazada**.

#### 8. PROPUESTA DE RECLASIFICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL NOM-059-ECOL-2001.

En caso de que la clasificación del MER u otra información que aporte el investigador, sustente proponer una reclasificación de la especie o su exclusión de la Norma, es obligatorio incluir la propuesta aquí con la justificación correspondiente.

## RESULTADOS

LOS ERIZOS REGULARES DE LA PARTE SUR DE LA LAGUNA ARRECIFAL DE ISLA VERDE.

Se examinó un total de 1328 individuos, correspondientes a 7 especies distribuidas en: 4 ordenes, 4 familias y 6 géneros. La profundidad en que fueron localizados varió de 0.3 a 2.5 m, a una temperatura del agua de 27 a 29.5 °C. Los sustratos a los que se encontraban asociados los erizos son: corales, roca, arena, arena con pedacería 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 sitúo 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**

(arreglo taxonómico según Smith, 1984a y A. H. Clark, 1954)

**Phylum** Echinodermata De Bruguíere, 1984

**Subphylum** Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895

**Clase** Echinoidea Leske, 1778

**Subclase** Cidaroidea Claus, 1880

**Orden** Cidaroida Claus, 1880

**Familia** Cidaridae Gray, 1825

**Género** *Eucidaris* Mortensen, 1909

*Eucidaris tribuloides tribuloides* (Lamarck, 1816)

**Subclase** Euechinoidea Bronn, 1860

**Infraclase** Acroechinoidea Smith, 1981

**Cohorte** Diadematacea Duncan, 1889

**Orden** Diadematoida 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

**Cohorte** Echinacea Claus, 1876

**Superorden** Camarodonta Jackson, 1912

**Orden** Echinoida Claus, 1876

**Familia** Echinometridae Gray, 1825

**Género** *Echinometra* Gray, 1825

*Echinometra lucunter lucunter* (Linnaeus, 1758)

*Echinometra viridis* A. Agassiz, 1863

**Orden** Temnopleuroida Mortensen, 1942

**Familia** Toxopneustidae Troschel, 1872

**Género** *Lytechinus* A. Agassiz, 1863

*Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816)

**Género** *Tripneustes* L. Agassiz, 1841

*Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816)

Clave dicotómica para la identificación taxonómica de las especies de equinoideos regulares, presentes en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, Ver., México.

1. Periprocto con placas visibles.....4
- 1'. Periprocto con placas cubiertas por tejido membranoso o espinas miliars.....2
2. Tejido membranoso cubriendo al periprocto en su totalidad, testa con espinas primarias delgadas, quebradizas, huecas y largas, cada espina con pequeñas espinas dispuestas en verticilio, con el ápice dirigido hacia el extremo terminal de la espina secundaria; altura de la testa menor que la anchura media de la misma.....3
- 2'. Tejido membranoso ausente, en su lugar, espinas miliars cubriendo al periprocto en su totalidad, espinas secundarias gruesas, con acanalamientos longitudinales. Sin pequeñas

espinas dispuestas en verticilo. Especie distribuida en el Atlántico Occidental  
.....*Euclidaris tribuloides tribuloides*

3. Espinas presentes en placas bucales; espinas primarias y secundarias huecas, con un patrón de coloración bandeado claro oscuro horizontal, alternado; placas oculares insertas , separadas del periprocto por una placa adyacente, más pequeña e irregular  
.....*Centrostephanus longispinus rubicingulus*

3'. No hay espinas presentes en las placas bucales; espinas primarias y secundarias largas, delgadas, verticiladas y huecas.....*Diadema antillarum*

4. De 6 a 26 placas periproctales que permiten ver la posición del ano en el centro del aparato apical. Sistema apical en forma de estrella. De 3 a 5 pares de arcoporos en la región del ambitus.....5

4'. Menos de 26 placas periproctales que permiten ver la posición del ano excéntrico en el interior del aparato apical. Sistema apical con forma de estrella distorsionada. Tres pares de arcoporos. Seis placas periproctales que rodean al ano con distribución irregular. Sistema apical con forma de estrella distorsionada. Tres pares de arcoporos en la región del ambitus.....*Lytechinus variegatus*

5. Sistema apical en forma de estrella definida o distorsionada, el ano está rodeado por 10 a 17 placas; espinas estriadas longitudinalmente. De 5 o 7 pares de arcoporos en la región del ambitus.....7

5'. Sistema apical en forma de estrella definida, el ano está rodeado por 19 a 26 placas; espinas cortas y estriadas longitudinalmente. Tres pares de arcoporos acomodados en 3 hileras en la región del ambitus.....*Tripneustes ventricosus*

7. Sistema apical en forma de estrella bien definida, el ano está rodeado por 16 placas; testa de un solo color; espinas estriadas longitudinalmente, el ápice de cada espina presenta una coloración violeta o morada. Cinco pares de arcoporos (rara vez 6) en la región del ambitus.....*Echinometra viridis*

7'. Sistema apical en forma de estrella no bien definida, el ano está rodeado por 17 placas. 6 pares de arcoporos (rara vez 5 o 7) en la región del ambitus. Especie distribuida en el Atlántico occidental.....*Echinometra lucunter lucunter*

## DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA.

### *Eucidaris tribuloides tribuloides*

Durante los muestreos, se observaron 7 especímenes de *E. tribuloides tribuloides* en 7 sitios de muestreo. La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.35 a 1.30 m, y la temperatura del agua varió de 27 a 29 °C (Tabla 3).

*E. tribuloides tribuloides* se distribuye en la parte suroeste de la laguna arrecifal, entre los 19° 11' 56.1" y 19° 12' 07.4" N y 96° 03' 50.5" y 96° 04' 08.9" W, a una distancia aproximada de 50 a 350 m del cayo de arena (Tabla 3 y Fig. 23); su distribución estuvo asociada en un 85.72% a sustratos coralinos-rocosos y un 14.28% a sustratos rocosos. La especie se encontró siempre dentro de oquedades profundas, en los sustratos a los que se encontraba asociada. Los adultos de esta especie presentaron espinas impregnadas con algas calcáreas y briozoos. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *D. antillarum*, *E. lucunter lucunter* y *E. viridis* y sus poblaciones presentaron escasos individuos en comparación con las poblaciones de *E. lucunter lucunter*.

El número de individuos de *E. tribuloides tribuloides* se mantuvo bajo durante el tiempo de muestreo teniendo un máximo de tres ejemplares durante la recolecta de abril del 2002, en el otoño del 2000 y 2002 solo se registro 1 individuo, en la segunda recolecta se halló a un individuo más que en la primera y cuarta recolecta (Tabla 3).

Tabla 3. Localización y parámetros físicos de los ejemplares examinados de *E. tribuloides tribuloides*.

<i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i>						
FECHA	SITIOS MUEST.	LATITUD N	LONGITUD W	SUSTRATO	PROF. (m)	TEMP. (°C)
28-29 Oct-2000	1	19° 11' 56.1"	96° 04' 08.1"	rocoso	1.10	28
12 -13 Oct-2001	2	19° 12' 04.1"	96° 04' 07.8"	coralino-rocoso	0.40	29
	3	19° 12' 04.1"	96° 03' 53.0"	coralino-rocoso	1.30	
18-19 Abr-2002	4	19° 12' 03.5"	96° 04' 05.9"	coralino-rocoso	0.40	27
	5	19° 11' 57.4"	96° 04' 06.0"	coralino-rocoso	0.50	
	6	19° 12' 00.6"	96° 04' 08.9"	coralino-rocoso	0.35	
10-11 Oct-2002	7	19° 12' 07.4"	96° 03' 50.5"	coralino-rocoso	1.30	29

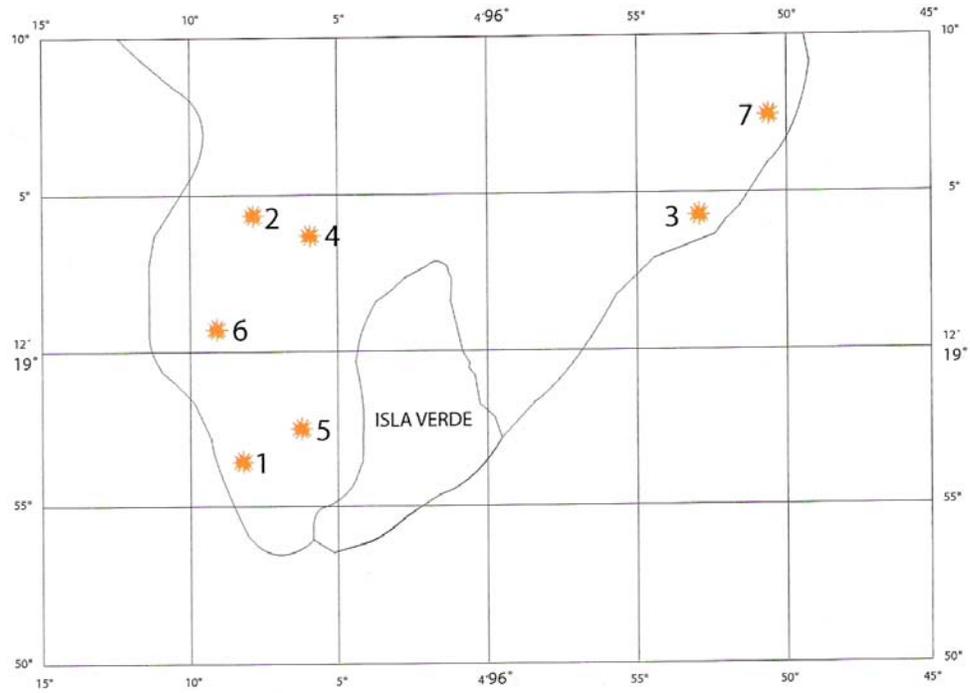


Figura 23. Distribución de *Eucidaris tribuloides tribuloides* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde. Los números indican los sitios de muestreo, los sustratos donde fueron localizados (1, rocoso; 2-7, coralino-rocoso) y la secuencia de encuentro de cada espécimen.

### *Diadema antillarum*

Se ubicaron 10 especímenes de *D. antillarum* en 10 sitios de muestreo. La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.35 a 2.50 m, la temperatura del fondo varió de 27 a 29.5 °C (Tabla 4). Los organismos se distribuyen en la parte sureste, sur y suroeste de la laguna arrecifal, entre los 19° 12' 02.4" y 19° 12' 06.0" N y 96° 03' 53.2" y 96° 04' 07.1" W, a una distancia aproximada de 25 a 250 m del cayo de arena (Tabla 4 y Fig. 24); esta especie se encontró asociada en un 40% a sustrato rocoso-arenoso, 30% a sustrato coralino-rocoso, 20% a sustrato arenoso-pedacera de conchas y un 10% a sustrato rocoso. La distribución se encontró relacionada en cercanía con la zona Noreste, Norte y Noroeste del cayo de arena (Fig. 24). A esta especie se le encontró acompañada por los erizos *E. tribuloides tribuloides*, *E. lucunter lucunter* y *E. viridis*. Posee poblaciones con escasos individuos en comparación con las de *E. lucunter lucunter*. Se observó que los ejemplares de *D. antillarum* son de gran tamaño, en comparación con las otras 6 especies mencionadas en este trabajo, ya que el diámetro de la testa, medido de 5 ejemplares mostró una media de 12 cm, a diferencia del diámetro de la testa de las otras especies, que no rebasan los 6 cm. Así mismo, esta especie presenta un rápido movimiento de sus espinas, y se traslada con rapidéz, aproximadamente 10 cm de distancia en 8 segundos.

Los especímenes de *D. antillarum* fueron observados aproximadamente entre las 15 y las 17 horas del día (apegándose más a las 17 horas), en la cercanía de alguna oquedad de alguna roca o coral dependiendo del tamaño del individuo o plenamente descubierta en algún arenal.

No se localizó ningún individuo de *D. antillarum* en el otoño del 2000, en la segunda recolecta se localizaron 2 ejemplares, en la tercera (primavera) se hallaron tres individuos más que la segunda recolecta, siendo la recolecta en la que se encontraron más individuos, y en el otoño del 2002 se localizó un individuo más que en la segunda recolecta (Tabla 4).

Tabla 4. Localización y parámetros físicos de los ejemplares examinados de *D. antillarum*.

<i>Diadema antillarum</i>						
FECHA	SITIOS MUEST.	LATITUD N	LONGITUD W	SUSTRATO	PROF. (m)	TEMP. (°C)
28-29 Oct-2000	NO SE ENCONTRO NINGUN ESPECIMEN					
12 -13 Oct-2001	1	19° 12' 03.7"	96° 04' 06.5"	coralino- rocoso	1.04	29.5
	2	19° 12' 04.9"	96° 04' 05.0"	rocoso- arenoso	2.00	29
18-19 Abr-2002	3	19° 12' 04.0"	96° 03' 53.2"	coralino- rocoso	1.20	27.5
	4	19° 12' 04.0"	96° 04' 03.5"	arenoso- pedacería de conchas	0.80	27
	5	19° 12' 04.1"	96° 04' 06.0"	coralino- rocoso	1.10	
	6	19° 12' 06.0"	96° 03' 53.4"	rocoso	1.25	27.5
	7	19° 12' 03.8"	96° 04' 02.5"	rocoso- arenoso	2.50	27
10-11 Oct-2002	8	19° 12' 04.2"	96° 03' 55.6"	arenoso- pedacería de conchas	1.30	29
	9	19° 12' 02.4"	96° 03' 58.3"	rocoso- arenoso	0.35	28.5
	10	19° 12' 03.0"	96° 04' 07.1"	rocoso- arenoso	0.40	

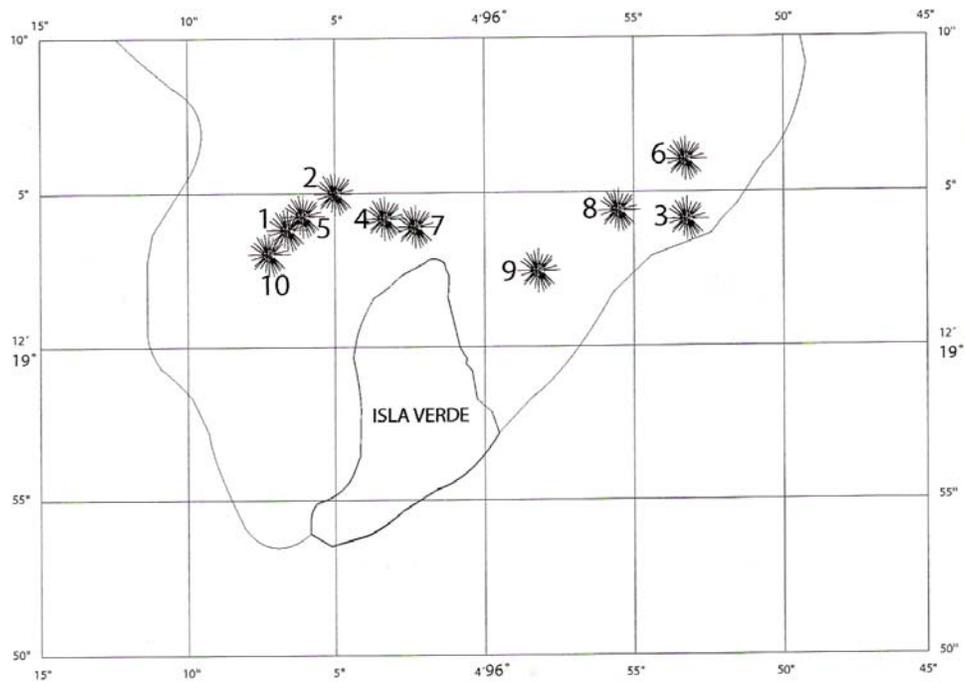


Figura 24. Distribución de *Diadema antillarum* en la parte Sur de la laguna Arrecifal de Isla Verde. Los números indican los sitios de muestreo, los sustratos donde fueron localizados (1, 5 y 3, corali-no-rocoso; 2, 7, 9 y 10, rocoso-arenoso; 4 y 8, arenoso-pedacera de conchas; 6, rocoso) y la secuencia de encuentro de cada espécimen.

***Centrostephanus longispinus rubicingulus***

Durante los muestreos, se observaron 3 especímenes de *C. longispinus rubicingulus* en 3 sitios de muestreo, la profundidad de los sitios de muestreo varió de 1.10 a 1.30 m, la temperatura fue de 27 °C (Tabla 5). Los organismos se distribuyen en la parte sureste de la laguna arrecifal (en la parte interna de la cresta arrecifal, hacia la laguna arrecifal, no del lado de la pendiente del barlovento), entre los 19° 12' 05.4" y 19° 12' 09.7" N y 96° 03' 49.5" y 96° 03' 51.8" W, a una distancia aproximada de 280 a 377 m del cayo de arena (Tabla 5 y Fig. 25); su distribución se encontró asociada en un 66.67% a sustrato coralino-rocoso y en un 33.33% a sustrato rocoso. La especie se encontró el 100% de las veces dentro de oquedades no muy profundas. Esta especie se encontró acompañada por el erizo *E. lucunter lucunter*. Posee poblaciones con escasos individuos en comparación con las de *E. lucunter lucunter*.

Para *C. longispinus rubicingulus* no se localizó ningún ejemplar en la primera, segunda y cuarta recolecta (otoño), solamente se registraron tres individuos en la primavera del 2002 (Tabla 5).

Tabla 5. Localización y parámetros físicos de los ejemplares examinados de *C. longispinus rubicingulus* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

<i>Centrostephanus longispinus rubicingulus</i>						
FECHA	SITIOS MUEST.	LATITUD N	LONGITUD W	SUSTRATO	PROF. (m)	TEMP. (°C)
28-29 Oct-2000	NO SE ENCONTRO NINGUN ESPECIMEN					
12 -13 Oct-2001	NO SE ENCONTRO NINGUN ESPECIMEN					
18-19 Abr-2002	1	19° 12' 05.4"	96° 03' 51.8"	coralino-rocoso	1.10	27
	2	19° 12' 09.7"	96° 03' 49.5"	rocoso	1.30	
	3	19° 12' 08.0"	96° 03' 50.4"	coralino-rocoso	1.20	
10-11 Oct-2002	NO SE ENCONTRO NINGUN ESPECIMEN					

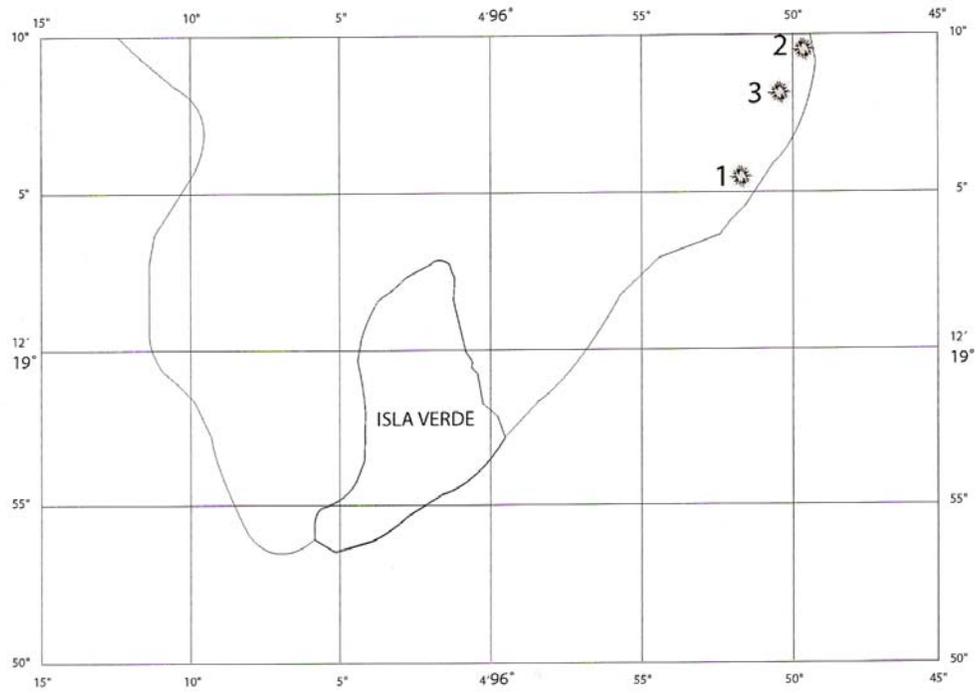


Figura 25. Distribución de *Centrostephanus longispinus rubicingulus* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde. Los números indican los sitios de muestreo, los sustratos donde fueron localizados (1 y 3, coralino-rocoso; 2, rocoso) y la secuencia de encuentro de cada espécimen.

### *Echinometra lucunter lucunter*

Para *E. lucunter lucunter* se contabilizaron un total de 1311 especímenes dentro del cuadrante de muestreo, durante las cuatro recolectas. Para la primera recolecta se contaron 345 individuos, para la segunda 326, para la tercera 430 y para la cuarta recolecta 210 individuos. Aparte, se obtuvieron los datos de 8 individuos seleccionados al azar para cada una de las cuatro recolectas presentes tanto dentro, como fuera del cuadrante, registrándose así los datos de 32 especímenes en total, en 32 sitios de muestreo (Tabla 6), correspondientes a: 8 ejemplares en la primera recolecta, de los cuales 5 corresponden al área dentro del cuadrante y 3 a fuera de él; 8 ejemplares en la segunda recolecta, de los cuales 4 corresponden al área dentro del cuadrante y 4 a fuera de él; 8 ejemplares en la tercera recolecta de los cuales, 2 corresponden al área dentro del cuadrante y 6 a fuera de él y por último 8 ejemplares en la cuarta recolecta, de los cuales 4 corresponden al área dentro del cuadrante y 4 a fuera de él (Tabla 6). De los 32 especímenes registrados, 13 correspondieron al área dentro del cuadrante y fueron contemplados en la contabilización general de individuos que se menciona al principio de este párrafo; los 17 restantes corresponden a la parte Sur y Sureste de la laguna arrecifal. Por lo tanto a los 1311 individuos contabilizados en el cuadrante de muestreo se le sumaron 17 especímenes más; por lo tanto, en total, se identificaron taxonómicamente 1328 individuos de la especie, de los cuales solo se registraron los datos de 32 individuos.

La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.40 a 1.40 m, la temperatura del agua varió de 27 a 29 °C (Tabla 6). Los organismos se distribuyen en la parte suroeste y sureste de la laguna arrecifal, entre los 19° 12' 01.1" y 19° 12' 06.0" N y 96° 03' 51.1" y 96° 04' 09.2" W, los organismos fueron recolectados a una distancia aproximada de 42 a 334 m del cayo de arena (Tabla 6 y Fig. 26); su distribución se encontró asociada en un 53.13% a sustratos rocosos, 37.50% a sustratos coralinos-rocosos y 9.37% a sustratos rocosos-arenosos. La especie se encontró el 90.63% 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 pedacería de conchas, el 100 % de las veces se les encontró asociados a sustratos sólidos. 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 rojizos-rosados. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *E. tribuloides tribuloides*, *D. antillarum* y *E. viridis*, las poblaciones de estas especies son menos abundantes que las poblaciones de *E. lucunter lucunter*, ya que ésta presenta poblaciones abundantes y dominantes en comparación con la de las otras especies aquí estudiadas.

Tabla 6. Localización y parámetros físicos de los ejemplares examinados de *E. lucunter lucunter* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

<i>Echinometra lucunter lucunter</i>						
FECHA	SITIOS MUEST.	LATITUD N	LONGITUD W	SUSTRATO	PROF. (m)	TEMP. (°C)
28-29 Oct-2000	1	19° 12' 04.6"	96° 04' 06.0"	rocoso	0.95	28
	2	19° 12' 03.0"	96° 04' 08.9"	rocoso	0.80	
	3	19° 12' 03.5"	96° 04' 07.3"	coralino-rocoso	0.90	
	4	19° 12' 03.9"	96° 04' 08.1"	rocoso	1.05	
	5	19° 12' 03.7"	96° 04' 05.9"	coralino-rocoso	1.00	
	6	19° 12' 03.5"	96° 03' 54.0"	coralino-rocoso	1.05	
	7	19° 12' 05.1"	96° 03' 51.9"	coralino-rocoso	1.00	
	8	19° 12' 05.4"	96° 03' 53.4"	rocoso	1.10	
12-13 Oct-2001	9	19° 12' 06.0"	96° 04' 07.3"	rocoso-arenoso	1.03	29
	10	19° 12' 03.3"	96° 04' 06.3"	coralino-rocoso	1.20	
	11	19° 12' 04.8"	96° 04' 07.8"	coralino-rocoso	1.10	
	12	19° 12' 01.1"	96° 04' 08.5"	coralino-rocoso	0.70	
	13	19° 12' 04.0"	96° 04' 07.0"	coralino-rocoso	1.10	
	14	19° 12' 02.4"	96° 03' 55.2"	rocoso	1.20	
	15	19° 12' 05.8"	96° 03' 51.1"	rocoso	1.10	
	16	19° 12' 04.5"	96° 03' 54.0"	rocoso	1.00	

18-19 Abr-2002	17	19° 12' 04.9"	96° 04' 06.9"	rocoso	0.90	27
	18	19° 12' 04.8"	96° 04' 09.2"	coralino- rocoso	1.40	
	19	19° 12' 04.4"	96° 04' 04.0"	rocoso	1.00	
	20	19° 12' 02.5"	96° 03' 54.9"	rocoso	1.00	
	21	19° 12' 03.5"	96° 03' 53.1"	coralino- rocoso	1.20	
	22	19° 12' 04.5"	96° 03' 56.9"	rocoso	0.40	
	23	19° 12' 04.2"	96° 03' 52.9"	coralino- rocoso	1.10	
	24	19° 12' 04.1"	96° 03' 52.0"	rocoso	1.05	
10-11 Oct-2002	25	19° 12' 02.4"	96° 04' 07.5"	rocoso	0.60	29
	26	19° 12' 03.7"	96° 04' 03.8"	rocoso- arenoso	0.70	
	27	19° 12' 04.0"	96° 04' 05.2"	rocoso	0.80	
	28	19° 12' 05.6"	96° 04' 05.5"	rocoso	1.20	
	29	19° 12' 02.9"	96° 04' 05.5"	rocoso	0.80	
	30	19° 12' 03.9"	96° 04' 08.8"	coralino- rocoso	1.35	
	31	19° 12' 03.0"	96° 03' 54.6"	rocoso	1.30	
	32	19° 12' 02.0"	96° 03' 57.9"	rocoso- arenoso	0.40	

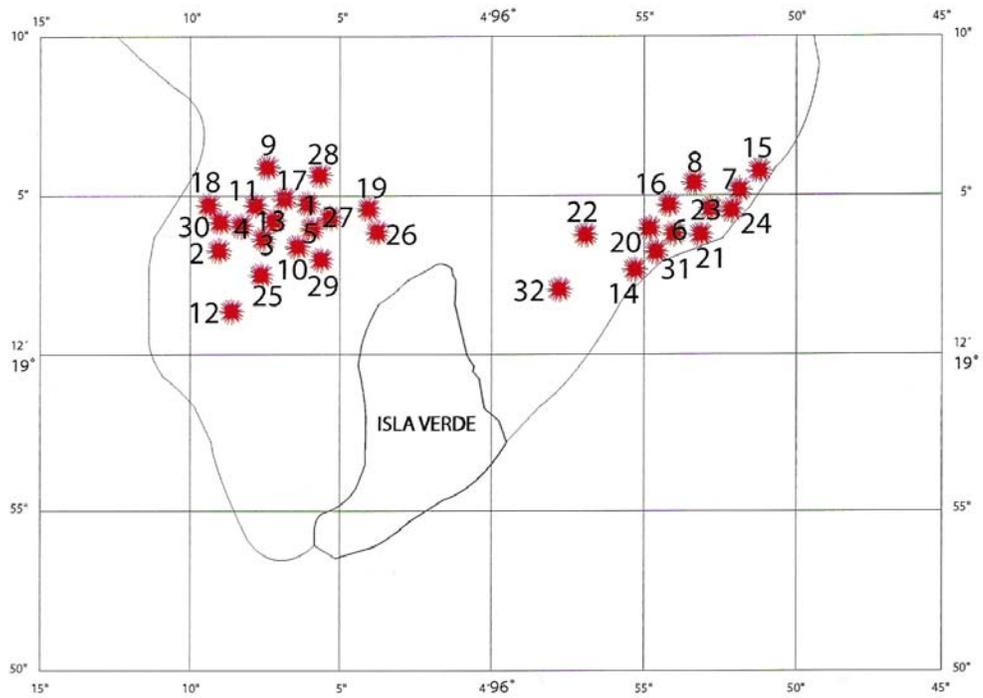


Figura 26. Distribución de *Echinometra lucunter lucunter* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde. Los números indican los sitios de muestreo, los sustratos donde fueron localizados (1-2, 4, 8, 14-17, 19-20, 22, 24-25, 27-29 y 31, rocoso; 3, 5-7, 10-13, 18, 21, 23 y 30, coralino-rocoso; 9, 26 y 32, rocoso-arenoso) y la secuencia de encuentro de cada espécimen.

### *Echinometra viridis*

Se observaron 20 especímenes de *E. viridis* en 20 sitios de muestreo. La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.60 a 1.30 m, la temperatura del agua varió de 27 a 29 °C (Tabla 7). Los organismos se distribuyen en la parte suroeste, sur y sureste de la laguna arrecifal, entre los 19° 11' 59.3" y 19° 12' 05.7" N y 96° 03' 51.6" y 96° 04' 09.6" W; los organismos fueron recolectados a una distancia aproximada de 15 a 270 m del cayo de arena (Tabla 7 y Fig. 27); su distribución se encontró asociada en un 55% a sustratos rocosos, 40% a sustratos coralinos-rocosos y 5 % a sustratos rocosos-arenosos. La especie se encontró el 95% de la veces sobre el sustrato, y el 5% escondida en oquedades que estaban 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; el 100 % de las veces se les encontró asociados a sustratos sólidos.

Esta especie se encontró acompañada por los erizos *E. tribuloides tribuloides*, *D. antillarum* y *E. lucunter lucunter*, y presenta poblaciones de tamaño reducido. En el otoño del 2000 se localizaron 4 individuos de *E. viridis*. En la segunda recolecta se ubicaron 3 ejemplares menos que en la primera recolecta (otoño del 2001); en la tercera recolecta (primavera del 2002) se hallaron 4 individuos más que en la primera recolecta, siendo la vez en la que se encontraron más individuos, y en el otoño del 2002 se localizaron 3 individuo más que en la primera recolecta (Tabla 7).

Tabla 7. Localización y parámetros físicos de los ejemplares examinados de *E. viridis* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

<i>Echinometra viridis</i>						
FECHA	SITIOS MUEST.	LATITUD N	LONGITUD W	SUSTRATO	PROF. (m)	TEMP. (°C)
28-29 Oct-2000	1	19° 12' 04.7"	96° 04' 08.8"	coralino-rocoso	1.30	28
	2	19° 12' 03.8"	96° 04' 07.0"	coralino-rocoso	1.00	
	3	19° 12' 04.6"	96° 04' 06.5"	rocoso	0.80	
	4	19° 12' 03.4"	96° 04' 08.0"	rocoso	0.90	
12-13 Oct-2001	5	19° 12' 00.3"	96° 04' 00.2"	rocoso	0.70	29
18-19 Abr-2002	6	19° 12' 04.2"	96° 04' 04.2"	rocoso	0.90	27
	7	19° 12' 04.5"	96° 04' 07.9"	coralino-rocoso	1.00	
	8	19° 11' 59.3"	96° 04' 00.0"	rocoso-arenoso	0.98	
	9	19° 12' 04.0"	96° 04' 06.1"	coralino-rocoso	0.90	
	10	19° 12' 03.1"	96° 04' 07.0"	coralino-rocoso	0.60	
	11	19° 12' 03.6"	96° 03' 53.3"	coralino-rocoso	1.15	
	12	19° 12' 05.0"	96° 03' 51.6"	coralino-rocoso	1.10	
10-11 Oct-2002	13	19° 12' 04.2"	96° 03' 54.1"	rocoso	1.05	29
	14	19° 12' 05.7"	96° 04' 08.2"	rocoso	1.10	
	15	19° 12' 03.1"	96° 04' 09.6"	rocoso	0.80	
	16	19° 12' 03.0"	96° 04' 05.5"	coralino-rocoso	0.80	
	17	19° 12' 05.6"	96° 04' 05.4"	rocoso	1.20	
	18	19° 12' 04.1"	96° 03' 52.7"	rocoso	1.00	
	19	19° 12' 03.1"	96° 03' 54.6"	rocoso	1.25	
20	19° 12' 04.5"	96° 03' 59.0"	rocoso	1.00		

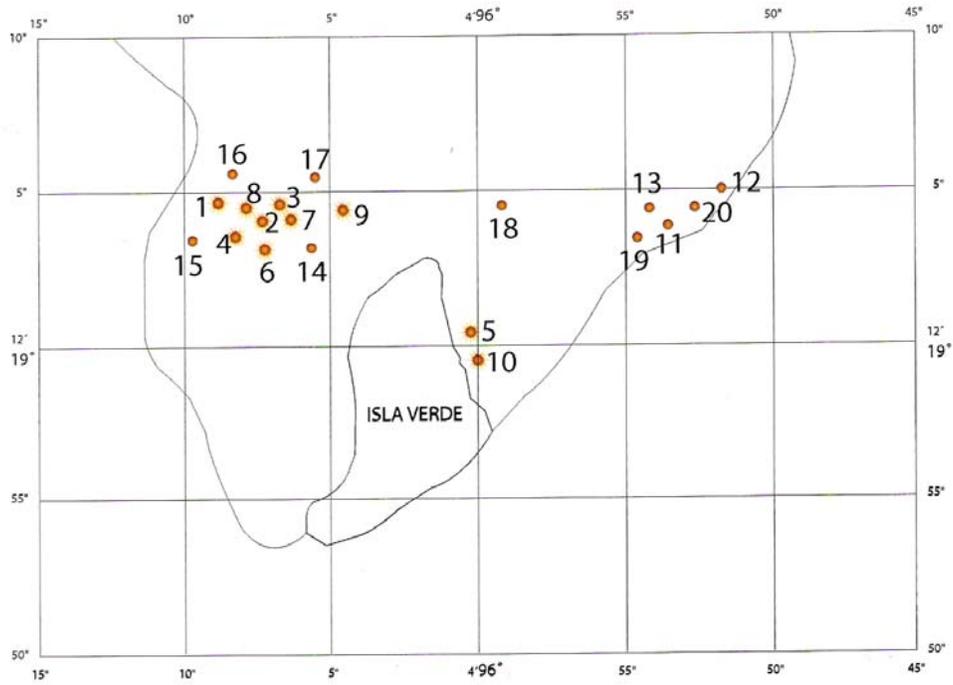


Figura 27. Distribución de *Echinometra viridis* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde. Los números indican los sitios de muestreo, los sustratos donde fueron localizados (1-2, 6-8, 11-12 y 14, coralino-rocoso; 3-5, 9, 13, 15-20, rocoso; 10, rocoso-arenoso) y la secuencia de encuentro de cada espécimen.

### *Lytechinus variegatus*

Se observaron 10 especímenes de *L. variegatus* en 10 sitios de muestreo. La profundidad de dichos sitios varió de 0.30 a 1.00 m, en una temperatura del agua de 27 a 28°C (Tabla 8). Los organismos se distribuyen en la parte suroeste y sur de la laguna arrecifal, entre los 19° 11' 57.6" y 19° 12' 00.4" N y 96° 03' 57.2" y 96° 04' 08.9" W, los organismos fueron recolectados a una distancia aproximada de 20 a 130 m del cayo de arena (Tabla 8 y Fig. 28); su distribución se encontró asociada en un 80% a la presencia de *Thalassia testudinum* y un 20% a sustratos arenosos. A los ejemplares de esta especie se les encontró, la mayoría de las veces, cubiertos con restos de conchas, pasto marino o pequeñas piedras, por lo que resultaba difícil su observación. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *T. ventricosus* y *E. viridis*. Posee poblaciones reducidas en comparación con las de *E. lucunter lucunter*.

En la recolecta de otoño del 2000 se localizaron 4 individuos de *L. variegatus*; en la tercera recolecta (primavera del 2002) se hallaron 2 individuos más que la primera, siendo en la que se encontraron más individuos, y en el otoño del 2001 y 2002 no se localizó ningún individuo (Tabla 8).

Tabla 8. Localización y parámetros físicos de los ejemplares examinados de *L. variegatus* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

<i>Lytechinus variegatus</i>						
FECHA	SITIOS MUEST.	LATITUD N	LONGITUD W	SUSTRATO	PROF. (m)	TEMP. (°C)
28-29 Oct-2000	1	19° 12' 01.9"	96° 04' 07.9"	pasto marino	0.60	28
	2	19° 12' 01.5"	96° 04' 05.7"	pasto marino	0.50	
	3	19° 12' 04.6"	96° 04' 00.2"	arenoso	1.00	
	4	19° 12' 01.3"	96° 03' 57.2"	pasto marino	0.50	
12-13 Oct-2001	NO SE ENCONTRO NINGUN ESPECIMEN					
18-19 Abr-2002	5	19° 12' 00.5"	96° 04' 06.9"	pasto marino	0.45	27
	6	19° 12' 00.4"	96° 04' 08.9"	pasto marino	0.50	
	7	19° 12' 05.7"	96° 04' 01.8"	arenoso	0.90	
	8	19° 12' 01.8"	96° 04' 00.3"	pasto marino	0.70	
	9	19° 12' 00.9"	96° 03' 59.3"	pasto marino	0.30	
	10	19° 11' 57.6"	96° 04' 05.3"	pasto marino	0.50	
10-11 Oct-2002	NO SE ENCONTRO NINGUN ESPECIMEN					

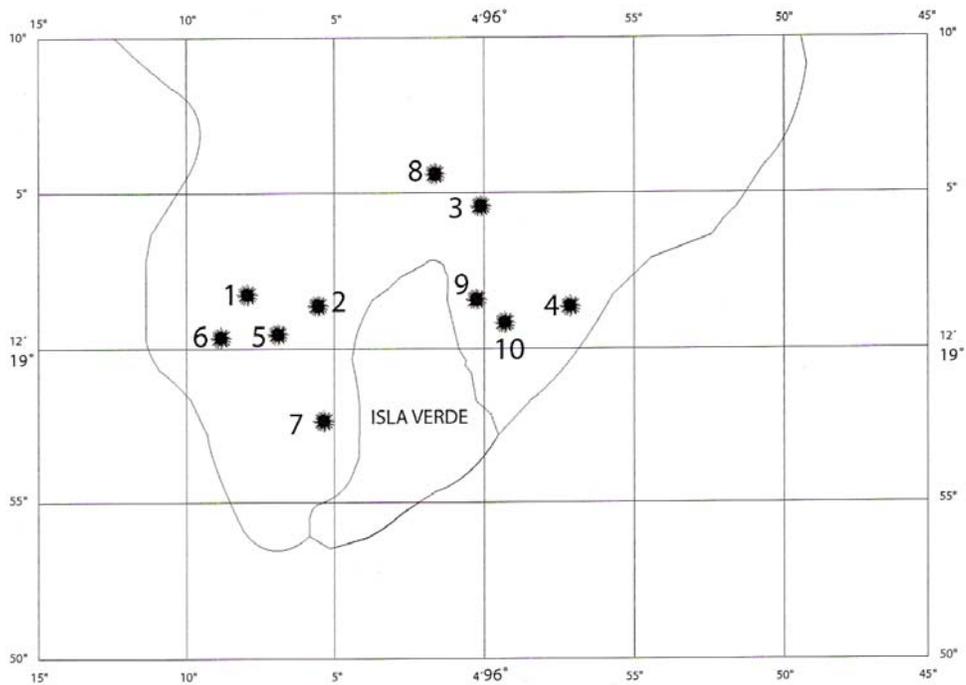


Figura 28. Distribución de *Lytechinus variegatus* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde. Los números indican los sitios de muestreo, los sustratos donde fueron localizados (1-2, 4-7 y 9-10, *Thalassia testudinum* (pasto marino); 3 y 8, arenoso) y la secuencia de encuentro de cada espécimen.

***Tripneustes ventricosus***

Se observaron 16 especímenes de *T. ventricosus* en 16 sitios de muestreo. La profundidad de los sitios de muestreo varió de 0.30 a 2.50 m, en una temperatura del agua de 27 a 29°C (Tabla 9). Los organismos se distribuyen en la parte suroeste y sur de la laguna arrecifal, entre los 19° 11' 56.2" y 19° 12' 05.4" N y 96° 03' 57.6" y 96° 04' 06.9" W; fueron recolectados a una distancia aproximada de 50 cm a 60 m del cayo de arena (Tabla 9 y Fig. 29); su distribución se encontró asociada en un 87.50% a *Thalassia testudinum* y 12.50% a sustratos arenosos. A los ejemplares de esta especie se le encontró algunas veces cubiertos con restos de conchas, pasto marino o pequeñas piedras, por lo que resultaba difícil su observación. Esta especie se encontró acompañada por los erizos *L. variegatus* y *E. viridis*. Sus poblaciones son reducidas en comparación con las de *E. lucunter lucunter*. En el otoño del 2000 se localizaron 4 individuos de *T. ventricosus*; en el otoño del 2001 se ubicó un individuo menos que en la primera recolecta; en la tercera recolecta (primavera del 2002) se hallaron 2 individuos más que en la primera recolecta, siendo en la que se encontraron más individuos; y en el otoño del 2002 se localizó el mismo número de ejemplares que en la segunda recolecta (Tabla 9).

Tabla 9. Localización y parámetros físicos de los ejemplares examinados de *T. ventricosus* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

<i>Tripneustes ventricosus</i>						
FECHA	SITIOS MUEST.	LATITUD N	LONGITUD W	SUSTRATO	PROF. (m)	TEMP. (°C)
28-29 Oct-2000	1	19° 12' 01.4"	96° 04' 04.2"	pasto marino	1.10	28
	2	19° 12' 00.0"	96° 04' 04.8"	pasto marino	1.20	
	3	19° 11' 56.2"	96° 04' 05.8"	pasto marino	1.10	
	4	19° 12' 01.9"	96° 04' 03.5"	pasto marino	0.80	
12-13 Oct-2001	5	19° 12' 02.7"	96° 04' 06.9"	pasto marino	0.50	29
	6	19° 12' 04.8"	96° 04' 04.5"	pasto marino	1.00	
	7	19° 12' 04.3"	96° 04' 02.2"	arenoso	2.50	
18-19 Abr-2002	8	19° 12' 03.8"	96° 03' 58.6"	pasto marino	1.00	27
	9	19° 12' 03.4"	96° 03' 57.6"	pasto marino	0.50	
	10	19° 12' 00.9"	96° 04' 06.7"	pasto marino	0.30	
	11	19° 12' 05.4"	96° 04' 02.4"	pasto marino	1.00	
	12	19° 12' 04.9"	96° 04' 02.2"	pasto marino	0.80	
	13	19° 12' 03.9"	96° 04' 03.9"	pasto marino	0.70	
10-11 Oct-2002	14	19° 12' 02.8"	96° 04' 06.4"	pasto marino	0.40	29
	15	19° 12' 00.5"	96° 04' 05.4"	pasto marino	0.30	
	16	19° 12' 04.9"	96° 03' 59.7"	arenoso	1.00	

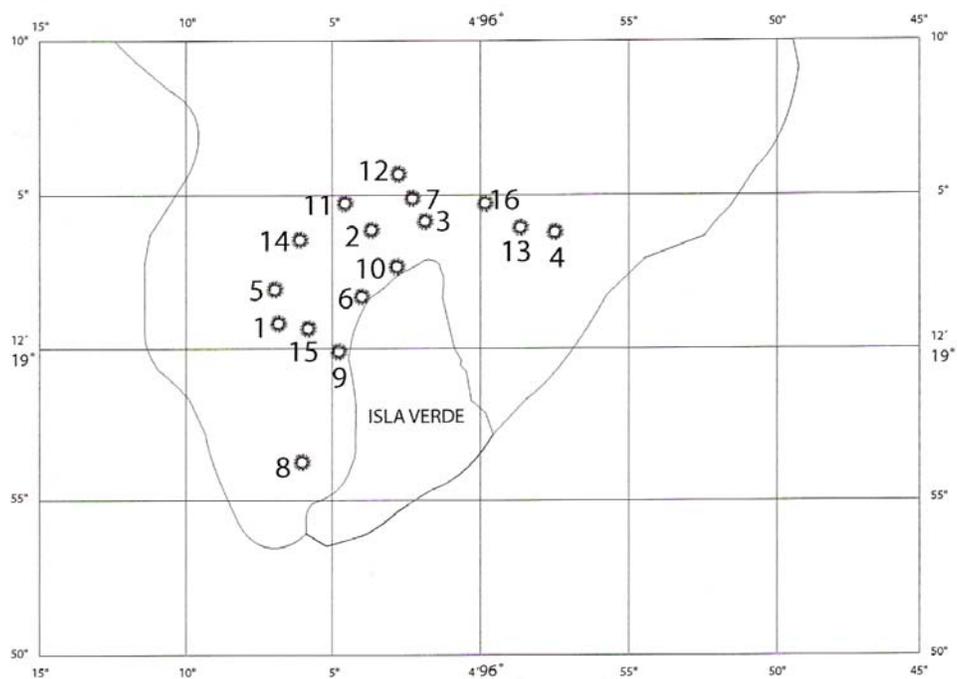


Figura 29. Distribución de *Tripneustes ventricosus* en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde. Los números indican los sitios de muestreo, los sustratos donde fueron localizados (1-2 y 4-15, *Thalassia testudinum* (pasto marino); 3 y 16, arenoso) y la secuencia de encuentro de cada espécimen.

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, a diferencia de *D. antillarum* la cual sólo se presentó en tres recolectas. *C. longispinus rubicingulus* solo se reportó en la tercera y *L. variegatus* que sólo se registró en dos recolectas (Tabla 10). 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 1 y 2; no se reportaron especímenes de *D. antillarum* dentro y fuera del cuadrante en la recolecta 1, y tampoco afuera del cuadrante de la recolecta 2; no se reportaron especímenes de *C. longispinus rubicingulus* dentro y fuera del cuadrante en las recolectas 1, 2 y 4, y tampoco dentro del cuadrante en la recolecta 3; 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 1 y dentro del cuadrante en la recolecta 2; no se reportaron especímenes de *L. variegatus* ni adentro ni afuera del cuadrante en las recolectas 2 y 4; y en el caso de *T. ventricosus* no se reportaron especímenes dentro del cuadrante en la recolecta 3 (Tabla 10).

En cuanto a la abundancia dentro del cuadrante de muestreo se observó que *E. lucunter lucunter* presentó una abundancia de 98.20% (Fig. 30) con 1311 individuos (Fig. 31) dentro del cuadrante y una abundancia de 95.30% (Fig. 32) en la parte Sur de la laguna arrecifal con 1328 individuos (Fig. 33); *E. viridis*, presentó una abundancia de 0.67% (Fig. 30) con 9 individuos (Fig. 31) dentro del cuadrante y de 1.43% (Fig. 32) en la parte Sur de la laguna arrecifal con 20 individuos (Fig. 33); *T. ventricosus* presentó una abundancia de 0.30% (Fig. 30) con 4 individuos (Fig. 31) dentro del cuadrante y de 1.14% (Fig. 32) en la parte Sur de la laguna arrecifal con 16 individuos (Fig. 33); *D. antillarum* y *L. variegatus*, coincidieron presentando una abundancia de 0.30% (Fig. 30) con 4 individuos cada una (Fig. 31), dentro del cuadrante, y de 0.71% (Fig. 32) en la parte Sur de la laguna arrecifal con 10 individuos, también cada una (Fig. 33); *E. tribuloides tribuloides* presentó una abundancia de 0.22% (Fig. 30) con 3 individuos (Fig. 31) dentro del cuadrante y de 0.50% (Fig. 32) en la parte Sur de la laguna arrecifal con 7 individuos (Fig. 33); y por último, la especie menos abundante: *C. longispinus rubicingulus* que presentó una abundancia de 0%

(Fig. 30) con 0 individuos (Fig. 31) dentro del cuadrante y de 0.21% (Fig. 32) en la parte Sur de la laguna arrecifal con 3 individuos (Fig. 33).

La distribución de los erizos *Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Centrostephanus longispinus rubicingulus* y *Echinometra viridis* se relaciona con la distribución del erizo *Echinometra lucunter lucunter*. La distribución de *Tripneustes ventricosus* se encontró relacionada con la distribución del erizo *Lytechinus variegatus* (Fig. 34).

Tabla 10. Número de individuos por especie, por recolecta dentro y afuera del cuadrante, mostrando la abundancia total que incluye a los individuos dentro y afuera del cuadrante, así como la abundancia por especie dentro del cuadrante de muestreo.

ESP.	RECOLECTAS								ABUNDAN. TOTAL	ABUNDAN. CUADRAN. MUEST.
	1		2		3		4			
	OCT.-2000	OCT.-2001	ABR.-2002	OCT.-2002	CM	FC	CM	FC		
<b>E. t. t.</b>	0	1	1	1	2	1	0	1	7	3
<b>D. a.</b>	0	0	2	0	1	4	1	2	10	4
<b>C. l. r.</b>	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0
<b>E. l. l.</b>	345	3	326	4	430	6	210	4	1328	1311
<b>E. v.</b>	4	0	0	1	3	5	2	5	20	9
<b>L. v.</b>	2	2	0	0	2	4	0	0	10	4
<b>T. v.</b>	1	3	1	2	0	6	2	1	16	4

Abreviaturas empleadas: CM-Dentro del cuadrante de muestreo; FC-Afuera del cuadrante de muestreo; ABUNDAN. TOTAL- Abundancia total; ABUNDAN. CUADRAN. MUEST.- Abundancia en el cuadrante de muestreo. E.t.t.- *Eucidaris tribuloides tribuloides*; D.a.- *Diadema antillarum*; C.l.r.- *Centrostephanus longispinus rubicingulus*; E.l.l.- *Echinometra lucunter lucunter*; E.v.- *Echinometra viridis*; L.v.- *Lytechinus variegatus*; T.v.- *Tripneustes ventricosus*.

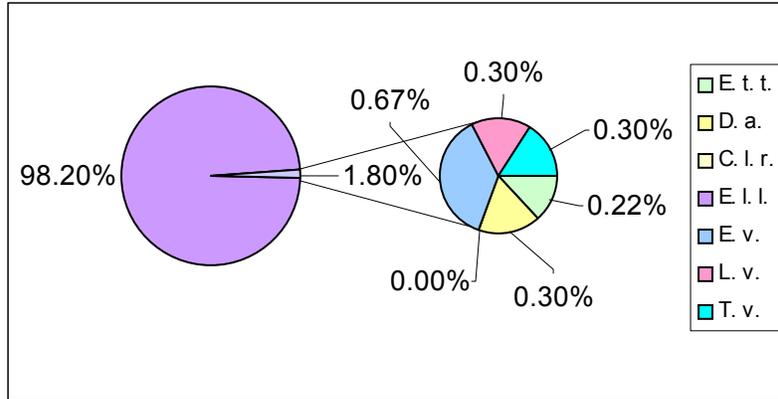


Figura 30. Porcentaje representativo de la abundancia de cada especie de los erizos regulares reportados en este trabajo, para el cuadrante de muestreo, situado en la parte suroeste de la laguna arrecifal de Isla Verde. Abreviaturas empleadas: E.t.t.- *Eucidaris tribuloides tribuloides*; D.a.- *Diadema antillarum*; C.l.r.- *Centrostephanus longispinus rubicingulus*; E.l.l.- *Echinometra lucunter lucunter*; E.v.- *Echinometra viridis*; L.v.- *Lytechinus variegatus*; T.v.- *Tripneustes ventricosus*.

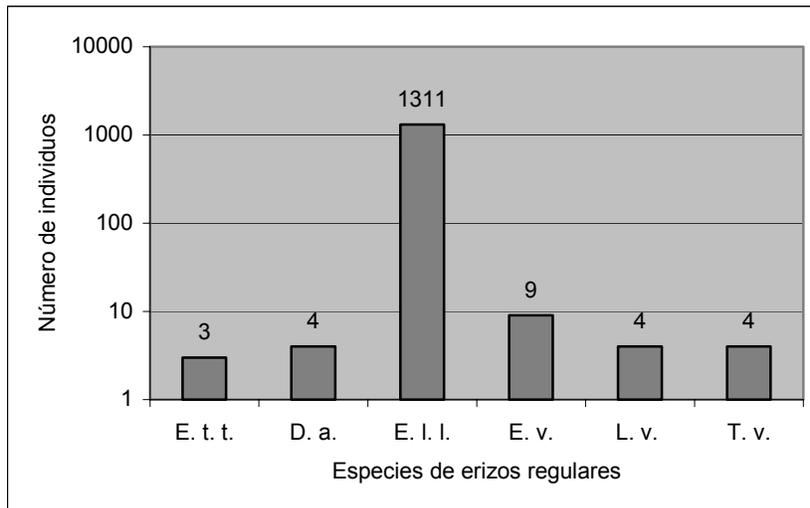


Figura 31. Número de individuos de cada especie de erizos regulares, para el cuadrante de muestreo, situado en la parte suroeste de la laguna arrecifal de Isla Verde. Abreviaturas empleadas: E.t.t.- *Eucidaris tribuloides tribuloides*; D.a.- *Diadema antillarum*; E.l.l.- *Echinometra lucunter lucunter*; E.v.- *Echinometra viridis*; L.v.- *Lytechinus variegatus*; T.v.- *Tripneustes ventricosus*. **Nota:** no se representa la especie *Centrostephanus longispinus rubicingulus*, porque no fue localizada dentro del cuadrante de muestreo.

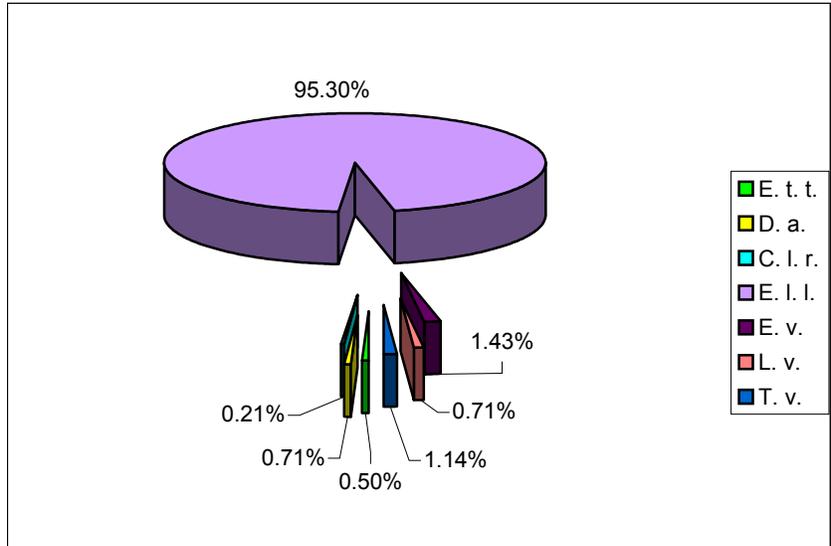


Figura 32. Porcentaje representativo de la abundancia de cada especie de los erizos regulares, para la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde. Abreviaturas empleadas: E.t.t.- *Eucidaris tribuloides tribuloides*; D.a.- *Diadema antillarum*; C.l.r.- *Centrostephanus longispinus rubicingulus*; E.l.l.- *Echinometra lucunter lucunter*; E.v.- *Echinometra viridis*; L.v.- *Lytechinus variegatus*; T.v.- *Tripneustes ventricosus*.

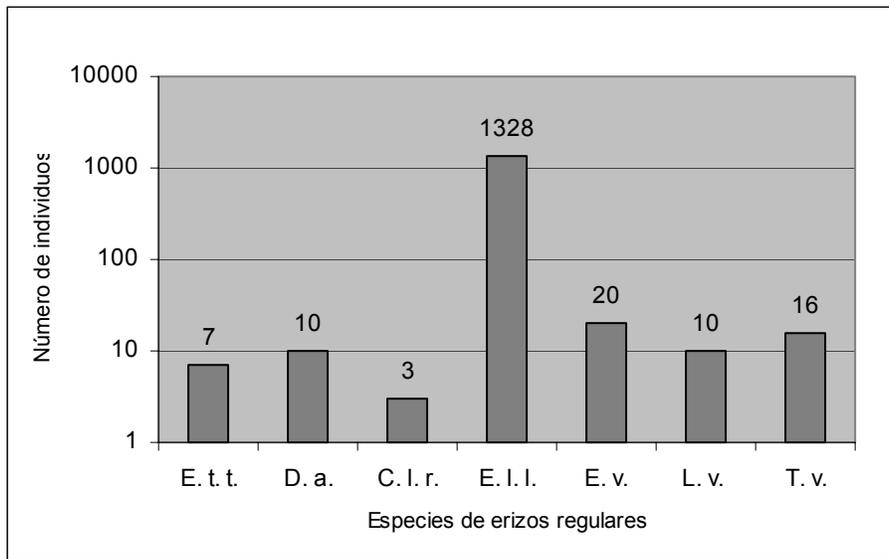


Figura 33. Número de individuos de cada especie de los erizos regulares reportados en este trabajo, para la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde. Abreviaturas empleadas: E.t.t.- *Eucidaris tribuloides tribuloides*; D.a.- *Diadema antillarum*; C.l.r.- *Centrostephanus longispinus rubicingulus*; E.l.l.- *Echinometra lucunter lucunter*; E.v.- *Echinometra viridis*; L.v.- *Lytechinus variegatus*; T.v.- *Tripneustes ventricosus*.

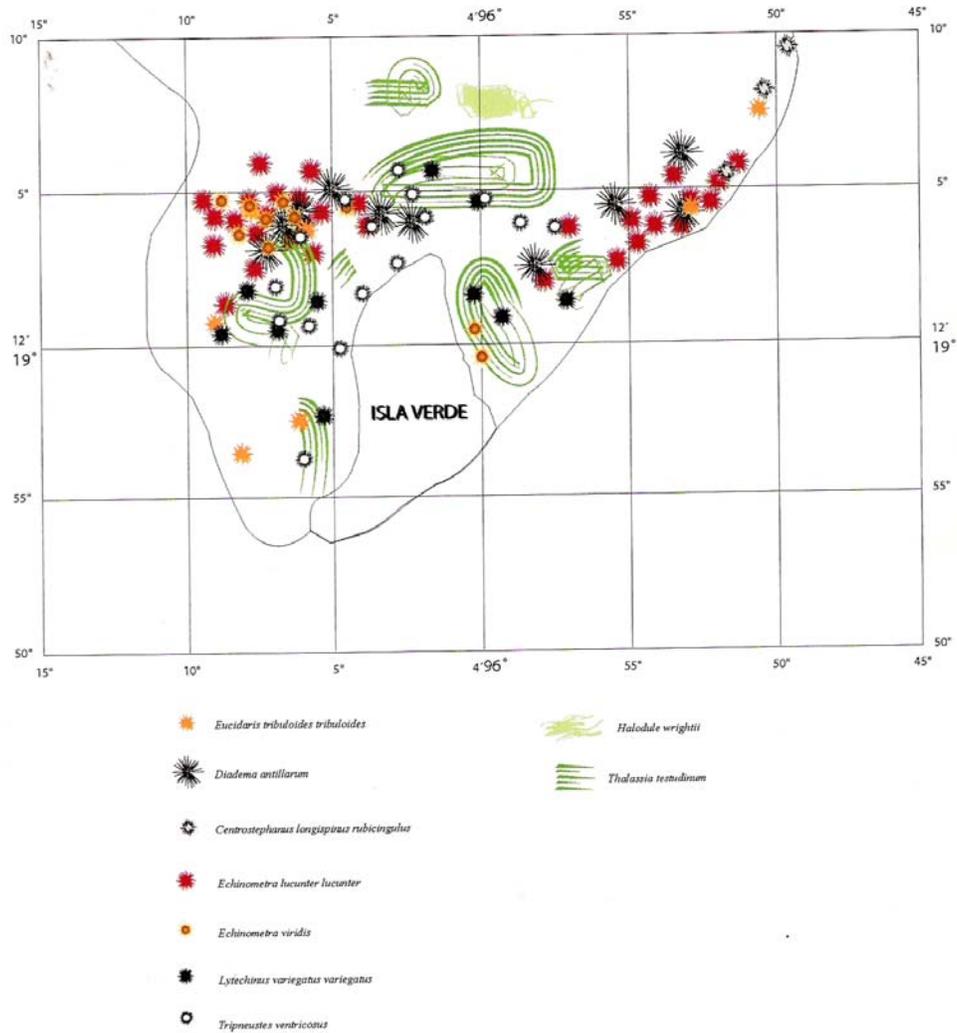


Figura 34. Mapa de distribución general de los erizos regulares (*Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Centrostephanus longispinus rubicingulus*, *Echinometra lucunter lucunter*, *Echinometra viridis*, *Lytechinus variegatus variegatus* y *Tripneustes ventricosus*) y de los ceibadales dentro de la laguna arrecifal en la parte Sur del arrecife de Isla Verde.

Tabla 11. Números de acceso y de catálogo asignados a los ejemplares de erizos regulares, resguardados en la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz” del ICML, UNAM, que fueron recolectados en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

<b>Especies</b>	<b>Número de acceso</b>	<b>Número de catálogo CNE, ICML, UNAM</b>
<i>Centrostephanus longispinus rubicingulus</i>	7986	ICML-UNAM 4.12.5.
<i>Diadema antillarum</i>	7987	ICML-UNAM 4.11.27.
<i>Eucidaris tribuloides tribuloides</i>	7985	ICML-UNAM 4.2.0.
<i>Echinometra viridis</i>	8024, 8025	ICML-UNAM 4.62.60, ICML-UNAM 4.62.61.
<i>Echinometra lucunter lucunter</i>	7988, 7993, 8026, 7989	ICML-UNAM 4.61.89, ICML-UNAM 4.61.90, ICML-UNAM 4.61.91, ICML-UNAM 4.61.92.
<i>Lytechinus variegatus</i>	7990	ICML-UNAM 4.99.41.
<i>Tripneustes ventricosus</i>	7991, 7992	ICML-UNAM 4.63.46, ICML-UNAM 4.63.47.

## FICHA TÉCNICA DE *Eucidaris tribuloides tribuloides*

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. Fotografía.



Figura 35. Vista aboral-lateral de *Eucidaris tribuloides tribuloides* (Tomada de Hendler *et al.*, 1995).

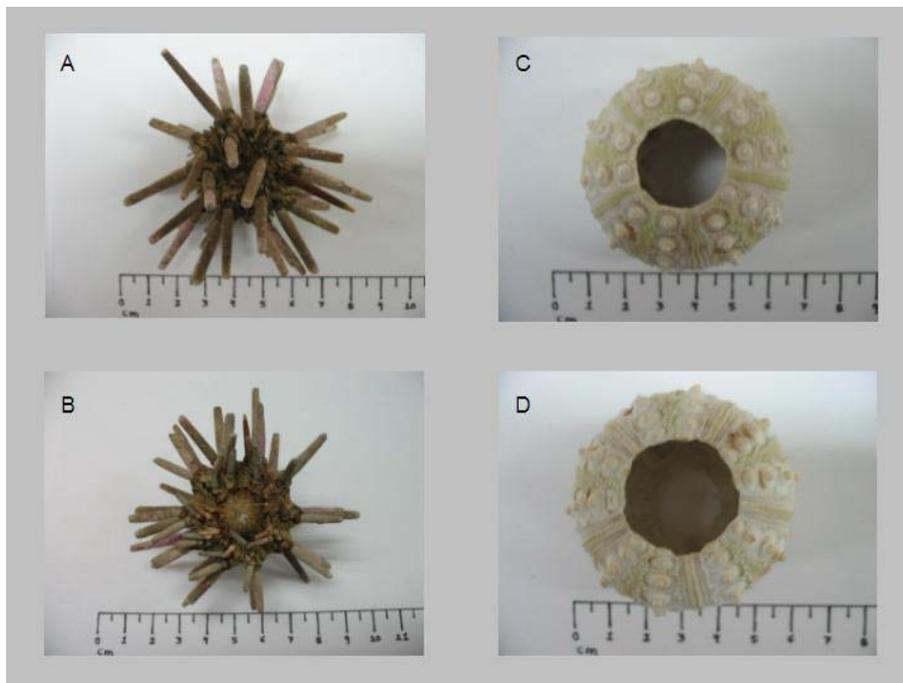


Figura 36. *Eucidaris tribuloides tribuloides*. A. Vista aboral, B. Vista oral, C. Vista aboral de la testa desnuda y D. Vista oral de la testa desnuda.

**1.2. Nombre de la especie.** *Eucidaris tribuloides tribuloides* (Lamarck, 1816)

*Cidarites tribuloides* Lamarck, 1816:56.

*Cidaris tribuloides* A. Agassiz y Dèsor, 1846: 326; Stewart, 1865: 366.

*Cidaris anulata* Gray, 1855: 37; A. Agassiz, 1867: 122.

*Cidaris metularia* Lütken, 1863: 79.

*Cidaris (Gymnocidaris) tribuloides* Döderlein, 1906: 101.

*Cidaris minor* Koehler, 1908: 302.

*Eucidaris tribuloides* var. *Africana* Mortensen, 1909: 40.

*Eucidaris tribuloides*- Jackson, 1914: 141; Clark, H. L., 1925: 21; Engel, 1927: 163; Mortensen, 1927: 24; Caso, 1948: 206-210; 1961: 226-230; Kier, 1975: 16-17; Worbis, 1986: 18-20; Gallo, 1988: 100-101; Hendler *et al.*, 1995: 206-208; Espinosa, Abreu y Gómez, 1997: 62.

**1.3. Categoría taxonómica** (H. L. Clark, 1925; Durham y Melville, 1958; Smith, 1984b).

**1.3.1. Reino** Animalia

**1.3.2. Phylum** Echinodermata De Bruguéiere, 1984

**1.3.3. Subphylum** Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895

**1.3.4. Clase** Echinoidea Leske, 1778

**1.3.5. Subclase** Cidaroidea Claus, 1880

**1.3.6. Orden** Cidaroida Claus, 1880

**1.3.7. Familia** Cidaridae Gray, 1825

**1.3.8. Género** *Eucidaris* Mortensen, 1909

**1.3.9. Especie** *Eucidaris tribuloides tribuloides* (Lamarck, 1816)

**1.3.10. Lista de nombres comunes:** Erizo de mar. Español. México. Erizo lápiz, erizo pizarrín.

## **1.4. Determinación.**

### **1.4.1. Colección de referencia.**

Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Apdo. Post. 70-305, México, D. F. 04510.

### **1.4.2. Catálogo nomenclatural (Sistema de clasificación taxonómica).**

- Clark, H. L. 1925. A Catalogue of the Recent Sea-Urchins (Echinoidea), British Museum, London, 21-22 pp.
- Durham, J. W. and R. V. Melville. 1958. A Classification of Echinoids, pp 175-188, Sobretiro de la Sección VII-Paleontología, Taxonomía y Evolución, Congreso Geológico Internacional, XX<sup>a</sup> Sesión, México, D. F. 1956.
- 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, London, 190 p.

## **1.5. Descripción de la especie.**

### **1.5.1. Diagnósis.**

Caparazón grueso, circular, en forma de turbante, testa aplanada aboralmente; espinas primarias cortas, gruesas, cilíndricas, escasas, iguales o menores que el diámetro de la testa, con una corona de placas en forma de puntos en sus extremos, frecuentemente bandeadas en los jóvenes; en los ejemplares maduros casi siempre incrustados con colonias de briozoarios; espinas secundarias amplias, despuntadas, rayadas, cortas, aplanadas lateralmente; suturas interambulacrales no desnudas; tubérculos no crenulados; línea media ambulacral con túberculos; pedicelarios globíferos grandes y globíferos pequeños sin diente terminal simple; color pardo oscuro, jaspeado de blanco o, de color amarillento con manchas rojas o verdes (Figs. 35 y 36) (H. L. Clark, 1925; Caso, 1961; Serafy, 1979).

### **1.5.2. Descripción.**

Longitud promedio: 21 mm; altura promedio de la testa: 15 mm; longitud promedio de las espinas primarias: 18 mm; placas genitales rectangulares; placas oculares

triangulares, con bordes redondeados; zonas ambulacrales e interambulacrales con tubérculos: periprocto pentagonal; peristoma cubierto por espinas secundarias; espinas primarias fusiformes, gruesas, escasas, afiladas ligeramente en sus extremos distales, con acanalamientos longitudinales, con lamelas formando una corona, en algunos casos, con la misma longitud que el diámetro de la testa; ejemplares jóvenes con hileras de 4 a 5 espinas primarias, y adultos, con hileras de 10 espinas; anillo de la espina primaria pequeño, con collar muy desarrollado, con cuello corto, en ocasiones no aparente; grosor y longitud de las espinas variable; espinas secundarias cortas, aplanadas, rectangulares lateralmente, de color amarillo con estrías longitudinales, y extremos pardos, ligeramente truncados; en la región del sistema apical, las espinas miliareas son escasas, triangulares, estriadas, angostas y alargadas, en la zona aboral son alargadas, con los extremos distales más anchos que los proximales, de mayor talla las del perímetro del peristoma; pedicelarios tridentados, globíferos grandes y pequeños; la coloración de las espinas primarias varió de rojo a pardo, (y las espinas secundarias presentaron un patrón de bandas blanquecinas), éstas, son largas y delgadas en algunos ejemplares, y en otros, son cortas y gruesas, sin importar que se encontraran en agujeros o sobre el sustrato rocoso (Figs. 35 y 36) (Bravo *et al.*, 1999).

## **2. DISTRIBUCIÓN.**

### **2.1. Distribución histórica estimada.**

No disponible

#### **2.1.1. Localización geográfica de las localidades.**

No disponible

#### **2.1.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.**

No disponible

### **2.2. Distribución actual, con poblaciones aún presentes.**

Especie de amplia distribución en el ambiente litoral en la costa oeste del océano Atlántico, desde Cabo Hateras en las costas de Carolina del Norte, Carolina del Sur, Florida en USA, Caribe, Golfo de México, hasta Río de Janeiro en Brasil (Serafy, 1979); Cuba (Suárez, 1974); Puerto Rico (Hendler *et al.*, 1995); las Bermudas (H. L. Clark, 1907); Antillas mayores y menores (Phelan, 1970; Bernasconi, 1955b); Cayo de Carrie Bow en

Belice (Kier, 1975; Devaney, 1974); Panamá (Hendler *et al.*, 1995); Neguange, Punta de Betín y Bahía Concha en Colombia (Caycedo, 1979; Gallo, 1988); Playa de Quetepe, El Peñón, Bahía Mochima, Golfo de Paria (Golfo de Cariaco, Edo. Sucre), Isla Cubagua (Edo. Nueva Esparta), Playa Grande (Distrito Federal), Los Totumos (Edo. Miranda), Isla La Tortuga y Archipiélago Los Roques (Dependencia Federal) en Venezuela (Zoppi de Roa, 1967); São Sebastião, frente a Cachoeiro do Itapemirim y el Sur de Río de Janeiro en Brasil (Bernasconi, 1955b, Tommasi 1958; Brito, 1960).

En las costas de México a sido reportado por Rathbun (1886: 260, 263, 266, 281, 286 y 292), para Cabo Catoche en Yucatán; Caso (1948: 206-210), Veracruz; (1961: 230), Isla Verde, Isla Sacrificios, Isla Santiaguillo en Veracruz, Cozumel en Quintana Roo; Orbe (1971: 13-19), Isla de Enmedio, Arrecife La Blanquilla, Isla Santiaguillo, Isla Verde, Isla Sacrificios y Playa Norte en Veracruz, Isla Mujeres y Cozumel en Quintana Roo; Villalobos (1971: 535), Arrecife La Blanquilla en Veracruz; Gamboa (1978: 54-58), Arrecifes de La Blanquilla, Tuxpam e Isla Lobos en Veracruz; Worbis (1986: 18-20), Isla Lobos en Veracruz y Barra Morón en Tamaulipas; PEMEX y Secretaría de Marina (1987: 31, 34-36, 59), Isla Verde y Arrecife Anegada de Adentro en Veracruz; San Juan-Ruiz (1988: 31), Arrecife de Lobos en Veracruz; Vázquez-Bader (1988) frente a la Laguna Tupilco y Paraíso en Tabasco y frente a Laguna de Términos en Campeche; Buitrón y Solís-Marín (1993: 222), Costa Oriental Mexicana; Gutiérrez *et al.*, (1993: 790-793), Sistema Arrecifal Veracruzano en Veracruz; Sánchez-Domínguez (1993: 16-20), Isla de Enmedio en Veracruz; Bravo (1996: 13-15), Puerto Morelos en Quintana Roo; Bravo *et al.*, (1999: 46-49), Puerto Morelos en Quintana Roo; Gutiérrez-Castro (1999: 28-31), Tamaulipas y Yucatán, y en revisiones que realizó, la reportan en Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo; Laguarda *et al.*, (2005: 73-76, 81-83), Tamaulipas, Yucatán, Golfo de México; Solís-Marín *et al.*, (en preparación), Isla Sacrificios, Isla de Enmedio, Isla Verde, Isla Santiaguillo, Arrecife Blanquilla y la Anegada de afuera en Veracruz.

*Eucidaris tribuloides* var. *africana*, es conocido para el Golfo de Guinea y el Cabo de Isla Verde (Serafy, 1979).

## 2.2.1. Localización geográfica de las localidades.

Tabla 12. Localidades y coordenadas de los ejemplares recolectados en los diferentes estados de la costa Este de México del erizo *E. tribuloides tribuloides*; datos obtenidos de los registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, habiendo sido recopilados por diversos colectores en diferentes fechas.

Localidad	Latitud	Longitud
<b>Tamaulipas:</b>		
Entre La Florida y San José de los Leones, aprox. a 50 km al Este.	24° 20' 00'' N	97° 17' 05'' W
<b>Veracruz:</b>		
Antón Lizardo.	19° 03' N	95° 58' W
Isla de Enmedio.	19° 06' 52.5'' N	95° 56' 09'' W
Arrecife de Isla Lobos.	21° 27' 48'' N	97° 13' 32'' W
Arrecife de Isla Sacrificios.	19° 10' 54" N	96° 56' 08" W
Arrecife de Isla Santiaguillo.	19° 08' 30" N	95° 48' 40" W
Arrecife de Isla Verde.	19° 12' 7.7'' N	96° 03' 51'' W
Arrecife La Anegada de afuera.	19° 13' 42'' N	96° 03' 45'' W
Arrecife La Blanquilla.	21° 30' N	97° 15' W
Bajo de Tuxpam.	21° 30' N	96° 30' W
La Mancha, Actopan.	19° 35' N	96° 22' W
Playa Norte.	19° 12' N	96° 07' W
Tuxpam.	21° 30' N	96° 45' W
<b>Yucatán:</b>		
Casi Frente a San Felipe, aprox. a 220 km al Norte.	23° 32' 07'' N	88° 29' 89'' W
Frente a El Cuyo, aprox. a 180 km al Norte.	23° 16.3' N	87° 44.2' W
Frente a la Reserva Especial de la Biosfera Río Lagartos, aprox. a 105 km al Norte.	22° 29' 87'' N	88° 34' 46'' W
Frente a Yuluc, aprox. a 100 km al Norte.	22° 31' N	87° 58' 4'' W
<b>Quintana Roo:</b>		
A 1200 m al sur del muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 23.3'' N	86° 53' 50.8'' W
Afuera del arrecife en Bocana Grande, Puerto Morelos.	20° 53' 16.5'' N	86° 50' 27.7'' W
Al Norte de Bahía Ascensión.	21° 50.6' N	86° 55.9' W
Astillero Rodman, Puerto Morelos.	20° 52' N	86° 51' W
Cerca del arrecife, hacia la laguna, Puerto Morelos.	20° 56' 46.9'' N	86° 49' 24.1'' W
Embarcadero, Estación del ICML, Puerto Morelos.	20° 52' 02.7'' N	86° 49' 19.2'' W
Entre ICML y Rodman, Puerto Morelos.	20° 52' 16.2" N	86° 51' 52.5" W
Frente a Cabo Catoche, 105 km al Norte.	22° 32.5' N	87° 10.2' W
Frente a Cabo Catoche, 35 km al noreste.	21° 48.1' N	86° 46.4' W
Frente a Cabo Catoche, 55 km al Norte.	22° 09' N	87° 00' W
Frente a Cabo Catoche, 70 km al Norte.	22° 13.9' N	86° 55.7' W
Frente a Cabo Catoche, a 190 km al Norte.	23° 16' N	87° 18.2' W
Frente a Cabo Catoche, a 190 km al Norte.	23° 16.0' N	87° 18.2' W
Frente a la Ceiba, Puerto Morelos.	20° 51' 00.4" N	86° 52' 19.9" W
Frente a la Escuela Técnica Pesquera, Puerto Morelos.	20° 50' 36" N	86° 52' 22" W
Frente a la estación, por afuera del arrecife, Puerto Morelos.	20° 51' 31.7'' N	86° 51' 08.1'' W

Frente a Pelicanos, Puerto Morelos.	20° 57' 37" N	86° 50' 00" W
Frente a Rodman, Puerto Morelos.	20° 52' 28" N	86° 51' 06" W
Frente a Turismo, Puerto Morelos.	20° 53' 25" N	86° 51' 30" W
Frente al islote, Puerto Morelos.	20° 55' 40.3'' N	86° 49' 19.2'' W
Frente al muelle principal, Puerto Morelos.	20° 49' 43" N	86° 53' 19.1" W
Frente al Ojo de Agua, Puerto Morelos.	20° 51' 0.4" N	86° 52' 19.9" W
Fuera de la Bocana, Puerto Morelos.	20° 52' 52" N	86° 51' 05" W
Isla Mujeres.	21° 20' N	87° 55' W
La Antena, Puerto Morelos.	20° 52' 40" N	86° 51' 45" W
La Bocana, Puerto Morelos.	20° 52' 50" N	86° 50' 35" W
La Ceiba, Puerto Morelos.	20° 51' 390" N	86° 51' 786" W
Lado Sur de Punta Brava, Puerto Morelos.	20° 48' 22.1'' N	86° 54' 45.0'' W
Lado Sur de Punta Maroma, Puerto Morelos.	20° 43' 13.2'' N	86° 58' 14.5'' W
Lado sur de Punta Petempich, Puerto Morelos.	20° 55' 21.4'' N	86° 50' 21.5'' W
Mahahual.	18° 43' 6.7'' N	87° 42' 20.6'' W
Malecon y muelle de Cozumel.	20° 50' N	86° 52' W
Muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 43'' N	86° 53' 20.8'' W
Norte de Cabo Catoche.	21° 45' N	86° 35' W
Periferia del muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 46.3'' N	86° 53' 18.5'' W
Playa Paraíso, Puerto Morelos.	20° 46' 43.5"N	86° 56' 21.9" W
Puerto de resguardo de Isla Cozumel.	20° 50' N	86° 52' W
Punta caracol, Puerto Morelos.	20° 53' 46.2'' N	86° 50' 41.5'' W
Punta Nizuc, despues del arrecife, Puerto Morelos.	21° 01' 25" N	86° 46' 45" W
Punta Pelicanos, Puerto Morelos.	20° 57' 37"N	86° 50' 00" W

Tabla 13. Localidades en Florida (USA), Brasil y Colombia, donde se encuentra distribuida la especie *Eucidaris tribuloides tribuloides*.

Localidad	Latitud	Longitud
Aprox. a 100 km de la costa Oeste de Florida, U.S.A.	27° 37' N	83° 28' W
	27° 37' N	84° 13' W
Aprox. a 160 km de la costa suroeste de Florida, U.S.A.	26° 24' N	83° 22' W
	26° 24' N	83° 43' W
Cachoeiro do Itapemirim, Brasil.	20° 30' S	29° 22' W
Archipiélago de San Bernardo Bolivar, Colombia.	09° 43' 59.4" N	75° 44' 54.0" W

### 2.2.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.



Figura 37. Distribución de *E. tribuloides tribuloides*.

### 2.2.3. Distribución batimétrica.

Habita a profundidades de 0 a 800 m, pero es más común en profundidades menores a 50 m (Serafy, 1979).

## 3. AMBIENTE.

### 3.1. Macroclima.

Ambiente estrictamente marino.

### 3.2. Vegetación o tipo de ambiente.

En Puerto Morelos, Quintana Roo (México) se ha registrado que esta especie se encuentra asociada a praderas de pasto marino (*Thalassia testudinum*), (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

### 3.3. Hábitat.

En Puerto Morelos, Quintana Roo, México Bravo (1996) y Bravo *et al.*, (1999) registraron a esta especie como habitante de sustratos arenosos-rocosos-coralíferos y

asimismo de praderas de pasto marino (*Thalassia testudinum*). En el Cayo de “Carrie Bow” en Belice Kier (1975) reporta que este equinoideo vive tanto en el arrecife como en la laguna; vive en las grietas de los corales, en las siguientes zonas: en la cresta arrecifal, en arena y escombros, parches de coral, escombros y veredas, sobre cabezas de coral muerto, en el barloventos y grietas. Asimismo lo observó en gran número en la laguna, particularmente al Este del cayo “Water Range” en camas de *Thalassia* donde el pasto es especialmente vistoso y la profundidad del agua es entre 5 y 7 m. Worbis (1986) denominó a este erizo como perforador de coral ya que en Isla Lobos en Veracruz y Barra Morón en Tamaulipas, México es muy común observar comunidades de este erizo en madrigueras en las cabezas de coral, sobre la explanada arrecifal; también reportó que las espinas de este erizo se encontraban impregnadas con algas calcáreas y briozoos. En esta misma área es más frecuente que se les localice en la parte de la laguna arrecifal donde hay abundantes camas de pasto marino, donde la profundidad del agua está entre los 5 a 7 m donde la distribución no es regular, ya que comúnmente varios especímenes se encuentran comiendo juntos de la misma esponja. Serafy (1979) menciona que en la costa Oeste y Suroeste de Florida (USA), esta especie habita frecuentemente en grietas de áreas rocosas durante el día, pero han sido observados algunos especímenes moviéndose a corta distancia de las rocas durante la noche; asimismo también se le ha visto en praderas de pasto marino (*Thalassia testudinum*), y muchos de los ejemplares también fueron encontrados en áreas con abundantes capas de piedra caliza. En el Sistema Arrecifal Veracruzano, Gutiérrez *et al.*, (1993) encontraron asociado a este erizo al coral *Acropora cervicornis* el cual le sirve de sustrato. Y Gallo (1988) encontró a especímenes de esta especie entre pedacera de conchas, corales y bajo rocas sobre arena, en una profundidad de 0.5-22 m en localidades de Neguange, Punta de Betín y Bahía Concha en Colombia.

#### **3.4. Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie.**

Aunque los sistemas arrecifales son un ambiente de cambio constante por causas naturales, hay evidencias claras de impacto humano, que combinadas con fenómenos naturales, reducen la recuperación de los arrecifes. Siendo importante considerar de manera especial, aquellos arrecifes utilizados intensivamente, por su importancia económica local. En general no podemos afirmar que alguna especie coralina se encuentre en peligro de extinción, pero datos recientes de determinación de metales pesados en corales

escleractinios en el SAV (México), revelan concentraciones muy altas, principalmente de plomo. El deterioro ambiental de algunos ecosistemas arrecifales es notorio y ha llevado a tomar medidas precautorias para impedir su avance, tal es el caso de Isla Sacrificios (arrecife perteneciente al SAV, situado frente al Puerto de Veracruz), que se encuentra protegido y se impide el acceso al mismo desde 1982 (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

### **3.5. Refugios.**

No disponible.

## **4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE.**

### **4.1. Antecedentes del estado de la especie, en su caso, de las poblaciones principales.**

En el periodo 1984-1985, en el Noroeste de las costas de Puerto Rico, se registró una muerte de las poblaciones de esta especie. Olas muy fuertes arrojaron de 6,000 a 8,000 especímenes muertos. La causa de la mortandad es desconocida; pero no es presumible que una tormenta haya ocasionado dicha mortandad, ya que esta especie vive en las oquedades de las rocas o corales, y con sus espinas ejerce resistencia para no ser arrojadas de ellas, y en dado caso es más fácil que se le rompa una espina o varias a que pueda ser desalojada de su madriguera (Williams *et al.*, 1986; Smith *et al.*, 1990).

### **4.2. Historia de vida.**

Deuterostomados, enterocelomado, osmoconformadores, estenohalinos, bentónicos, y vágiles (Binyon, 1966; Fell y Moore, 1966; Melville y Durham, 1966; Smith, 1966; Ubaghs, 1978; Lawrence, 1987; Hendler *et al.*, 1995).

### **4.3. Relevancia de la especie.**

#### Importancia Paleontológica y Evolutiva.

Esta especie pertenece al Orden Cidaroida que tiene sus primeros registros fósiles en el Pérmico, adquieren su mayor abundancia en el Jurásico y en el Cretácico y persisten hasta los mares actuales. Todos los géneros vivientes de este orden pertenecen a la Familia Cidaridae (Caso, 1961; Fell & Moore, 1966). Los cidaroides son los únicos equinoideos sobrevivientes y auténticos representantes del Paleozoico, y se cree que ellos son los ancestros de todos los posteriores equinoideos tanto regulares como irregulares del post-paleozoico (Fell, 1966).

### Importancia Ecológica.

La masa arrecifal es el resultado de un equilibrio dinámico entre procesos de construcción y destrucción que dependen del ciclo de vida de los organismos que constituyen la comunidad. Los caparazones de los especímenes muertos de esta especie se desarticulan rápidamente (Greenstein, 1991) y el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) proporcionado por la testa contribuirá indirectamente en la constitución de la matriz arrecifal, en su formación y consolidación, ya que las algas zooxantelas que mantienen una simbiosis con los corales, actuarán en la fijación de carbono y depositación de carbonato de calcio que ha sido proporcionado por las testas de estos organismos (Hutchings, 1986).

Este erizo conforma parte de una cadena trófica muy compleja, en la que intervienen varios grupos de animales y algas como parte de ella, siendo esta especie un importante eslabón en la cadena alimenticia de la cuál forma parte, por lo cuál varias de las poblaciones de estos grupos se ven controladas en parte por este erizo.

*E. tribuloides tribuloides* representa un papel muy importante para determinar comunidades biológicas y facies bionómicas, ya que reúne las características esenciales como especie dominante y definidor de dichos aspectos.

### Importancia Económica.

Se comercializa su testa, para la elaboración de diferentes *souvenirs* o solo desnuda y seca como adorno, en el Puerto de Veracruz, México (Nishimura, 2005).

#### **4.4. Ecología poblacional.**

##### **4.4.1. Tamaño poblacional.**

No disponible.

##### **4.4.2. Demografía.**

Kier (1975) registra una densidad de 1 ind./m<sup>2</sup>, aunque esta distribución no es regular, ya que se ha observado a varios especímenes comiendo juntos de la misma esponja (Kier, 1975). Serafy (1979) menciona que en las costas del Oeste y Suroeste de Florida se registraron densidades de 2 ind./m<sup>2</sup>.

##### **4.4.2.1. Categoría de edad, tamaño, estadio.**

Presentan una forma larval característica (*equinopluteus*), que sufre una metamorfosis muy simple a juvenil, a diferencia de otros equinoideos donde la

metamorfosis es más compleja y que pertenecen a otras familias que no sean los cidaridos. Los individuos de esta especie crecen lento y viven largo tiempo, sobreviven por arriba de 5 años en un acuario (Moore, 1966; Emlet, 1988; Wray y McClay, 1988; Vodicka *et al.*, 1990).

#### **4.4.2.2. Proporción sexual.**

No disponible.

#### **4.4.2.3. Fecundidad.**

A lo largo de un año de estudio en un laboratorio, se alteró artificialmente el fotoperiodo para esta especie y se descubrió que en días cortos y noches largas aumenta y comienza el desarrollo de los gametos (huevos y espermatozoides). Resultados preliminares sugieren que los esteroides sexuales, estradiol y progesterona, presentes en las gónadas de los machos y las hembras, pueden modular las fases estacionales de la gametogenesis. También fue observado que con el tiempo, el tamaño de los huevos liberados puede variar por un factor de dos, y los individuos de esta especie en la región de Panamá tienden a desovar mensualmente, cuando hay luna llena. Hay evidencia, aunque inconclusa, que el sexo está regulado por cromosomas sexuales en esta especie. Se ha observado que individuos de dos años de edad, los cuales son sexualmente maduros, presentan gónadas maduras a finales de verano y comienzos del otoño, y que los embriones desarrollados del huevo fertilizado sufren una metamorfosis a un juvenil en 25 días. El paso de la fertilización del huevo al estado larvario es muy lento (McPherson, 1968a; Lessios, 1987, 1991; Pearse y Cameron, 1991; McClintock y Watts, 1990; Hines *et al.*, 1992).

#### **4.4.2.4. Tasa de crecimiento.**

Se registran 10 mm de diámetro de la testa (medida en la región del ambitus) cada año de vida. En los primeros meses de vida, el crecimiento de los individuos es más acelerado. Las variaciones en el crecimiento de la testa, puede que tenga una relación no conocida con la temperatura, entre otras (Serafy, 1979).

#### **4.4.2.5. Reclutamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.6. Reproducción.**

Es una especie dioica, de fecundación externa. Serafy (1979) menciona que algunos individuos poseen gónadas maduras a los 20 mm de diámetro de la testa, pero esto ocurre

generalmente durante el segundo año de vida. El desove ocurre a mediados de octubre o mediados de noviembre, el momento de maduración de la gónadas y el tiempo de desove de julio a septiembre. Los juveniles presentan un estadio larvario que finaliza a los 25 días (Serafy, 1979), para después sufrir metamorfosis a los 0.4 mm de alto de la testa.

#### **4.4.2.7. Tasa de entrecruzamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.8. Fenología.**

No disponible.

#### **4.4.3. Alimentación.**

De Ridder y Lawrence (1982) reportan que la dieta de este erizo incluye organismos de cuerpo blando (plantas y animales), superficies duras (plantas o animales incrustantes o sedentarios que se encuentran en rocas o corales) o animales duros (corales, bivalvos), y sustratos blandos. Esta especie de equinoideo es funcionalmente herbívora pero también es generalista y oportunista.

El erizo se alimenta del 5% de la cantidad de esponjas que hay en las áreas rocosas. Esta especie es omnívora, ya que el análisis del contenido estomacal indica que el erizo come trozos de algas, briozoarios, fragmentos de coral, pedazos de conchas de gasterópodos, espinas de erizos, esponjas, y pasto marino; su dieta puede variar con la localidad. En experimentos de laboratorio se demostró que esta especie prefiere almejas a pasto marino, y usando comida artificial (1 a 10% de comida de pescado en agar) se observó que *E. tribuloides tribuloides* puede responder a una baja calidad de los alimentos de su dieta por incrementar su razón alimenticia y eficiencia de absorción (Mortensen, 1928; McPherson, 1968a,b; Lawrence 1975; Serafy, 1979; McClintock *et al.*, 1982; De Ridder y Lawrence, 1982; Lares y McClintock, 1991).

#### **4.4.4. Conducta.**

Tienden a hacer agujeros en las rocas y en corales para ocuparlos de refugio, más sin embargo, no se quedan habitando su refugio permanentemente, sino que este agujero puede quedar descubierto en la entrada para que el organismo entre, salga y pueda moverse, o bien pueden ocupar algún agujero que ya esté formado sobre la roca o el coral; cuando se le intenta mover o extraer de su oquedad, estos ponen tan rígidas las espinas que se hace casi imposible extraerlos; se encuentran generalmente solos, es raro encontrar más de dos

organismos de la misma especie en el mismo sitio en el arrecife de Isla Verde, Veracruz, México; pero sí se les ha observado acompañados por individuos de otras especies como *Echinometra lucunter* y *Diadema antillarum*, no junto a ellos pero sí en sus cercanías. Para la localidad de Puerto Morelos, Quintana Roo se les ha observado durante el día y la noche, dentro o fuera de sus refugios. Pero también se ha reportado que durante la noche puede dejar sus refugios tal vez para forrajear. Este erizo es lento para moverse (Mc Pherson, 1968a; Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

En experimentos de laboratorio se registro que ocasionalmente *E. tribuloides tribuloides* empujaba a intrusos ya sea de su misma especie o del genero *Echinometra* que invadian su área o refugio (Shulman, 1990).

#### **4.4.5. Predadores y Parásitos.**

Se han reportado varias especies de gasterópodos parásitos externos de *E. t. tribuloides*: *Charonia variegata* (Lamarck), *Cypraecassis testiculus* (Linné), *Sabinella troglodytes* (Thiele), *Nanobalcis worsfoldi* Warén, *Trochostilifer eucidaricola* Warén & Moolenbeek y *Mucronalia nidorum* Pilsbry. El cangrejo piedra, *Mennipe nodifrons* Stimpson, ha sido observado comiendo a *E. t. tribuloides* en acuarios y en su ambiente natural. En los siguientes peces se encontraron restos de *E. t. tribuloides* al revisar su contenido estomacal: *Balistes vetula* Linné, *Diodon hystrix* Linné, *D. holocanthus* Linné, *Anisotremus surinamensis* (Bloch), *Haemulon plumieri* (Lacépède), *Halichoeres radiatus* (Linné) y *Lachnolaimus maximus* (Walbaum). También se observó que los peces de la especie *Bodianus rufus* (Linné) comen a este erizo después de haberlo sacado de entre las cavidades de las rocas (Serafy, 1979; Märkel y Röser 1983; Warén, 1984; Warén y Moolenbeek, 1989; Warén y Mifsud, 1990).

#### **4.4.6. Uso de hábitat.**

No disponible.

#### **4.4.7. Ámbito hogareño.**

*E. tribuloides tribuloides* puede dejar su sitio protector en la noche, presumiblemente para “pastar”. Y en experimentos en acuario se observó que esta especie solo ocasionalmente puede empujar a otros especímenes de su especie y del género *Echinometra* para defender su sitio residente (Hendler *et al.*, 1995).

## **5. CATEGORÍA DE RIESGO.**

### **5.1. Categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001**

Esta especie no tiene ninguna categoría de riesgo en dicha norma.

### **5.2. Otras clasificaciones**

No se utilizó ninguna clasificación porque la especie no está en ninguna categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001.

### **5.3. Factores de riesgo.**

Dado que habita principalmente en 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 llegarse a desarrollar en o cerca de los ambientes marinos donde habita, por el creciente desarrollo turístico de las regiones que se encuentran al constante impacto y deterioro que causan las actividades humanas (Bravo *et al.*, 1999) y la comercialización de la testa desnuda para la elaboración de diversos souvenirs o solamente desnuda como adorno de la especie de erizo *E. tribuloides tribuloides*, en el Puerto de Veracruz, México (Vargas-Hernández *et al.*, 1994).

### **5.4. Conservación.**

Actualmente se encuentran algunas zonas donde habita esta especie dentro de las áreas naturales protegidas:

- Parque Nacional Natural de Tayrona y regiones aledañas (Lat. 11°20' N y Long. 74° 05' W) en el Atlántico Colombiano (Gallo, 1988).
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Veracruz, México, (pertenece a las áreas naturales protegidas de México) que consta de una superficie de 52,238 ha; situado en las coordenadas geográficas 19°03'00" a los 19°14'15" N y 95°47'36" a los 96°08'13" W (Diario Oficial, 1992).
- En el Caribe Mexicano hay zonas arrecifales que se encuentran declaradas como áreas naturales protegidas y son: los arrecifes de Punta Cancún y Nizuc (Gob. Fed. 1973), El Garrafón (Isla Mujeres), la costa Este de Isla Cozumel (Gob. Fed. 1980) y la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (Gob. Fed. 1986) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). Esta última reserva abarca 110 km de longitud y su desarrollo a lo largo de la costa es muy variable (Gutierrez *et al.*, 1993).

## FICHA TÉCNICA DE *Diadema antillarum*

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. Fotografía.



Figura 38. Vista aboral-lateral de *Diadema antillarum* (Tomada de Hendler, *et al*, 1995).

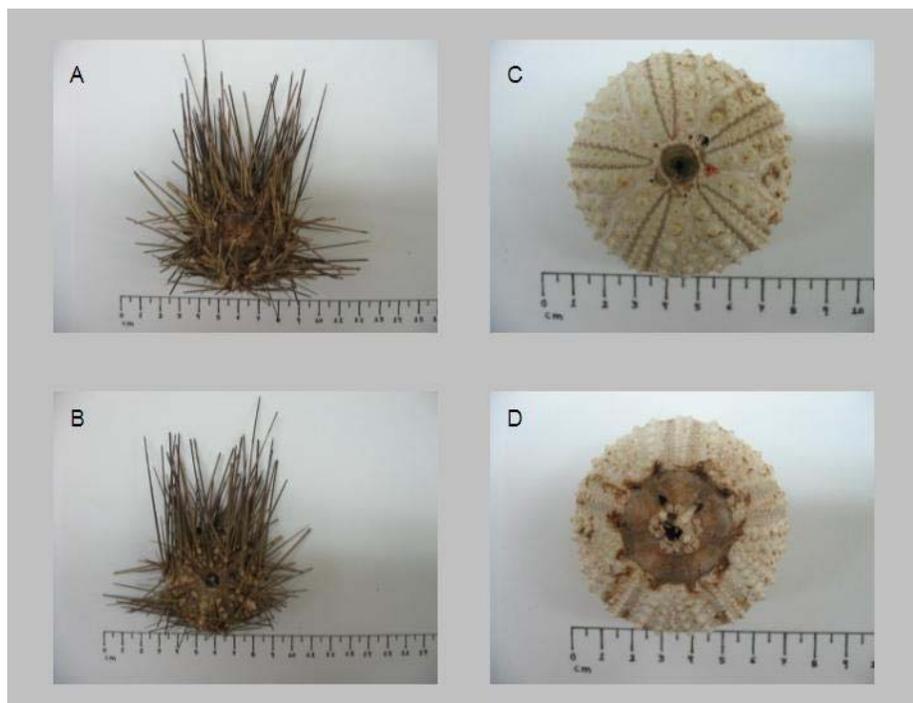


Figura 39. *Diadema antillarum*. A. Vista aboral, B. Vista oral, C. Vista aboral de la testa desnuda y D. Vista oral de la testa desnuda.

**1.2. Nombre de la especie.** *Diadema antillarum* (Philippi, 1845)

*Cidaris (Diadema) antillarum* Philippi, 1845: 355.

*Diadema setosum* A. Agassiz, 1872-1874: 274; Rathbun, 1879: 143; Verrill, 1907: 323.

*Centrechinus setosus* Jackson, 1914: 28, 76, 104-109.

*Centrechinus antillarum* H. L. Clark, 1922: 57, 361; 1933: 78; A. H. Clark, 1939: 86, 453.

*Diadema antillarum* Lütken, 1863: 83; Mortensen, 1921: 25; 1931: 17; A. Agassiz y H. L. Clark, 1908: 112; Koehler, 1914: 218; H. L. Clark, 1925: 42; Boone, 1933: 129; A. H. Clark, 1954: 374; Caso, 1961: 235-237; Kier, 1975: 17; Worbis, 1986: 21-22; Gallo, 1988: 101; Hendler *et al.*, 1995: 210-213.

**1.3. Categoría taxonómica** (Clark H. L., 1925; Durham y Melville, 1958; Smith, 1984b).

**1.3.1. Reino** Animalia

**1.3.2. Phylum** Echinodermata De Bruguíere, 1984

**1.3.3. Subphylum** Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895

**1.3.4. Clase** Echinoidea Leske, 1778

**1.3.5. Subclase** Euechinoidea Bronn, 1860

**1.3.6. Infraclase** Acroechinoidea Smith, 1981

**1.3.7. Cohorte** Diadematacea Duncan, 1889

**1.3.8. Orden** Diadematoida Duncan, 1889

**1.3.9. Familia** Diadematidae Gray, 1855

**1.3.10. Género** *Diadema* Gray, 1825

**1.3.11. Especie** *Diadema antillarum* (Philippi, 1845)

**1.3.12. Lista de nombres comunes:** Erizo de mar. Español. México. Los lugareños del Puerto de Veracruz le nombran “erizo calentura”, debido a la fiebre que puede provocar cuando una de sus espinas penetra en la piel.

## **1.4. Determinación.**

### **1.4.1. Colección de referencia.**

Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Apdo. Post. 70-305, México, D. F. 04510.

### **1.4.2. Catálogo nomenclatural (Sistema de clasificación taxonómica).**

- Clark, H. L. 1925. Catalogue of recent sea urchins. British Museum, London. 43 pp.
- Durham, J. W. and R. V. Melville. 1958. A Classification of Echinoids, pp 175-188, Sobretiro de la Sección VII-Paleontología, Taxonomía y Evolución, Congreso Geológico Internacional, XX<sup>a</sup> Sesión, México, D. F. 1956.
- 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, London, 190 p.

## **1.5. Descripción de la especie.**

### **1.5.1. Diagnósis.**

Testa baja (menos del 50% de su diámetro); tubérculos crenulados, perforados; espinas primarias finas, huecas y verticiladas con 20 o más series de espinas dispuestas longitudinalmente; placas ambulacrales compuestas; espinas ausentes en las placas bucales; tubérculos primarios del ambulacro en dos series regulares; espinas primarias bandeadas únicamente en ejemplares juveniles; hendiduras actinales profundas y angostas; diámetro del sistema abactinal igual o mayor que la mitad del diámetro del actinostoma; valvas de los pedicelarios tridentados, ligeramente planas, casi rectas, con apófisis terminadas en “T” (Figs. 38 y 39) (Clark H. L., 1925, Caso, 1961, Serafy, 1979).

### **1.5.2. Descripción.**

Longitud promedio de la testa: 25 mm, altura promedio de la testa: 15 mm, longitud promedio de las espinas primarias: 32 mm. Testa circular, de color negro, púrpura o beige claro. El color varía mucho según la edad; en los ejemplares jóvenes hay algunos de espinas

de color rojo claro con franjas de color claro distribuidas de modo irregular. Entre los adultos hay también ejemplares con espinas púrpura o con espinas blancas. Ocasionalmente existen ejemplares albinos o parcialmente albinos. Periprocto cubierto por una membrana, de tal manera que no se observan placas a simple vista. Mamelones prominentes con una perforación en el centro. El diámetro del sistema apical es menor que la mitad del diámetro del actinostoma. Tubérculos primarios y miliars escasos en la superficie oral o actinal. La segunda serie de tubérculos interambulacrales primarios comienza aboralmente o abactinalmente, en la cuarta placa coronal. Peristoma ligeramente hundido, tapizado por tejido membranoso y cinco pares de pies ambulacrales. Espinas primarias largas, delgadas, huecas, cubiertas con pequeñas espinas dispuestas en verticilo formando hileras longitudinales hasta sus extremos distales, con la parte terminal dirigida hacia el extremo final de la espina principal con una terminación aguda en los extremos distales. Valvas de los pedicelarios tridentadas, aplanadas, casi rectas, con apófisis, terminadas en forma de “T” (Figs. 38 y 39) (Caso, 1961; Bravo *et al.*, 1999).

## **2. DISTRIBUCIÓN.**

### **2.1. Distribución histórica estimada.**

No disponible.

#### **2.1.1. Localización geográfica de las localidades.**

No disponible.

#### **2.1.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.**

No disponible.

### **2.2. Distribución actual, con poblaciones aún presentes.**

Especie Atlántica distribuida en el Golfo de México, en el sureste de Florida (Forcucci, 1994); en las Bermudas; St. Croix en Jamaica (Libro de resúmenes, 2004; Hughes *et al.*, 1985); Islas Caimán (Hendler *et al.*, 1995); Barbados (Hunte *et al.*, 1986); Cuba (Herrera-Moreno, 1981); las Antillas Mayores y Menores (Caso, 1961; Serafy, 1979); en las costas de Belice; Costa Rica (Hendler *et al.*, 1995); Panamá (Lessios, 1981; Lessios *et al.*, 1984b); Neguange, Bahía Concha, Punta Betín, Chengue, Granate en Colombia (Gallo, 1988); Quetepe, El Peñón (Edo. Sucre), Los Totumos (Edo. Miranda), Isla La

Tortuga, Cayo Sal, Archipiélago Los Roques, Barrera Coralina del Archipiélago Los Roques (Dependencia Federal), Playa frente al Aeropuerto de Maiquetía, Playa Grande, Playa El Caribe, Los Arrecifes, Punta de Tiburón y Caraballeda (Distrito Federal) en Venezuela (Zoppi de Roa, 1967); Surinam; Río de Janeiro en Brasil (Serafy, 1979).

En las costas de México se ha reportado por Caso (1948: 191-193) para Veracruz, Quintana Roo; (1961: 237), Isla Sacrificios, Isla Verde e Isla de Enmedio en Veracruz; Villalobos (1971: 535). Arrecife La Blanquilla en Veracruz; Gamboa (1978: 59-62), Arrecife de la Blanquilla, de Tuxpam e Isla de Lobos en Veracruz; Serafy (1979: 24-26), Golfo de México; Worbis (1986: 21-22), Isla de Lobos en Veracruz; PEMEX y Secretaría de Marina (1987: 31, 59 34-36), Isla Verde, Arrecife Anegada de Adentro en Veracruz; Gutiérrez *et al.*, (1993: 790-793), Sistema Arrecifal Veracruzano en Veracruz; Sánchez-Domínguez (1993: 16-20), Isla de Enmedio en Veracruz; Bravo (1996: 16-17), Puerto Morelos en Quintana Roo; Bravo *et al.*, (1999: 46-47, 50-51), Puerto Morelos en Quintana Roo; Gutiérrez-Castro (1999), Veracruz y Quintana Roo; Solís-Marín *et al.*, (en preparación), Isla Sacrificios, Isla de Enmedio, Arrecife Hornos, Isla Verde en Veracruz.

*Diadema antillarum* var. *africana*, es una variedad de *D. antillarum* que habita el Atlántico Este, en Azores y Madiera en Portugal, Canarias en España; Cabo Verde; e Islas Annobon de Guinea Ecuatorial (Serafy, 1979).

### 2.2.1. Localización geográfica de las localidades.

Tabla 14. Localidades y coordenadas de los ejemplares recolectados en los diferentes estados de la costa Este de México del erizo *D. antillarum*; datos obtenidos de los registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, habiendo sido recopilados por diversos colectores en diferentes fechas.

Localidad	Latitud	Longitud
<b>Veracruz:</b>		
Aprox. a 17 km de Boca del Río.	19° 10' 00"N	95° 56' 261" W
Arrecife de Isla de Enmedio.	19° 06' 525"N	95° 56' 09" W
	19° 06' 45"N	95° 56' 15" W
	19° 06' 114"N	86° 53' 18.5" W
Arrecife de Isla de Lobos.	21° 27' 00"N	97° 13' 00" W
Arrecife de Isla Verde.	19° 12' 4"N	96° 04' 6" W
El puerto de Veracruz.	19° 12' N	96° 05" W
Faro Nuevo.	19° 10' 00"N	96° 10' 00" W

Orillas de Isla Sacrificios.	19° 10' 25"N	99° 05' 25" W
Punta de Hornos.	19° 11' 15"N	96° 06' 45" W
<b>Tabasco:</b>		
Escollera Este, Dos Bocas, Paraíso.	17° 59' 00"N	93° 30' 00" W
<b>Quintana Roo:</b>		
1200m al sur apartir del muelle de Cubos, Puerto Morleos.	20° 49' 23.3"N	86° 58' 14.5" W
Bocana grande, afuera del arrecife, Puerto Morelos.	20° 53' 16.5"N	86° 53' 50.8" W
Casi frente a Rodman, Puerto Morelos.	20° 52' 24.9"N	86° 51' 06.0" W
Cerca del arrecife hacia la Laguna, Puerto Morelos.	20° 56' 46.9"N	86° 49' 24.1" W
En la periferia del muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 46.3"N	86° 50' 27.7" W
Frente a la Estación del ICML (UNAM), Puerto Morelos.	20° 51' 50"N	86° 51' 30" W
Frente a la Técnica, Puerto Morelos.	20° 50' 30"N	86° 52' 05" W
Frente a las habitaciones de la Estación del ICML (UNAM), Puerto Morelos.	20° 51' 55.1"N	86° 51' 00" W
Frente a Pelicanos, Puerto Morelos.	20° 50' 66.3"N	86° 52' 38.4" W
Frente a Turismo, Puerto Morelos.	20° 53' 25"N	86° 51' 30.0" W
Frente al Astillero Rodman, Puerto Morelos.	20° 52' 28"N	86° 51' 06" W
	20° 52' 34"N	86° 51' 29" W
Isla Mujeres, Frente al Hotel Brisas del Caribe.	21° 20' 00"N	87° 55' 00" W
La Ceiba, Puerto Morelos.	20° 51' 39"N	86° 51' 78" W
Lado sur de la zona arrecifal de Punta Brava, Puerto Morelos.	20° 48' 22.1"N	86° 54' 45.0" W
Lado sur de Punta Maroma, Puerto Morelos.	20° 43' 13.2"N	86° 51' 06.0" W
Mahahual.	18° 43' 6.7"N	87° 42' 20.6" W
Muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 43"N	86° 53' 20.8" W
Playa Paraíso, Puerto Morelos.	20° 46' 43.5"N	86° 56' 21.9" W
Punta Caracol, Puerto Morelos.	20° 53' 35"N	86° 51' 18" W
	20° 53' 46.2"N	86° 50' 41.5" W
Punta Molos o Punta Norte de Isla Cozumel.	20° 35' 00"N	87° 50' 00" W
Punta Pelicano, Puerto Morelos.	20° 57' 37"N	86° 50' 00" W

Tabla 15. Localidades de Florida, donde se encuentra distribuida la especie *D. antillarum*.

Localidad	Latitud	Longitud
Aprox. a 38 millas náuticas al Oeste de Egmont Key, Florida (USA).	27° 37' N	83° 28' W
Aprox. a 51 millas nauticas, al Oeste de Isla Sanibel, Florida, (USA).	26° 24' N	82° 58' W

### 2.2.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.



Figura 40. Distribución de *D. antillarum*.

### 2.2.3. Distribución batimétrica.

De 0 a 400 m, pero más común a profundidades menores de 50 m (Serafy, 1979).

## 3. AMBIENTE.

### 3.1. Macroclima.

Ambiente estrictamente marino.

### 3.2. Vegetación o tipo de ambiente.

Bravo (1996) y Bravo *et al.*, (1999) reportan a esta especie asociada a praderas de pasto marino (*Thalassia testudinum*) en para el área de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.

Se encuentra asociada con algas del genero: *Padina*, *Caulerpa*, *Halimeda*, *Dictyota*, *Lobophora* y *Lyngbya* (Libro de resúmenes, 2004).

### 3.3. Hábitat.

Especie habitante de sustratos rocosos-arenosos con parches de *Thalasia testudinum*, entre corales y rocas, a una profundidad promedio de 2 m. Se ha observado la

presencia de poliquetos y otros erizos del género *Echinometra* como fauna acompañante, en Puerto Morelos, Quintana Roo y en Isla de Lobos en Veracruz (Worbis, 1986; Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999). Kier (1975) reporta su hábitat tanto en la laguna como en las áreas arrecifales, viviendo en cavidades de coral o roca y en los parches de las zonas arrecifales. Serafy (1979), Gallo (1988) y Hendler *et al.*, (1995) reportan a *D. antillarum* en numerosos habitats de las costas del Atlántico, desde rocas, arrecifes de coral, pasto marino y arenas finas.

### **3.4. Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie.**

Aunque los sistemas arrecifales son ambientes de cambio constante por causas naturales, hay evidencias claras de impacto humano, que combinadas con fenómenos naturales, reducen la recuperación de los arrecifes. Siendo importante considerar de manera especial, aquellos arrecifes utilizados intensivamente, por su importancia económica local. En general no podemos afirmar que alguna especie coralina se encuentre en peligro de extinción, pero datos recientes de determinación de metales pesados en corales escleractinios en el SAV, revelan concentraciones muy altas, principalmente de plomo, aunque el deterioro ambiental de algunos ecosistemas arrecifales es notorio y ha llevado a tomar medidas precautorias para impedir su avance. Tal es el caso de Isla Sacrificios (arrecife perteneciente al SAV, situado frente al Puerto de Veracruz), que se encuentra protegido y se impide el acceso al mismo desde 1982 (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

### **3.5. Refugios.**

No disponible.

## **4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE.**

### **4.1. Antecedentes del estado de la especie, en su caso, de las poblaciones principales.**

Las densidades de *D. antillarum*, fueron significativamente reducidas en 1983 – 1984, debida a una elevada mortandad de organismos a través del Caribe. Esta mortalidad fue primero observada en Galatea Point, Panamá en enero de 1983. Para enero de 1984 esta mortandad masiva se había extendido por todo el Caribe y las Bermudas, incluyendo el Archipiélago de San Blas, Barbados, Jamaica, áreas de las costas de Colombia, Costa Rica y áreas de las Islas Caiman. La mortalidad continuó hasta llegar a la Península de Yucatán,

afectando a las poblaciones de Cancún, México. En algunas áreas la densidad poblacional bajó cerca el 97% siendo los individuos adultos los más afectados (Lessios *et al.*, 1984a,b; Hughes *et al.*, 1985; Hunte *et al.*, 1986; Hendler *et al.*, 1995). La secuencia de los eventos de mortalidad en diversas áreas es consistente con la hipótesis que un agente patógeno se dispersó por corrientes superficiales, y que lo extendieron a grandes distancias, más sin embargo, la o las causas de los eventos de mortalidad no fueron identificadas en ese momento (Lessios *et al.*, 1984b). Los síntomas de la enfermedad se manifiestan en las espinas: cuatro días después de que se presentaron los síntomas de estrés, el erizo baja las espinas, y los que no mueren durante el día son depredados por peces. Bacterias patógenas como *Clostridium perfringens* puede ocasionar una mortandad masiva en poblaciones de *D. antillarum*, ya que se observó que ocasiona la muerte de este erizo en laboratorio (Hendler *et al.*, 1995). En 1990-1991, se presentaron signos de un evento de mortalidad parecido al de 1983-1984 en “Florida Keys” reduciendo drásticamente la densidad poblacional de *D. antillarum* en el área, hasta un 83%, las causas tampoco fueron identificadas (Forcucci, 1994). Para el año del 2004 se reportó que aún no se habían recuperado las poblaciones de esta especie (específicamente para St. Croix, Jamaica y Puerto Rico) (Lessios *et al.*, 1984b; Libro de Resúmenes, 2004). Esta es la primera epidemia extensiva documentada de un invertebrado marino (Lessios *et al.*, 1984b).

#### **4.2. Historia de vida.**

Deuterostomados, enterocelomado, osmoconformadores, estenohalinos, bentónicos, y vágiles (Binyon, 1966; Fell y Moore, 1966; Melville y Durham, 1966; Smith, 1966; Ubaghs, 1978; Lawrence, 1987; Hendler *et al.*, 1995).

#### **4.3. Relevancia de la especie.**

##### Importancia zoogeográfica.

Esta especie es de considerable interés desde el punto de vista zoogeográfico, ya que junto con *E. lucunter lucunter* y *Tripneustes ventricosus* señalan las estrechas relaciones entre la región de Guinea y la región de las Antillas (Caso, 1961).

##### Importancia ecológica.

*D. antillarum* es una especie herbívora, y sus excretas funcionan como “abono” a los pastos marinos. El abono contiene suplementos de nitrógeno y los nutrientes necesarios para los pastos marinos. Al remover a *D. antillarum* de las zonas algales, el crecimiento de

las algas se incrementa rápidamente y en consecuencia, afecta el crecimiento de los corales, siendo estas las causantes del decremento de pólipos de corales jóvenes. Así *D. antillarum* controla el crecimiento de las algas, así como el desarrollo de las larvas de los corales; si *D. antillarum* es removido del ecosistema, el número de larvas de coral es drásticamente reducido (Sammarco *et al.*, 1974; Carpenter, 1981; Hawkins 1981; Sammarco 1980; 1982a,b; Hay 1984; Hay y Taylor, 1985; Hughes *et al.*, 1985; de Ruyter y Breeman, 1987; Morrison, 1988; Williams y Carpenter, 1988; Forcucci, 1994; Hughes, 1994; Hendler *et al.*, 1995; Edmunds y Carpenter, 2001). En el curso de dicha herbivoría *D. antillarum* también proporciona carbonato de calcio a los corales (Hendler *et al.*, 1995). El que *D. antillarum* consuma algas, ayuda a mantener en buen estado los pastos de *Thalassia*, ya que hace que le salgan nuevos brotes (Serafy, 1979).

#### Bioindicador.

*D. antillarum* no sólo es importante ecológicamente, también es una especie bioindicadora susceptible a exposiciones tóxicas. Estados larvarios y adultos de *D. antillarum* expuestos a niveles elevados de algunos metales como: cobre (Cu), plata (Ag), Níquel (Ni) y Selenio (Se), afectan significativamente el desarrollo larval. Los adultos de esta especie, al ser expuestos a cobre acuoso, presentan disturbios etológicos y fisiológicos. Una de las respuestas fisiológicas es un desbalance ácido-base, evidenciada por la reducción del pH del fluido celómico. Los efectos en el comportamiento incluyen cierre de espinas y pérdida de las mismas. La alta sensibilidad de los adultos y de las larvas de *D. antillarum* a estos metales postula el uso de estos organismos como un importante indicador biológico a exposición de metales en ambientes marinos (Bielmyer *et al.*, 2005).

### **4.4. Ecología poblacional.**

#### **4.4.1. Tamaño poblacional.**

En cuanto a la distribución actual, después de la elevada mortalidad de organismos (1983-1984), los únicos sobrevivientes que quedaron fueron un total aproximado de 2600 organismos, los cuales se encuentran distribuidos en Bahamas, Brasil, Florida, Este de Florida, Golfo de México, Antillas, Sur del Caribe, Suroeste del Caribe y Occidente del Caribe (Libro de resúmenes, 2004).

#### **4.4.2. Demografía.**

En los parches de las zonas arrecifales puede alcanzar densidades de 6-7 ind/m<sup>2</sup> (Kier, 1975) y de 13.4 ind./m<sup>2</sup> (Serafy, 1979). *D. antillarum* es gregario, a menudo sucede que un gran número de organismos, prefieren un tipo de hábitat, llegando a 20 - 23 ind/ m<sup>2</sup>. Tienen la habilidad de reducir la talla del cuerpo (encogen los componentes de las placas del esqueleto) en respuesta a las limitaciones de alimento causadas por el incremento en las densidades de la población y puede tomar ventaja en el decremento de las densidades de la población por medio del aumento de talla para la reproducción (Scoffin *et al.*, 1980; Levitan 1988, 1989, 1991).

##### **4.4.2.1. Categoría de edad, tamaño, estadio.**

No disponible.

##### **4.4.2.2. Proporción sexual.**

No disponible.

##### **4.4.2.3. Fecundidad.**

El proceso de la fertilización de no es sincronizado, siendo aproximadamente un 5% espontáneamente en diferentes tiempos (Levitan, 1988a).

##### **4.4.2.4. Tasa de crecimiento.**

Serafy (1979) reporta un incremento en el diámetro de la testa, de 3.5 a 6.7 mm por 2 o 3 meses. En experimentos de laboratorio demuestran que los rangos de crecimiento o desarrollo de las poblaciones naturales de juveniles y adultos de *D. antillarum* fueron ligeramente más altos en comparación con las poblaciones de un área natural.

##### **4.4.2.5. Reclutamiento.**

No disponible.

##### **4.4.2.6. Reproducción.**

*Diadema antillarum* es una especie dioica de fecundación externa. Diferentes autores han reportado periodos de madurez para *D. antillarum*; en el Este de las Indias es durante Marzo y Abril, en las Bermudas es en Julio y en Tobago es durante Abril y Mayo. El desove esta relacionado con la periodicidad del ciclo lunar, asimismo también la sincronía del desove (Serafy, 1979). *D. antillarum* tiene su madurez al año o dos años, sin embargo a los 6 meses ya pueden ser aptos para la reproducción (Libro de resúmenes, 2004). En las Islas Virginiás las poblaciones pueden ser observadas en agregados, con el

propósito de la sincronía del desove (Levitan 1988a). Este erizo se sincroniza con los ciclos lunares para el desove, aunque también existen pequeñas poblaciones que son arítmicas (Ilfie y Pearse, 1982).

#### **4.4.2.7. Tasa de entrecruzamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.8. Fenología.**

No disponible.

#### **4.4.3. Alimentación.**

Según De Ridder y Lawrence (1982) su dieta incluye organismos de cuerpo blando (plantas y animales), superficies duras (plantas o animales incrustantes o sedentarios que se encuentran en rocas o corales) o animales duros (corales, bivalvos), y sustratos blandos (algas). Aunque también pueden capturar material o alguna presa planctónica que puede estar suspendido para posteriormente consumirlo, pero su dieta se basa principalmente en organismos que no se mueven. Realizan migraciones para buscar alimento, lo que conlleva a la especie a consumir diversos tipos de alimento, así mismo cuando escasea algún tipo principal de alimento, incrementan su actividad de migración. Este erizo es funcionalmente herbívoro (consume principalmente pasto marino y algas) pero también es generalista y oportunista; en un análisis del contenido estomacal se hallaron todo tipo de organismos que se encuentran en superficies de coral: algas rojas y cafés, *Thalassia* (porciones cafés y verdes), alimentos relacionados con plantas disponibles, algas calcáreas, algas no incrustantes, fragmentos de coral y arena, conchas de foraminíferos y de crustáceos, comida variada dependiendo de su hábitat, fragmentos de espinas del erizo *Tripneustes* sp., principalmente algas y pasto marino (*Padina*, *Caulerpa*, *Halimeda*, *Dictyota*, *Lobophora*, *Lyngbya*, *Herposiphonia*, *Jania*, *Thalassia*, *Coelotrix*, *Polysiphonia*, *Cladophora*, *Dictyota*, *Syringodium*), algas pequeñas situadas en la superficie de corales, epifitas, algas filamentosas. La dieta varía de acuerdo a la localidad y a la estación (Orden *et al.* 1973a,b; Hay, 1984; Carpenter, 1986) *D. antillarum* se alimenta también de pólipos jóvenes de corales (Rylaarsdam, 1983) y zoantidos (Karlson, 1983).

#### **4.4.4. Conducta.**

*D. antillarum* es un erizo altamente activo. Ante el disturbio o cambio, la alta intensidad o el inusual movimiento del agua, o de las olas, mueven sus espinas directamente hacia la

zona del disturbio o movimiento, estos movimientos son siempre muy rápidos. Es agudo el “sentido termal a la luz” en esta especie, y la respuesta a estos cambios en la intensidad de la luz, es alterando el color en la testa, o un repentino incremento o decremento de la iluminación evoca una respuesta rápida de las espinas primarias que normalmente se mueven incesantemente. Esta especie presenta fototactismo negativo (Millot 1965, 1968; Millot y Coleman, 1969). *D. antillarum* posee una respuesta sensitiva a los agresores; lo demuestra moviendo rápidamente sus espinas evitando los ataques; esto sugiere una respuesta a una adaptación, lo que reduce la predación (Serafy, 1979). Durante el día *D. antillarum*, se ocultan en oquedades y debajo de rebordes en las rocas. Y por la noche ellos se mueven fuera de las oquedades rodeando las praderas de pasto marino para “pastar” (Lewis, 1964; Orden *et al.*, 1973a,b; Carpenter, 1984; Libro de resúmenes, 2004). Este comportamiento puede estar dado por dos causas principales, ya sea por la intolerancia a la luz o posiblemente a una respuesta defensiva (Woodley, 1982). Las poblaciones pueden ser observadas en agregados, para proveerse mutua protección contra la depredación o para desovar, ya que en algunas poblaciones es altamente sincronizado (Snyder y Snyder, 1970). *D. antillarum* puede morder agresivamente a *Echinometra lucunter* y a *Echinometra viridis*, como parte de su comportamiento, y luego se retira. Posiblemente cree que la gran dispersión de *Echinometra spp.* es tal vez debido a los recursos de alimento y a la disponibilidad de grietas ocasionada por *D. antillarum* en sustratos duros (Shulman, 1990).

#### **4.4.5. Predadores, Parásitos y Comensales.**

Serafy (1979) reporta restos de *D. antillarum* en el contenido estomacal de los siguientes peces: *Balistes vetula*, *Canthidermis sufflamen*, *Trachinotus falcatus*, *Diodon hystrix*, *Bodianus rufus*, *Halichoeres radiatus*, *Lactophrys bicaudalis*, *Anisotremus surinamensis*, *Haemulon carbonarium*, *H. macrostomum*, *H. plumieri*, *H. sciurus*, *Haemulon flavolineatum*, *Calamos pennatula*, *Prognathodes aculeatus*, *Canthigaster rostrata*, *Calamos bajonado*, *C. calamos* y *Spheroides spengleri*, de toda la lista solo *Halichoeres bivittatus*, *H. poeyi* y *Thalassoma bifasciatum*, contenían restos de ejemplares adultos de *D. antillarum* en sus estómagos, sin embargo existe uno de ellos que vive dentro de sus espinas. Dos gasterópodos, *Cassis madagascariensis*, *C. tuberosa* y la langosta espinosa *Panulirus aarhus* también son predadores de este erizo (Serafy, 1979). Entre algunos de sus comensales se conoce a el camarón *Periclimenes sp.*, al copépodo

*Siphonostome cyclopoide*, los cangrejos grápsidos del género *Perenon*, el poliqueto *Syndesmis antillarum*, la anémona *Aitapsia tagetes* y un anfípodo *Lysianassa* sp. Según Hendler *et al.*, (1995) más de 20 especies de peces son predadores de *D. antillarum*, dos de ellas son las más importantes y pueden remover más de 20,000 erizos por hectárea al año. Se conoce un parásito interno de *D. antillarum*, el turbelario *Syndisyrix antillarum* (Schroeder, 1962; Randall *et al.* 1964; Randall 1967; Snyder y Snyder, 1970; Serafy, 1979; Hoffman y Robertson, 1983; Robertson, 1987; Levitan y Genovese, 1989).

Numerosos invertebrados y algunos vertebrados se han encontrado asociados a *D. antillarum*, esto incluye crustáceos, camarones, misidos y copépodos (Randall *et al.*, 1964; Gooding, 1974) y pequeños peces de arrecife (Randall *et al.*, 1964). Recientes estudios incluyen al camarón blanco, *Tuleocaris neglecta* Chase; el cual se encuentra entre las espinas del erizo (Criales, 1984). Un parásito turbelario interno, *Syndisyrix antillarum* (Stunkard & Corliss).

#### **4.4.6. Uso de hábitat.**

No disponible.

#### **4.4.7. Ámbito hogareño.**

No disponible.

### **5. CATEGORÍA DE RIESGO.**

#### **5.1. Categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001**

Esta especie no tiene ninguna categoría de riesgo en dicha norma.

#### **5.2. Otras clasificaciones**

No se utilizó ninguna clasificación porque la especie no está en ninguna categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001.

#### **5.3. Factores de riesgo.**

Dado que habita principalmente en 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 llegarse a desarrollarse en o cerca de los ambientes marinos donde habita, por el creciente desarrollo turístico de las regiones que se encuentran al constante impacto y deterioro que causan las actividades humanas (Bravo *et al.*, 1999).

#### 5.4. Conservación.

Actualmente se encuentran algunas zonas donde habita esta especie dentro de las áreas naturales protegidas:

- Parque Nacional Natural de Tayrona y regiones aledañas (Lat. 11°20' N y Long. 74° 05' W) en el Atlántico Colombiano (Gallo, 1988).
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Veracruz, México, (pertenece a las áreas naturales protegidas de México) que consta de una superficie de 52,238 ha; situado en las coordenadas geográficas 19°03'00" a los 19°14'15" N y 95°47'36" a los 96°08'13" W (Diario Oficial, 1992).
- En el Caribe Mexicano hay zonas arrecifales que se encuentran declaradas como áreas naturales protegidas y son: los arrecifes de Punta Cancún y Nizuc (Gob. Fed. 1973), El Garrafón (Isla Mujeres), la costa Este de Isla Cozumel (Gob. Fed. 1980) y la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (Gob. Fed. 1986) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). Esta última reserva abarca 110 km de longitud y su desarrollo a lo largo de la costa es muy variable (Gutierrez *et al.*, 1993).

## FICHA TÉCNICA DE *Centrostephanus longispinus rubicingulus*.

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. Fotografía.

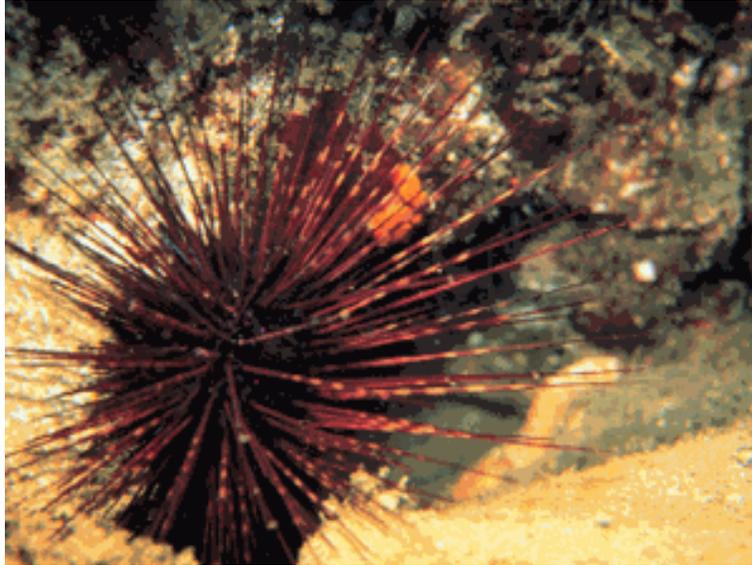


Figura 41. Vista aboral-lateral de *Centrostephanus longispinus rubicingulus* (Tomada de [www.horta.uac.pt/species/Echinodermata/Echinoidea/Centrostephanus\\_longispinis/Centrostephanus\\_longispinis.html](http://www.horta.uac.pt/species/Echinodermata/Echinoidea/Centrostephanus_longispinis/Centrostephanus_longispinis.html)).



Figura 42. *Centrostephanus longispinus rubicingulus*. A. Vista aboral, B. Vista oral, C. Vista aboral de la testa desnuda y D. Vista oral de la testa desnuda.

**1.2. Nombre de la especie.** *Centrostephanus longispinus rubicingulus* H. L. Clark, 1921  
*Centrostephanus rubicingulus* Clark, H. L., 1921: 108.  
*Centrostephanus rubicingulus* Clark, H. L., 1925: 52; Mortensen, 1940: 308; Clark, H. A., 1954: 374; Lewis, 1961: 53; Fell, 1975: 180.  
*Centrostephanus besnardi* Bernasconi, 1955a: 92; 1955b: 56; Brito, 1962: 5; 1968: 20; Tommasi, 1967: 10.  
*Centrostephanus longispinus rubicingulus* Serafy, 1979: 28.  
*Centrostephanus longispinus rubicingulus* Pawson y Miller, 1983: 4; Borrero y Benavides, 2004: 280.

**1.3. Categoría taxonómica** (Clark H. L., 1925, Durham y Melville, 1958, Smith, 1984<sup>b</sup>).

**1.3.1. Reino** Animalia

**1.3.2. Phylum** Echinodermata De Bruguíere, 1984

**1.3.3. Subphylum** Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895

**1.3.4. Clase** Echinoidea Leske, 1778

**1.3.5. Subclase** Euechinoidea Bronn, 1860

**1.3.6. Infraclase** Acroechinoidea Smith, 1981

**1.3.7. Cohorte** Diadematacea Duncan, 1889

**1.3.8. Orden** Diadematoida Duncan, 1889

**1.3.9. Familia** Diadematidae Gray, 1855

**1.3.10. Género** *Centrostephanus* Peters, 1855

**1.3.11. Especie** *Centrostephanus longispinus rubicingulus* H. L. Clark, 1921

**1.3.12. Lista de nombres comunes:** Erizo de mar. Español. México. Se le denomina igual que a *Diadema antillarum*, “erizo calentura” debido a la fiebre que puede provocar cuando una de sus espinas penetra en la piel humana; aunque los lugareños pueden diferenciar a ambas especies por las espinas bandeadas que presenta *C. longispinus rubicingulus* en los adultos y por el tamaño, ya que los adultos de *D. antillarum* son tres veces más grandes que *C. longispinus rubicingulus*.

## **1.4. Determinación.**

### **1.4.1. Colección de referencia**

Colección Nacional de Equinodermos Ma. Elena Caso Muñoz, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Apdo. Post. 70-305, México, D. F. 04510.

### **1.4.2. Catálogo nomenclatural (Sistema de clasificación taxonómica).**

- Clark, H. L. 1925. Catalogue of recent sea urchins. British Museum London. 52 pp.
- Durham, J. W. and R. V. Melville. 1958. A Classification of Echinoids, pp 175-188, Sobretiro de la Sección VII-Paleontología, Taxonomía y Evolución, Congreso Geológico Internacional, XX<sup>a</sup> Sesión, México, D. F. 1956.
- Smith, A. B. 1984<sup>b</sup>. 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, London, 190 p.

## **1.5. Descripción de la especie.**

### **1.5.1. Diagnosis.**

Espinas presentes en placas bucales. Testa baja, aplanada oral y aboralmente. Placas ambulacrales compuestas. Tubérculos primarios crenulados y perforados. Parte aboral de la testa casi desnuda. Espinas primarias huecas y con un patrón de coloración bandeado (Figs. 41 y 42) (Clark H. L., 1925; Serafy, 1979; Borrero y Benavides, 2004).

### **1.5.2. Descripción.**

Testa baja (menos del 50% del diámetro de la testa), aplanada oral y aboralmente. Placas ambulacrales compuestas. Tubérculos primarios crenulados y perforados; en la región ambulacral, los tubérculos son grandes, casi del mismo tamaño que los de las regiones interambulacrales y presentes en dos series regulares desde la parte oral hasta el ámbito. En los interambulacros, algunas veces uno de los tubérculos secundarios de la parte externa de cada placa incrementa considerablemente de tamaño para formar una serie longitudinal paralela a la serie primaria, observándose dos series horizontales en cada placa.

Parte aboral de la testa casi desnuda. Presenta espinas sobre las placas bucales. Espinas primarias huecas y con un patrón de coloración bandedado, rojo-café sobre blanco; espinas ambitales y suprambitales con una longitud de casi dos veces el diámetro de la testa. En ejemplares adultos (DT: >25 mm) las espinas pueden presentar bandas café sobre café claro o pueden ser de color negro uniforme. Testa de color amarillo-café uniforme (Mortensen, 1940; Pawson y Miller, 1983). Talla máxima registrada 38 mm DT ( Figs. 41 y 42) (Serafy, 1979; Borrero y Benavides, 2004).

## **2. DISTRIBUCIÓN.**

### **2.1. Distribución histórica estimada.**

No disponible.

#### **2.1.1. Localización geográfica de las localidades.**

No disponible.

#### **2.1.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.**

No disponible.

### **2.2. Distribución actual, con poblaciones aún presentes.**

Especie con distribución Atlántica: se ha registrado en San Petersburgo (Florida, U.S.A.) continuando de Miami y Florida, a través de las Antillas Mayores y Menores, Cuba (Suárez, 1974), pasando por Colombia hasta Venezuela, incluyendo el Golfo de México, hasta Brasil (Serafy, 1979; Pawson y Miller, 1983), alcanzando las aguas tropicales del Atlántico Sur (Turner y Graham, 2003).

En las costas del Golfo de México ha sido reportada por Vázquez-Bader (1988), Río Champotón en Campeche; Buitrón y Solís-Marín (1993: 222), costa Oriental Mexicana; Gutiérrez-Castro (1999: 41-43), Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche; Laguarda *et al.*, (2005: 73-76, 86-88), Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche en el Golfo de México. Se ha registrado para Veracruz en las Islas Santiaguillo e Isla Verde (datos del catálogo de la CNE).

### 2.2.1. Localización geográfica de las localidades.

Tabla 16. Localidades y coordenadas de los ejemplares recolectados en los diferentes estados de la costa Este de México del erizo *C. longispinus rubicingulus*; datos obtenidos de los registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, habiendo sido recopilados por diversos colectores en diferentes fechas.

Localidad	Latitud	Longitud
<b>EN MÉXICO:</b>		
<b>Veracruz:</b>		
El Puerto de Veracruz.	19° 10' 00"N	96° 10' 00" W
Arrecife de Isla Verde.	19° 12' 5"N	96° 04' 5" W
	19° 12' 06"N	96° 03' 51.5" W
Arrecife de Isla Santiaguillo.	19° 08' 30"N	95° 48' 40" W
<b>Campeche:</b>		
Aprox. a 240 km al noreste, frente a Ciudad del Carmen.	20° 48' 06"N.	92° 24' 00" W
<b>Yucatán:</b>		
Arox. A 195 km al norte, casi frente a Uhisabcab.	23° 04' 5"N	88° 34' 00" W

Tabla 17. Localidades en USA, Colombia y Venezuela donde se encuentra distribuida la especie *C. longispinus rubicingulus*.

Localidad	Latitud	Longitud
Daytona Beach, Florida, U.S.A.	28° 57.7'N	80° 06.5' W
Cape Canaveral, Florida, U.S.A.	28° 30.0'N	80° 10.4' W
	28° 29.6'N	80° 01.2' W
	28° 29.6'N	80° 06.5' W
	28° 29.5'N	80° 01.7' W
Satellite Beach, Florida, U.S.A.	28° 08.6'N	79° 59.6' W
Sebastián, Florida, U.S.A.	27° 50' 11.7"N	79° 57' 59.8" W
	27° 50' 02.4"N	79° 58' 08.3" W
	27° 49.7'N	79° 58.2' W
	27° 46' 07.7"N	79° 58' 10.5" W
	27° 46.0'N	79° 58.6' W
	27° 43.8'N	79° 58.4' W
	27° 43.8'N	79° 58.0' W
St. Lucie Inlet, Florida, U.S.A.	27° 12.5'N	79° 08.2' W
Caribe Colombiano, Colombia.	11° 23' 83" N	73° 27' 78" W
	11° 24' 04" N	73° 27' 62" W

Venezuela.	10° 57' 00" N	65° 52' 00" W
	11° 01' 48" N	65° 34' 12" W

### 2.2.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.



Figura 43. Mapa de distribución de *C. longispinus rubicingulus*.

### 2.2.3. Distribución batimétrica.

De 1 a 310 m, especie de la plataforma externa, aunque ocasionalmente pueda estar en la interna y alcanzar el talud (Serafy, 1979; Pawson y Miller, 1983)

## 3. AMBIENTE.

### 3.1. Macroclima.

Ambiente estrictamente marino.

### 3.2. Vegetación o tipo de ambiente.

Especie asociada a sustratos algales (*Lithothamnion* spp.) (Pawson y Miller, 1983).

### 3.3. Hábitat.

Habita zonas de escombros o remanentes de corales escleractinios (*Oculina varicosa*) muertos en áreas arrecifales. No se le ha observado en corales (*Oculina*) vivos,

por dos causas: la primera, porque una gran diversidad de peces se encuentran asociados a estos, lo que favorece la depredación de los juveniles de esta especie; y segundo, porque el tipo de alimentación de los pólipos de coral (suspensión), excluyen a las larvas de *C. longispinus rubicingulus*. Alternativamente la pérdida de un sustrato conveniente para la colonización y metamorfosis de las larvas de esta especie que viven en brazos de corales, puede limitar su reclutamiento. La comunidad de corales vivos proporcionan menor disponibilidad de espacio para los accesorios de las laminas foliales de las algas y de los organismos incrustantes, limitando así los recursos alimenticios potenciales para esta especie de erizo; las laminas foliales de las algas han sido reportadas donde se encuentran los corales o arrecifes de *Oculina* muertos. *C. longispinus rubicingulus* con frecuencia se encuentra en la cima o en los lados del coral muerto de *Oculina*, aunque las bases de estos arrecifes comúnmente se extienden a una profundidad de 100 m; este erizo se restringe a profundidades de 75-80 m, en aparente respuesta a distintas picnoclinas y termoclinas que ocurren a esa profundidad (Pawson y Miller, 1983).

#### **3.4. Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie.**

El principal problema que afecta a esta especie es el deterioro de su hábitat a causa de las actividades antropogénicas que puedan llegarse a desarrollar en o cerca de los ambientes marinos donde habita, por el creciente desarrollo turístico de las regiones que se encuentran al constante impacto y deterioro que causan las actividades humanas (Bravo *et al.*, 1999). Aunque los sistemas arrecifales son un ambiente de cambio constante por causas naturales, hay evidencias claras de impacto humano, que combinadas con fenómenos naturales, reducen la recuperación de los arrecifes. Siendo importante considerar de manera especial, aquellos arrecifes utilizados intensivamente, por su importancia económica local.

#### **3.5. Refugios.**

No disponible.

### **4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE.**

#### **4.1. Antecedentes del estado de la especie, en su caso, de las poblaciones principales.**

No disponible.

## **4.2. Historia de vida.**

Deuterostomados, enterocelomado, osmoconformadores, estenohalinos, bentónicos, y vágiles (Binyon, 1966; Fell y Moore, 1966; Melville y Durham, 1966; Smith, 1966; Ubaghs, 1978; Lawrence, 1987; Hendler *et al.*, 1995).

## **4.3. Relevancia de la especie.**

### Importancia ecológica.

La masa arrecifal es el resultado de un equilibrio dinámico entre procesos de construcción y destrucción que dependen del ciclo de vida de los organismos que constituyen la comunidad. Los caparazones de los especímenes muertos de esta especie, y el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) proporcionado por la testa contribuirá indirectamente en la constitución de la matriz arrecifal, en su formación y consolidación, ya que las algas zooxantelas que mantienen una simbiosis con los corales, actuarán en la fijación de carbono y depositación de carbonato de calcio que ha sido proporcionado por las testas de estos organismos (Hutchings, 1986).

## **4.4. Ecología poblacional.**

### **4.4.1. Tamaño poblacional.**

No disponible.

### **4.4.2. Demografía.**

Se han registrado densidades arriba de los 5 ind./m<sup>2</sup>. Comúnmente coexisten grandes poblaciones de erizos cidaroideos con esta especie, que alcanzan densidades arriba de los 80-100 ind./m<sup>2</sup> (Pawson y Miller, 1983).

#### **4.4.2.1. Categoría de edad, tamaño, estadio.**

No disponible.

#### **4.4.2.2. Proporción sexual.**

No disponible.

#### **4.4.2.3. Fecundidad.**

No disponible.

#### **4.4.2.4. Tasa de crecimiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.5. Reclutamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.6. Reproducción.**

El erizo de mar *Centrostephanus longispinus rubicingulus* es una especie dioica, y la fecundación es externa. Los machos presentan papilas genitales tubulares conspicuas que a diferencia de las hembras, poseen papilas cónicas cortas, mostrando un leve dimorfismo sexual (Pawson y Miller, 1983).

#### **4.4.2.7. Tasa de entrecruzamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.8. Fenología.**

No disponible.

#### **4.4.3. Alimentación.**

Según De Ridder y Lawrence, (1982) su dieta incluye organismos de cuerpo blando (plantas y animales), superficies duras (plantas, animales incrustantes o sedentarios que se encuentran en rocas o corales) o animales duros (corales, bivalvos), y sustratos blandos. Realizan migraciones para buscar alimento, lo que conlleva a consumir diversos tipos de alimento, así mismo cuando escasea algún tipo principal de alimento, incrementan su actividad de migración. Esta especie de equinoideo es funcionalmente herbívoro pero también es generalista y oportunista. La dieta varía de acuerdo a la localidad y a la estación. (Kier, 1975, De Ridder y Lawrence, 1982).

Esta especie cuando se alimenta es sumamente activa a la luz del día. Los adultos por lo regular habitan en escombros de coral, lo cual les proporciona poco refugio de los predadores, aunque los juveniles quizás reciben alguna protección mientras permanecen ocultos en los escombros (Pawson y Miller, 1983). Su alimentación está constituida por diferentes especies de algas rojas: *Searlesia subtropica*, *Apoglossum ruscifolium*, *Hypoglossum tenuifolium*, *Nitophyllum* sp, *Kallymenia limminghii* y *Leptofaucheia rhodymenioides* (Pawson y Miller, 1983). La presencia de poblaciones exitosas como estos erizos sugiere que también pueden consumir una gran variedad de alimentos como pequeños invertebrados, organismos incrustantes y algas presentes en el área.

#### **4.4.4. Conducta.**

Especie de fototactismo negativo. Un repentino incremento o decremento de la iluminación evoca una respuesta rápida de las espinas primarias que normalmente se

mueven incesantemente. Las espinas pequeñas claviformes son especialmente sensitivas a las variaciones de la intensidad de la luz. Bajo una luz artificial intensa de un iluminador de fibras ópticas, las espinas claviformes inicialmente se mueven vigorosamente y cesa el movimiento después de aproximadamente 10 minutos. La reducción de la intensidad de la luz reanuda los movimientos normales. Una mínima estimulación produce también rápidas respuestas o reflejos, presumiblemente de naturaleza defensiva (Pawson y Miller, 1983).

#### **4.4.5. Uso de hábitat.**

No disponible.

#### **4.4.6. Ámbito hogareño.**

No disponible.

### **5. CATEGORÍA DE RIESGO.**

#### **5.1. Categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001**

Esta especie no tiene ninguna categoría de riesgo en dicha norma.

#### **5.2. Otras clasificaciones**

No se utilizó ninguna clasificación porque la especie no está en ninguna categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001.

#### **5.3. Factores de riesgo.**

Dado que habita principalmente en 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 llegarse a desarrollarse en o cerca de los ambientes marinos donde habita, por el creciente desarrollo turístico de las regiones que se encuentran al constante impacto y deterioro que causan las actividades humanas.

#### **5.4. Conservación.**

Actualmente se encuentran algunas zonas donde habita esta especie dentro de las áreas naturales protegidas:

- Parque Nacional Natural de Tayrona y regiones aledañas (Lat. 11°20' N y Long. 74° 05' W) en el Atlántico Colombiano (Gallo, 1988).
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Veracruz, México, (pertenece a las áreas naturales protegidas de México) que consta de una superficie

de 52,238 ha; situado en las coordenadas geográficas 19°03'00" a los 19°14'15" N y 95°47'36" a los 96°08'13" W (Diario Oficial, 1992).

- En el Caribe Mexicano hay zonas arrecifales que se encuentran declaradas como áreas naturales protegidas y son: los arrecifes de Punta Cancún y Nizuc (Gob. Fed. 1973), El Garrafón (Isla Mujeres), la costa Este de Isla Cozumel (Gob. Fed. 1980) y la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (Gob. Fed. 1986) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). Esta última reserva abarca 110 km de longitud y su desarrollo a lo largo de la costa es muy variable (Gutierrez *et al.*, 1993).

## FICHA TÉCNICA DE *Echinometra lucunter lucunter*

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. Fotografía.



Figura 44. Vista aboral-lateral de *Echinometra lucunter lucunter* (Tomada de Hendler *et al.*, 1995).

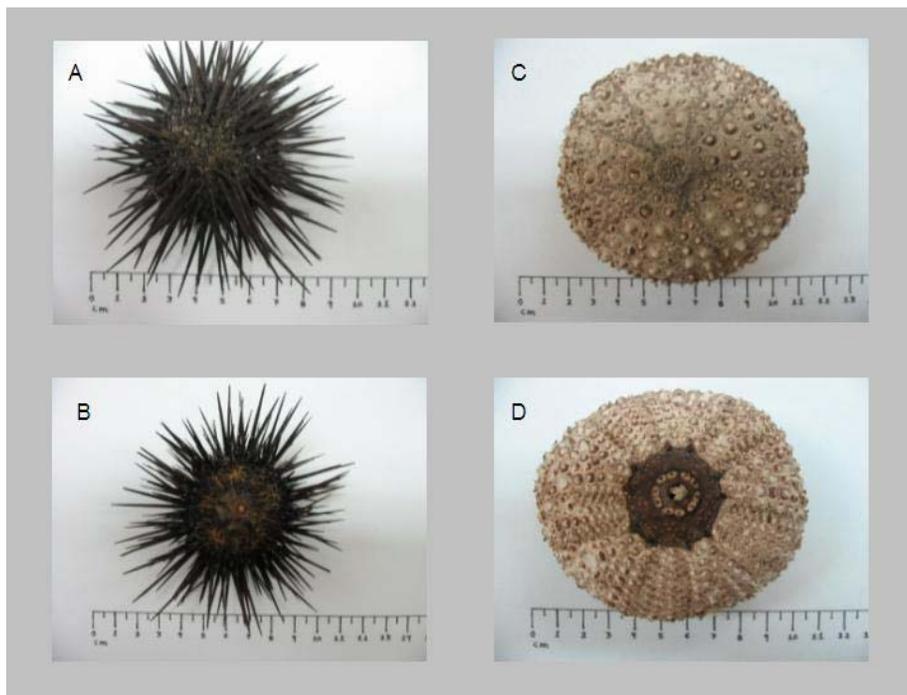


Figura 45. *Echinometra lucunter lucunter*. A. Vista aboral, B. Vista oral, C. Vista aboral de la testa desnuda y D. Vista oral de la testa desnuda.

**1.2. Nombre de la especie.** *Echinometra lucunter lucunter* (Linnaeus, 1758)

*Echinus lucunter* Linnaeus, 1758: 665; Say, 1825: 226; Blainville, 1825: 95.

*Cidaris lucunter* Leske, 1778: 107-109.

*Echinus maugei* Blainville, 1825: 93.

*Echinus lobatus* Blainville, 1825: 95.

*Echinometra lucunter* Gray, 1825: 427; A. Agassiz y Desor, 1846: 372; Lütken, 1863: 21; Lovén, 1887; Mortensen, 1933: 468; 1943: 357-368; 1951: 298; H. L. Clark, 1918: 34; Caso, 1953: 222; 1961: 338; Bernasconi, 1955: 51-78; Kier, 1975: 1-20; Worbis, 1986: 32-33; Gallo, 1988: 99-110.

*Echinometra lobata* Des Moulins, 1837: 108.

*Echinometra michelini* A. Agassiz y Desor, 1846: 373; A. Agassiz, 1863: 21.

*Heliocidaris mexicana* A. Agassiz y Desor, 1846: 372.

*Toxocidaris mexicana* Martens, 1865: 14.

*Echinometra subangularis* A. Agassiz, 1872-1874: 2-4.

*Echinometra lucunter lucunter* Hendler *et al.*, 1995: 222-225.

**1.3. Categoría taxonómica** (Durham y Melville, 1958, Smith, 1984<sup>b</sup>).

**1.3.1. Reino** Animalia

**1.3.2. Phylum** Echinodermata De Brugué, 1782

**1.3.3. Subphylum** Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895

**1.3.4. Clase** Echinoidea Leske, 1778

**1.3.5. Subclase** Euechinoidea Bronn, 1860

**1.3.6. Infraclase** Acroechinoidea Smith, 1981

**1.3.7. Cohorte** Echinacea Claus, 1876

**1.3.8. Superorden** Camarodonta Jackson, 1912

**1.3.9. Orden** Echinoidea Claus, 1876

**1.3.10. Familia** Echinometridae Gray, 1825

**1.3.11. Género** *Echinometra* Gray, 1825

**1.3.12. Especie** *Echinometra lucunter lucunter* (Linnaeus, 1758)

**1.3.13. Lista de nombres comunes:** Erizo de mar. Español. México. “Erizo negro”.

## **1.4. Determinación.**

### **1.4.1. Colección de referencia.**

Colección Nacional de Equinodermos Ma. Elena Caso Muñoz, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Apdo. Post. 70-305, México, D. F. 04510.

### **1.4.2. Catálogo nomenclatural (Sistema de clasificación taxonómica).**

- Durham, J. W. and R. V. Melville. 1958. A Classification of Echinoids, pp 175-188, Sobretiro de la Sección VII-Paleontología, Taxonomía y Evolución, Congreso Geológico Internacional, XX<sup>a</sup> Sesión, México, D. F. 1956.
- Smith, A. B. 1984<sup>b</sup>. 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, London, 190 p.

## **1.5. Descripción de la especie.**

### **1.5.1. Diagnósis.**

Caparazón delgado y alargado. Sistema apical generalmente con cinco o más tubérculos secundarios en cada placa genital u ocular. Mayor número de espinas en el sistema abactinal que *Echinometra viridis*, las cuales son de color rojo oscuro a negro, testa más grande con coloración negra a roja. Seis pares de arcoporos, rara vez cinco o siete situados por encima del ambitus; membrana actinal de color rojo brillante. Espinas primarias, por lo general, más cortas que el diámetro del caparazón. Aurículas robustas, con apéndices suplementarios, dispuestos verticalmente sobre sus extremos (Figs. 44 y 45) (Caso, 1961, Serafy, 1979, Gallo, 1988).

### **1.5.2. Descripción.**

Longitud promedio de la testa 23 mm, altura promedio de la testa: 15.5 mm, longitud promedio de las espinas primarias: 15 mm. Testa circular, con un ligero aplanamiento. Sistema apical generalmente con cinco o más tubérculos secundarios en cada placa genital u ocular. Las placas genitales son pequeñas, con grandes aberturas genitales. La placa madreporica excede en mucho a las otras placas genitales; placas oculares

pequeñas. Mamelones no prominentes, sin perforación en el centro. Periprocto cubierto por placas no formando una estrella definida, de nueve a diez placas rodean al ano. Peristoma prominente, cubierto por una membrana circular, cinco pares de pies bucales rodeados por manojos de pedicelarios globosos. Espinas primarias robustas, cónicas, largas, afiladas, estriadas longitudinalmente, de color café claro u oscuro, por lo general son más cortas que el diámetro del caparazón; en algunos ejemplares, la punta de las espinas primarias es de color más oscuro. Las espinas secundarias son finas, frágiles, con un aspecto semejante a las primarias, pero menores que la cuarta parte de ellas. Pedicelarios tridentes. Zonas ambulacrales muy angostas, en relación con las interambulacrales, con 6 a 7 pares de arcoporos, por encima del ambitus. Los poros son grandes y distantes. Cada placa ambulacral con un tubérculo primario. Zonas interambulacrales anchas, con dos hileras de tubérculos primarios laterales, dos hileras de tubérculos secundarios centrales y dos hileras externas que limitan las áreas. Área actinal grande, de forma pentagonal. Aurículas de gran tamaño, en forma de “T”, con anchas columnas unidas por un robusto reborde. Con grandes apéndices suplementarios sobre sus extremos distales (Figs. 44 y 45) (Caso, 1961, Bravo *et al.*, 1999).

## **2. DISTRIBUCIÓN.**

### **2.1. Distribución histórica estimada.**

No disponible.

#### **2.1.1. Localización geográfica de las localidades.**

No disponible.

#### **2.1.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.**

No disponible.

### **2.2. Distribución actual, con poblaciones aún presentes.**

Especie Atlántica distribuida en: las Escolleras de Isla Padre, Texas y Florida en U.S.A.; Cuba; las Bermudas; en el mar de las Antillas; Belice; (Caso, 1961); en las costas de Neguange, Punta de Betín, Chengue, Bahía Concha en Colombia (Gallo, 1988); Bahía de Mochima, Quetepe, Carúpano, Guaca, Playa Colorada, (Edo. Sucre), Cata (Edo. Aragua), Cabo de San Román (Edo. Falcón), Isla La Tortuga, Archipiélago Los Roques,

(Dependencia Federal), Puerto Cabello (Edo. Carabobo), Playa frente al aeropuerto de Maiquetía, Chichiriviche, Playa Grande, Punta de Tiburón, en Venezuela (Zoppi de Roa, 1967); San Sebastián, Desterro (Florianópolis), Ubatuba, Praia do Tenorio y litoral Norte del Estado de San Pablo en Brasil (Bernasconi, 1955b).

En las costas de México ha sido reportada por Caso (1948: 199-202), Veracruz; (1961: 271), Isla Sacrificios, Isla Verde, Isla Santiaguillo, Arrecife Hornos y Muelle de San Juan de Ulúa en Veracruz y Playa Norte en Campeche; (1979: 21-24), Laguna de Términos en Campeche; Gamboa (1978: 71-74), Arrecife La Blanquilla, de Tuxpam, Isla de Lobos y al Norte de la Barra del Río Cazones en Veracruz; Worbis (1986: 32-33), Barra de Cazones, Escolleras de Tuxpam, Isla de Lobos en Veracruz, Escolleras y Barra de Tampico, Escolleras de Altamira, Escolleras la Pesca, Playa y Escollera de Matamoros y Escolleras de Isla Padre en Tamaulipas; PEMEX y Secretaría de Marina (1987: 31, 34-36, 59), Isla Verde, Arrecife Anegada de Adentro en Veracruz; Buitrón y Solís-Marín (1993: 222), Costa Oriental Mexicana; Gutiérrez *et al.*, (1993: 790-793), Sistema Arrecifal Veracruzano en Veracruz; Sánchez-Domínguez (1993: 16-20), Isla de Enmedio en Veracruz; Vargas-Hernández *et al.*, (1993: 559-568), Sistema Arrecifal Veracruzano en Veracruz; Caso *et al.*, (1994: 72-73), Laguna de Términos en Campeche; Bravo, (1996), Puerto Morelos en Quintana Roo; Bravo *et al.*, (1999: 46-48, 53-54), Puerto Morelos en Quintana Roo; Gutiérrez-Castro (1999), Tamaulipas, Veracruz, Campeche y Quintana Roo; Solís-Marín *et al.*, (en preparación), Arrecife Hornos, Isla Sacrificios, Isla de Enmedio en Veracruz.

*Echinometra lucunter* se ha registrado para las Costas de la parte Oeste de África en la Isla Ascensión, Isla Santa Helena y a lo largo de la costa africana desde Dakar hasta Angola (Bernasconi, 1955b).

## 2.2.1. Localización geográfica de las localidades.

Tabla 18. Localidades y coordenadas de los ejemplares recolectados en los diferentes estados de la costa Este de México del erizo *E. lucunter lucunter*; datos obtenidos de los registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, habiendo sido recopilados por diversos colectores en diferentes fechas.

Localidad	Latitud	Longitud
<b>Tamaulipas:</b>		
Boca de Caballos, parte sur, en la orilla, Laguna Madre.	24° 17' 00" N	97° 42' 48" W
Escolleras de Matamoros.	24° 21' N	97° 40' W
<b>Veracruz:</b>		
Arrecife de Hornos.	19° 11' 371" N	96° 07' 399" W
	19° 11' 329" N	96° 07' 366" W
	19° 11' 397" N	96° 07' 271" W
Arrecife de Isla de Enmedio.	19° 06' 08" N	95° 56' 47" W
	19° 06' 114" N	95° 56' 261" W
	19° 06' 525" N	95° 56' 09" W
	19° 06' 164" N	95° 56' 149" W
Arrecife de Isla de Lobos.	21° 27' 48" N	97° 13' 32" W
	21° 28' 117" N	97° 13' 753" W
	21° 28' 977" N	97° 13' 911" W
Arrecife de Isla Sacrificios.	19° 10' 54" N	96° 56' 08" W
	19° 10' 485" N	96° 05' 435" W
Arrecife de Isla Sacrificios.	19° 10' 514" N	96° 05' 58" W
	19° 10' 589" N	96° 05' 578" W
	19° 17' 488" N	96° 09' 119" W
Arrecife de Isla Verde.	19° 12' 04" N	96° 04' 07.5" W
	19° 12' 04.5" N	96° 04' 06.4" W
Bajo de Tuxpan.	21° 30' N	96° 30' W
Barra Norte, Tuxpan, Escolleras.	21° 30' N	96° 45' W
Boca del Río.	19° 05' N	95° 50' W
Montepío de Veracruz.	18° 28' 31" N	95° 17' 58" W
Muelle de San Juan de Ulúa.	19° 05' N	95° 50' W
Parte Sur de la Barra Sur, Tuxpan.	21° 45' N	96° 47' W
Playa Norte.	19° 12' N	96° 07' W
Punta de Hornos.	19° 11' 15" N	96° 06' 45" W
Tuxpan.	21° 30' N	96° 45' W
Veracruz.	19° 05' N	95° 50' W
<b>Tabasco:</b>		
Escollera Oeste, Dos Bocas.	19° 03' N	93° 11' W
<b>Campeche:</b>		
Laguna de Términos, Boca de Puerto Real.	18° 47' N	91° 30' 50" W
Lerma Campeche	19° 50' N	90° 40' W
Ciudad del Carmen, Puerto Real.	18° 44' N	91° 30' 40" W
Camino a Bahamita, Isla del Carmen.	18° 39' N	91° 44' W

Entre Punta el Cayo y Punta la Manigua, Isla del Carmen.	18° 36' N	91° 40' W
<b>Quintana Roo:</b>		
1200 m al Sur a partir del muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 23.3" N	86° 53' 50.8" W
Al Sur de la zona arrecifal, Punta Brava, Puerto Morelos.	20° 48' 22.1" N	86° 54' 45.0" W
Banco Chinchorro.	18° 29' N	87° 20' W
Cozumel.	21° 50.6' N	86° 55.9' W
Embarcadero, Estación del ICML (UNAM), Puerto Morelos.	20° 52' 02.7" N	86° 52' 00.9" W
En el muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 42.8" N	86° 53' 19.1" W
En la periferia del muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 46.3" N	86° 53' 18.5" W
Entre el ICML (UNAM) y Rodman, cerca del arrecife.	20° 52' 16.2" N	86° 51' 52.5" W
Frente a la Escuela Técnica Pesquera, Puerto Morelos.	20° 50' 36" N	86° 52' 22" W
Frente a Pelicanos, Puerto Morelos.	20° 57' 37" N	86° 50' 00" W
Frente al Hotel Caribe Reef Maya y casitas de colores.	20° 54' 05" N	86° 50' 29" W
Frente al Hotel Hacienda, Puerto Morelos.	20° 50' 40.5" N	86° 52' 32" W
Frente al Hotel Villa Marina, Puerto Morelos.	20° 51' 03.3" N	86° 52' 20" W
Isla Mujeres, Frente al Hotel Brisas del Caribe.	21° 20' N	87° 55' W
Lado Sur de Punta Maroma , Puerto Morelos.	20° 43' 13.2" N	86° 58' 14.5" W
Punta Molas o Punta Norte de Cozumel.	21° 50.6' N	86° 55.9' W

Tabla 19. Localidades de Florida, donde se encuentra distribuida la especie *E. lucunter lucunter*.

<b>Localidad</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Big Pine Key, Florida Keys, Oceano Atlantico.	27° 30' N	79° 10' W

### 2.2.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.



Figura 46. Mapa de distribución de *E. lucunter lucunter*.

### 2.2.3. Distribución batimétrica.

De 0 a 45 m (Caso, 1961; Serafy, 1979).

## 3. AMBIENTE.

### 3.1. Macroclima.

Ambiente estrictamente marino.

### 3.2. Vegetación o tipo de ambiente.

Especie asociada a praderas de pasto marino (*Thalassia testudinum*) (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

### 3.3. Hábitat.

Habita principalmente en sustratos duros como roca y coral, ya sea en rocas costeras o en los arrecifes de coral, dentro de los arrecifes se pueden localizar en las zonas de corales o en las zonas rocosas, aunque también se les encuentra asociados a sustratos arenosos-rocosos. En los arrecifes de coral es muy común localizarlos en zonas de alta energía (con gran oleaje) y con menos frecuencia en la laguna. Se les denomina erizos “taladradores de roca” porque viven en oquedades hechas por ellos mismos en dichos

sustratos. (Mortensen, 1943b; Caso, 1961; Stephenson y Stephenson, 1972; Kier, 1975; Gallo, 1988; Brattström, 1992; McGehee, 1992; Hendler *et al.*, 1995; Bravo *et al.*, 1999).

### **3.4. Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie.**

Aunque los sistemas arrecifales son un ambiente de cambio constante por causas naturales, hay evidencias claras de impacto humano, que combinadas con fenómenos naturales, reducen la recuperación de los arrecifes. Siendo importante considerar de manera especial, aquellos arrecifes utilizados intensivamente, por su importancia económica local. En general no podemos afirmar que alguna especie coralina se encuentre en peligro de extinción, pero datos recientes de determinación de metales pesados en corales escleractinios en el SAV, revelan concentraciones muy altas, principalmente de plomo, aunque el deterioro ambiental de algunos ecosistemas arrecifales es notorio y ha llevado a tomar medidas precautorias para impedir su avance. Tal es el caso de Isla Sacrificios (arrecife perteneciente al SAV, situado frente al Puerto de Veracruz), que se encuentra protegido y se impide el acceso al mismo desde 1982 (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

### **3.5. Refugios.**

No disponible.

## **4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE.**

### **4.1. Antecedentes del estado de la especie, en su caso, de las poblaciones principales.**

No disponible.

### **4.2. Historia de vida.**

Deuterostomados, enterocelomado, osmoconformadores, estenohalinos, bentónicos, y vágiles (Binyon, 1966; Fell y Moore, 1966; Melville y Durham, 1966; Smith, 1966; Ubaghs, 1978; Lawrence, 1987; Hendler *et al.*, 1995).

### **4.3. Relevancia de la especie.**

#### Importancia zoogeográfica.

Esta especie es de considerable interés desde el punto de vista zoogeográfico, ya que junto con *Diadema antillarum* y *Tripneustes ventricosus* señalan las estrechas relaciones entre la región de Guinea y la región de las Antillas (Caso, 1961).

### Importancia ecológica.

*E. lucunter lucunter* representa un papel muy importante para determinar comunidades biológicas y facies bionómicas, ya que reúne las características esenciales como especie dominante y definidor de dichos aspectos; ya que es una especie típica en los arrecifes del SAV, Ver., porque se presenta un gran número de estos especímenes o bien son abundantes en un sustrato o fondo característico, que en este caso son las zonas rocosas de los arrecifes, aparte son organismos sedentarios o bien vágiles, se agrupan en bancos compactos homogéneos, y presentan una euritermia relativa, propiedad que permite que no les afecte la acción de las estaciones, presentan una distribución batimétrica bien definida, lo que hace que desempeñen un papel fundamental en la clasificación de los fondos marinos y se les localiza fácilmente a los ejemplares (Caso, 1978b).

Un gran número de especímenes de *E. lucunter lucunter* bioerosionan considerablemente, el rango de erosión de los sustratos de coral en las Islas Virgínicas son atribuibles a estas especies, y es de 3.9 kg/m<sup>2</sup> por año; en las Bermudas es de 7.0 kg/m<sup>2</sup> por año; y en Barbados es de 24 grs./ind./año (Ogden, 1977; Hoskin y Reed, 1985)

### Bioindicadores.

Los individuos de esta especie acumulan cierta cantidad de metales pesados en las gónadas, testa, espinas, y en la linterna, reflejando el grado de contaminación del ambiente al que ellos son expuestos. Pueden reflejar la contaminación por hierro y mercurio en sus gónadas y en sus partes duras. Estas especies son resistentes al estrés físico, causado por factores que incrementan la temperatura y la salinidad (Ablanado *et al.*, 1990; Hendler, 1977).

### Importancia paleontológica.

Estas especies son fácilmente fosilizadas por lo tanto es muy probable que no reflejen un rango geográfico, pero si pueden funcionar como fósiles índice (Donovan y Jones, 1994; Hendler *et al.*, 1995).

## **4.4. Ecología poblacional.**

### **4.4.1. Tamaño poblacional.**

No disponible.

#### **4.4.2. Demografía.**

En el Golfo de Cariaco en Venezuela se reportan densidades de al menos 11 ind./m<sup>2</sup> en algunas áreas y 129 ind./ m<sup>2</sup> en otras (Pompa *et al.*, 1990; Greenstein, 1993).

##### **4.4.2.1. Categoría de edad, tamaño, estadio.**

No disponible.

##### **4.4.2.2. Proporción sexual.**

No disponible.

##### **4.4.2.3. Fecundidad.**

No disponible.

##### **4.4.2.4. Tasa de crecimiento.**

No disponible.

##### **4.4.2.5. Reclutamiento.**

No disponible.

##### **4.4.2.6. Reproducción.**

El erizo de mar *Echinometra lucunter lucunter* es una especie dioica con fecundación externa. En Florida esta especie lleva a cabo su ciclo reproductivo en verano. En un estudio de incompatibilidad gamética, esta especie y *E. viridis* mantienen la integridad genética, después de aislarlos gaméticamente. El proceso de fertilización y de desarrollo se ve afectado por sulfato ferroso, por hipoclorito de sodio y por reducción de la salinidad. Según estudios de la citología y la histoquímica de las gónadas de *E. lucunter lucunter*, el desove toma 15 minutos por individuo. La larva típica (*equinopluteus*) de *E. lucunetr lucunter* lleva a cabo una extraña metamorfosis, dando lugar a un juvenil (Mortensen, 1921; Tennent *et al.*, 1931; McPherson, 1969; Petersen y Almeida, 1976; Muñoz y Ellies, 1982; Lessios y Cunningham, 1990; Pearse y Cameron, 1991).

##### **4.4.2.7. Tasa de entrecruzamiento.**

No disponible.

##### **4.4.2.8. Fenología.**

No disponible.

#### **4.4.3. Alimentación.**

Esta especie de equinoideo es funcionalmente herbívoro pero también es generalista y oportunista; su dieta incluye organismos de cuerpo blando (algas y animales), superficies

duras (algas calcáreas, animales incrustantes o sedentarios que se encuentran en rocas o corales sedimentos carbonatados) o animales duros (corales, bivalvos). Aunque el alimento principal son las algas. De las algas que se ubican en las superficies de las rocas y que son consumidas por este erizo, se encuentran los géneros *Thalassia*, *Dictyota*, *Amphiroa*, *Cladophora*, *Laurencia*. Realizan migraciones para buscar alimento, lo que conlleva a consumir diversos tipos de alimento, así mismo cuando escasea algún tipo principal de alimento, incrementan su actividad de migración. La dieta puede variar de acuerdo a la localidad y a la estación (McPherson, 1969; Ogden, 1976; De Ridder y Lawrence, 1982; Hendler *et al.*, 1995).

#### **4.4.4. Conducta.**

Esta especie presenta fototactismo negativo, es de hábitos nocturnos, el erizo se mueve durante la noche y usualmente retorna a su madriguera. Presenta interacciones sociales. Los organismos que habitan las grietas no permiten que otros estén cerca esto debido a la agresividad de erizo, y a una sustancia o extracto químico que es específico y que comparte con sus congéneres (Abbott *et al.*, 1974; Grunbaum *et al.*, 1978; Parker y Shulman, 1986).

#### **4.4.5. Uso de hábitat.**

No disponible.

#### **4.4.6. Ámbito hogareño.**

Cuando este erizo deja su madriguera regresa a ella posteriormente (Hendler *et al.*, 1995).

#### **4.4.7. Predadores, parásitos y asociaciones.**

Dentro de los predadores para *E. lucunter lucunter* están las aves, algunos moluscos y peces, incluyendo al pez tigre. Entre los organismos que parasitan a esta especie está el eulímido gasterópodo *Monogamus minibulla*, un umagílido turbelario, *Syndisyrix collongistyla* (en el intestino de especímenes de Jamaica); el gusano, *S. evelinae*, (en especímenes de St. Barthelemy) y algunos protozoarios. También presentan asociaciones con peces gobéidos, cangrejos porcelánidos, y algunos ofiuroideos (ofiotríquidos) los cuales viven entre las espinas de *E. lucunter lucunter* (Mortensen, 1943b; Abbott *et al.*, 1974; Hendler, 1977; Schneider, 1985; Ware'n y Moolenbeek, 1989; Hertel *et al.*, 1990; Schoppe, 1991).

## **5. CATEGORÍA DE RIESGO.**

### **5.1. Categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001**

Esta especie no tiene ninguna categoría de riesgo en dicha norma.

### **5.2. Otras clasificaciones**

No se utilizó ninguna clasificación porque la especie no está en ninguna categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001.

### **5.3. Factores de riesgo.**

Dado que habita principalmente en 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 llegarse a desarrollarse en o cerca de los ambientes marinos donde habita, por el creciente desarrollo turístico de las regiones que se encuentran al constante impacto, el deterioro que causan las actividades humanas y la comercialización de la testa desnuda para la elaboración de diversos souvenirs o solamente desnuda como adorno de la especie de erizo *E. lucunter lucunter*, en el Puerto de Veracruz, México (Vargas-Hernández *et al.*, 1994).

### **5.4. Conservación.**

Actualmente se encuentran algunas zonas donde habita esta especie dentro de las áreas naturales protegidas:

- Parque Nacional Natural de Tayrona y regiones aledañas (Lat. 11°20' N y Long. 74° 05' W) en el Atlántico Colombiano (Gallo, 1988).
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Veracruz, México, (pertenece a las áreas naturales protegidas de México) que consta de una superficie de 52,238 ha; situado en las coordenadas geográficas 19°03'00" a los 19°14'15" N y 95°47'36" a los 96°08'13" W (Diario Oficial, 1992).
- En el Caribe Mexicano hay zonas arrecifales que se encuentran declaradas como áreas naturales protegidas y son: los arrecifes de Punta Cancún y Nizuc (Gob. Fed. 1973), El Garrafón (Isla Mujeres), la costa Este de Isla Cozumel (Gob. Fed. 1980) y la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (Gob. Fed. 1986) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). Esta última reserva abarca 110 km de longitud y su desarrollo a lo largo de la costa es muy variable (Gutierrez *et al.*, 1993).

## FICHA TÉCNICA DE *Echinometra viridis*

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. Fotografía.



Figura 47. Vista lateral de *Echinometra viridis* (Tomada de Hendler *et al.*, 1995).

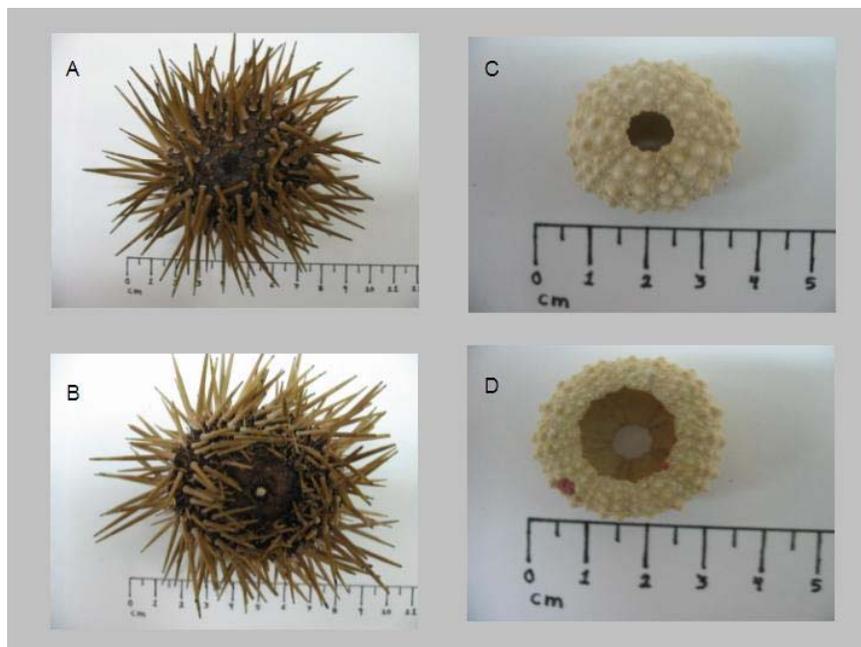


Figura 48. *Echinometra viridis*. A. Vista aboral, B. Vista oral, C. Vista aboral de la testa desnuda y D. Vista oral de la testa desnuda.

**1.2. Nombre de la especie.** *Echinometra viridis* A.Agassiz, 1863

*Echinometra plana* A. Agassiz, 1863: 21

*Echinometra michelini* Lütken, 1863: 91.

*Echinometra viridis* A. Agassiz, 1863: 22; 1869: 261; Galtsoff, 1954: 373-410; Kier, 1975: 17; Gamboa, 1978: 75-76; Serafy, 1979: 57; Worbis, 1986: 34-35; Gallo, 1988: 99-110; Hendler *et al.*, 1995: 210-213.

**1.3. Categoría taxonómica** (Durham y Melville, 1958, Smith, 1984<sup>b</sup>).

**1.3.1. Reino** Animalia

**1.3.2. Phylum** Echinodermata De Bruguère, 1984

**1.3.3. Subphylum** Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895

**1.3.4. Clase** Echinoidea Leske, 1778

**1.3.5. Subclase** Euechinoidea Bronn, 1860

**1.3.6. Infraclase** Acroechinoidea Smith, 1981

**1.3.7. Cohorte** Echinacea Claus, 1876

**1.3.8. Superorden** Camarodonta Jackson, 1912

**1.3.9. Orden** Echinoida Claus, 1876

**1.3.10. Familia** Echinometridae Gray, 1825

**1.3.11. Género** *Echinometra* Gray, 1825

**1.3.12. Especie** *Echinometra viridis* A.Agassiz, 1863

**1.3.13. Lista de nombres comunes:** Erizo de mar. Español. México. Se le confunde con *Echinometra lucunter lucunter* y por ello también le llaman erizo negro.

**1.4. Determinación.**

**1.4.1. Colección de referencia.**

Colección Nacional de Equinodermos Ma. Elena Caso Muñoz, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Apdo. Post. 70-305, México, D. F. 04510.

#### **1.4.2. Catálogo nomenclatural (Sistema de clasificación taxonómica).**

- Durham, J. W. and R. V. Melville. 1958. A Classification of Echinoids, pp 175-188, Sobretiro de la Sección VII-Paleontología, Taxonomía y Evolución, Congreso Geológico Internacional, XX<sup>a</sup> Sesión, México, D. F. 1956.
- Smith, A. B. 1984<sup>b</sup>. 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, London, 190 p.

#### **1.5. Descripción de la especie.**

##### **1.5.1. Diagnósis.**

Testa elíptica de color pardo o negra, con dos hileras de tubérculos grandes en cada ambulacro e interambulacro, cinco pares de arcoporos, ocasionalmente seis; sistema apical con sólo uno o dos tubérculos en cada placa genital y ocular. Espinas fuertes y fuertemente puntadas de color claras o verdes con la punta violeta, azul o gris, base de la espina con un anillo de color blanco o amarillo (Figs. 47 y 48) (Serafy, 1979, Gallo, 1988, Hendler *et al.*, 1995; Bravo, 1996, Bravo *et al.*, 1999).

##### **1.5.2. Descripción.**

Longitud promedio de la testa: 14 mm, altura promedio de la testa: 9 mm, longitud promedio de las espinas primarias: 10 mm. Testa circular, con un ligero aplanamiento. Mamelones no prominentes, sin perforación en el centro. Sistema apical con sólo uno o dos tubérculos en cada placa genital y ocular. Periprocto cubierto por placas formando una estrella, seis placas rodean al ano. Peristoma cubierto por una membrana con cinco pares de pies bucales rodeados por manojos de pedicelarios globulosos. Zona bucal prominente. Linterna de Aristóteles constituida por cinco dientes de ápices muy aparentes. Espinas largas, afiladas, estriadas longitudinalmente, de color verde y café en la porción inicial y media, y negro en las puntas. Pedicelarios tridentes (Figs. 47 y 48) (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

## 2. DISTRIBUCIÓN.

### 2.1. Distribución histórica estimada.

No disponible.

#### 2.1.1. Localización geográfica de las localidades.

No disponible.

#### 2.1.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.

No disponible.

### 2.2. Distribución actual, con poblaciones aún presentes.

Especie Atlántica distribuida en: Florida en U.S.A.(Caso, 1961); Cuba; Belice; (Caso, 1961; Agassiz, 1863); las costas de Neguange, Punta de Betín, Chengue, Bahía Concha, Cinto en Colombia (Gallo, 1988); Chichiriviche (Edo. Falcón), Archipiélago Los Roques (Dependencia Federal) en Venezuela (Zoppi de Roa, 1967).

En las costas de México ha sido reportada por Gamboa (1978: 75-78), Arrecife de Tuxpam e Isla de Lobos en Veracruz; Serafy (1979: 108), Yucatán; Worbis (1986: 34-35), Isla de Lobos en Veracruz; PEMEX y Secretaría de Marina (1987: 31, 34-36, 59), Isla Verde, Arrecife Anegada de Adentro en Veracruz; Gutiérrez *et al.*, (1993: 790-793), Sistema Arrecifal Veracruzano en Veracruz; Sánchez-Domínguez (1993: 16-20), Isla de Enmedio en Veracruz; Vargas-Hernández *et al.*, (1993), Sistema Arrecifal Veracruzano en Veracruz; Bravo (1996: 18-19), Puerto Morelos en Quintana Roo; Bravo *et al.*, (1999: 46-48, 52), Puerto Morelos en Quintana Roo; Gutiérrez-Castro (1999) Veracruz, Yucatán y Quintana Roo; Solís-Marín *et al.*, (en preparación), Isla Sacrificios, Isla de Enmedio en Veracruz.

#### 2.2.1. Localización geográfica de las localidades.

Tabla 20. Localidades y coordenadas de los ejemplares recolectados en los diferentes estados de la costa Este de México del erizo *E. viridis*; datos obtenidos de los registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, habiendo sido recopilados por diversos colectores en diferentes fechas.

Localidad	Latitud	Longitud
<b>Veracruz:</b>		
Arrecife Anegada de Afuera.	19° 13' 42" N	96° 03' 45" W

Arrecife de Isla de Enmedio.	19° 06' 63" N	95° 56' 08" W
	19° 06' 08" N	95° 56' 47" W
Arrecife de Isla de Lobos.	21° 27' 48" N	97° 13' 32" W
Arrecife de Isla Sacrificios.	19° 10' N	96° 05' W
	19° 10' 54" N	96° 56' 08" W
Arrecife de Isla Santiaguillo.	19° 08' 30" N	95° 48' 40" W
Arrecife de Isla Verde.	19° 12' 04" N	96° 04' 07.5" W
	19° 12' 04" N	96° 04' 07.5" W
Playa Escondida.	19° 10' N	96° 10' W
<b>Quintana Roo:</b>		
1200 m.al Sur, a partir del muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 23.3" N	86° 59' 50.8" W
2do salidero de Punta Petempich, lado Norte, Puerto Morelos.	20° 56' 48.8" N	86° 49' 25.8" W
Al Norte de Bahía Ascensión, en el arrecife.	21° 50.6' N	86° 55.9' W
Al Sur de Isla Contoy.	21° 55' N	87° 10' W
Boca Chica, Puerto Morelos.	20° 52' 25.4" N	86° 51' 7.4" W
Bocana Grande, Puerto Morelos.	20° 52' 42" N	86° 50' 50" W
Cerca del muelle del ICML, Puerto Morelos.	20° 52' 02.7" N	86° 52' 00.9" W
El Canal, frente a Rodman, Puerto Morelos.	20° 52' 25" N	86° 51' 06" W
En el muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 42.8" N	86° 53' 19.1" W
En la periferia del muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 46.3" N	86° 53' 18.5" W
Entre el ICML y Rodman, cerca del arrecife, Puerto Morelos.	20° 52' 16.2" N	86° 51' 52.5" W
Frente a la Ceiba, Puerto Morelos.	20° 51' 00.4" N	86° 52' 19.9" W
Frente a la Escuela Técnica Pesquera, Puerto Morelos.	20° 50' 36.0" N	86° 52' 22.2" W
Frente a la Estación del ICML (UNAM), por afuera del arrecife, Puerto Morelos.	20° 51' 31.7" N	86° 51' 08.1" W
Frente a la Estacion del ICML (UNAM), Puerto Morelos.	20° 51' 50" N	86° 51' 30" W
Frente a la Secundaria Técnica, Puerto Morelos.	20° 50' 30" N	86° 52' 05" W
Frente a Pelicanos, Puerto Morelos.	20° 57' 37" N	86° 50' 00" W
Frente a Rodman, Puerto Morelos.	20° 52' 28" N	86° 51' 06" W
Frente a Turismo, Puerto Morelos.	20° 53' 25" N	86° 51' 30" W
Frente a Villamarina, Puerto Morelos.	20° 52' 28" N	86° 51' 06" W
Frente a Villas Marinas, Puerto Morelos.	20° 52' 34" N	86° 51' 29" W
Frente al muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 43" N	86° 53' 19.1" W
Frente al Ojo de Agua, Puerto Morelos.	20° 51' 0.4" N	86° 52' 19.9" W
Frente a Rodman, detrás del arrecife, Bocana Chica, Puerto Morelos.	20° 52' 28.5" N	86° 51' 02.5" W
Fuera de la Bocana, Puerto Morelos.	20° 52' 52" N	86° 51' 05" W
Isla Mujeres.	21° 20' N	87° 55' W
La Antena, Puerto Morelos.	20° 52' 40" N	86° 51' 45" W
La Bocana, Puerto Morelos.	20° 52' 50" N	86° 50' 35" W
La Ceiba, Puerto Morelos.	20° 51' 390" N	86° 51' 786" W
Lado Sur de Punta Brava, Puerto Morelos.	20° 48' 22.1" N	86° 54' 45.0" W
Lado Sur de Punta Maroma, Puerto Morelos.	20° 43' 13.2" N	86° 58' 14.5" W
Mahahual.	18° 43' 6.7" N	87° 42' 20.6" W
Muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 43" N	86° 53' 20.8" W
Punta Caracol, Puerto Morelos.	20° 53' 35" N	86° 51' 18" W
	20° 53' 46.2" N	86° 50' 41.5" W
Punta Molas o Punta Norte de Cozumel.	21° 50.6' N	86° 55.9' W
Punta nizuc, despues del arrecife, Puerto Morelos.	21° 01' 25" N	86° 46' 45" W

### 2.2.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.

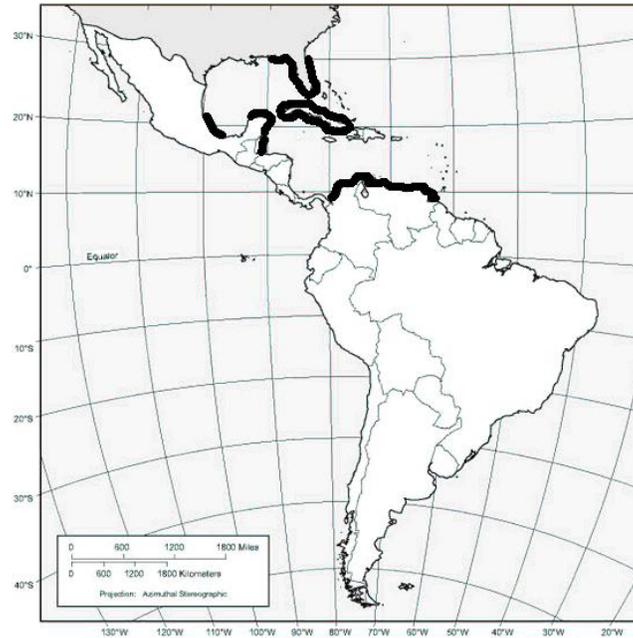


Figura 49. Mapa de distribución de *E. viridis*.

### 2.2.3. Distribución batimétrica.

De 0 a 40 m (Serafy, 1979).

## 3. AMBIENTE.

### 3.1. Macroclima.

Ambiente estrictamente marino.

### 3.2. Vegetación o tipo de ambiente.

Asociada a praderas de pasto marino (*Thalassia testudinum*) (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

### 3.3. Hábitat.

Especie habitante de sustratos duros como: cabezas coral, arenoso-rocosos, en estos sustratos se le observa encima o en madrigueras de poca profundidad; también se le ha registrado cubiertos con material carbonatado, a una profundidad promedio de 2 m (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999). En el Sistema Arrecifal Veracruzano es muy común observar a

estos erizos en gran número en nichos de corales, particularmente en camas de coral en la zona de barloventos. Se encuentra asociada al coral *Acropora cervicornis* (Gutiérrez *et al.*, 1993). *Echinometra viridis* habita las grietas de los corales de los arrecifes, usualmente en manchones de pasto marino; es de hábitos mas bien crípticos debido a que no resiste las turbulencias y la presencia de los depredadores y es muy común en aguas poco profundas (McGehee, 1992; Hendler *et al.*, 1995).

### **3.4. Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie.**

Aunque los sistemas arrecifales son un ambiente de cambio constante por causas naturales, hay evidencias claras de impacto humano, que combinadas con fenómenos naturales, reducen la recuperación de los arrecifes. Siendo importante considerar de manera especial, aquellos arrecifes utilizados intensivamente, por su importancia económica local. En general no podemos afirmar que alguna especie coralina se encuentre en peligro de extinción, pero datos recientes de determinación de metales pesados en corales escleractinios en el SAV, revelan concentraciones muy altas, principalmente de plomo, aunque el deterioro ambiental de algunos ecosistemas arrecifales es notorio y ha llevado a tomar medidas precautorias para impedir su avance. Tal es el caso de Isla Sacrificios (arrecife perteneciente al SAV, situado frente al Puerto de Veracruz), que se encuentra protegido y se impide el acceso al mismo desde 1982 (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

### **3.5. Refugios.**

No disponible.

## **4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE.**

### **4.1. Antecedentes del estado de la especie, en su caso, de las poblaciones principales.**

No disponible.

### **4.2. Historia de vida.**

Deuterostomados, enterocelomado, osmoconformadores, estenohalinos, bentónicos, y vágiles (Binyon, 1966; Fell y Moore, 1966; Melville y Durham, 1966; Smith, 1966; Ubaghs, 1978; Lawrence, 1987; Hendler *et al.*, 1995).

### **4.3. Relevancia de la especie.**

#### Importancia ecológica.

La masa arrecifal es el resultado de un equilibrio dinámico entre procesos de construcción y destrucción que dependen del ciclo de vida de los organismos que constituyen la comunidad. Los caparazones de los especímenes muertos de esta especie, y el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) proporcionado por la testa contribuirá indirectamente en la constitución de la matriz arrecifal, en su formación y consolidación, ya que las algas zooxantelas que mantienen una simbiosis con los corales, actuarán en la fijación de carbono y depositación de carbonato de calcio que ha sido proporcionado por las testas de estos organismos (Hutchings, 1986).

#### Importancia paleontológica.

Se han reportado especímenes fósiles de *E. viridis* para formaciones del Pleistoceno, en Jamaica (Donovan y Jones, 1994).

### **4.4. Ecología poblacional.**

#### **4.4.1. Tamaño poblacional.**

No disponible.

#### **4.4.2. Demografía.**

En el cayo de “Carrie Bow” en Belice, en la zona de barloventos presentaron una densidad de aproximadamente de 10 ind./m<sup>2</sup> (Kier 1975). En arrecifes de Panama se registraron densidades de al menos 50 ind./m<sup>2</sup> en los corales. En los arrecifes de Florida se reportaron densidades de 21 ind./m<sup>2</sup>. En Discovery Bay, Jamaica se notaron densidades de 50 ind./m<sup>2</sup> en los corales de los arrecifes (MaPherson, 1969; Sammarco, 1982a; Lessios, 1985; Hendler *et al.*, 1995).

##### **4.4.2.1. Categoría de edad, tamaño, estadio.**

No disponible.

##### **4.4.2.2. Proporción sexual.**

No disponible.

##### **4.4.2.3. Fecundidad.**

No disponible.

##### **4.4.2.4. Tasa de crecimiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.5. Reclutamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.6. Reproducción.**

El erizo de mar *Echinometra viridis* es una especie dioica, la fecundación es externa, de desarrollo indirecto, dando lugar a una larva característica (equinopluteus), para después sufrir una metamorfosis y dar lugar al juvenil. El poro genital en los individuos es de 12 mm de largo indicando una madurez sexual. En las Bahías de Florida y en Puerto Rico, esta especie, desova en un ciclo reproductivo anual, en las Bahías de Florida este evento ocurre entre Abril a Diciembre, durante la temporada de lluvias, la población puede o no correlacionarse con el ciclo lunar (Mortensen, 1943b; Lessios, 1981, 1985, 1991; Cameron, 1986).

#### **4.4.2.7. Tasa de entrecruzamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.8. Fenología.**

No disponible.

#### **4.4.3. Alimentación.**

Su dieta incluye organismos de cuerpo blando (plantas y animales), superficies duras (plantas o animales incrustantes o sedentarios que se encuentran en rocas o corales) o animales duros (corales, bivalvos). Realiza migraciones para buscar alimento, lo que le conlleva a consumir diversos tipos de alimento, así mismo cuando escasea algún tipo principal de alimento, incrementan su actividad de migración. Esta especie de equinoideo es herbívoro pero también es generalista y oportunista, en un análisis del contenido estomacal se halló: glóbulos de masa calcárea (sedimentos de carbonato de calcio), predominantemente algas y sedimentos carbonatados. La dieta varía de acuerdo a la localidad y a la estación (De Ridder y Lawrence, 1982; Hendler *et al.*, 1995).

#### **4.4.4. Conducta.**

Presenta fototactismo negativo por lo que generalmente se le localiza en grietas de los corales de los arrecifes, también se le ha observado en manchones de pasto marino; es de hábitos más bien crípticos aparte de su poca tolerancia a la luz, también porque no resiste las turbulencias y la presencia de los depredadores. En estudios realizados con respuestas químicas, se reportó que *E. viridis* se mueve de los refugios debido a la

presencia de extractos químicos que producen otras especies de erizos. Los individuos de esta especie que residen en alguna madriguera reaccionan agresivamente ante la introducción de otras especies de erizos o de sus mismos congéneres; por ejemplo *D. antillarum* (Hendler *et al.*, 1995). Y también se ha visto que individuos de *E. viridis* en algunos lugares remueven a *D. antillarum* de sus áreas debido al incremento de su densidad poblacional por migración, y a su vez remueven al pez damisela por la misma causa, en tan solo tres días. Esta especie es relativamente resistente al estrés físico causado por factores como el incremento de la temperatura y de la salinidad (Hendler, 1977; Williams, 1981; Parker y Shulman, 1986; Shulman, 1990).

#### **4.4.5. Uso de hábitat.**

No disponible.

#### **4.4.6. Ámbito hogareño.**

No disponible.

#### **4.4.7. Parásitos.**

Se describió un nuevo parásito turbelario: *Syndisyrix collongstyla*, en el intestino de *E. viridis* (Hertel *et al.*, 1990).

### **5. CATEGORÍA DE RIESGO.**

#### **5.1. Categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001**

Esta especie no tiene ninguna categoría de riesgo en dicha norma.

#### **5.2. Otras clasificaciones**

No se utilizó ninguna clasificación porque la especie no está en ninguna categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001.

#### **5.3. Factores de riesgo.**

Dado que habita principalmente en 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 y la comercialización de la testa desnuda para la elaboración de diversos souvenirs o solamente desnuda como adorno de la especie de erizo *E. viridis*, en el Puerto de Veracruz, México (Vargas-Hernández *et al.*, 1994).

#### 5.4. Conservación.

Actualmente se encuentran algunas zonas donde habita esta especie dentro de las áreas naturales protegidas:

- Parque Nacional Natural de Tayrona y regiones aledañas (Lat. 11°20' N y Long. 74° 05' W) en el Atlántico Colombiano (Gallo, 1988).
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Veracruz, México, (pertenece a las áreas naturales protegidas de México) que consta de una superficie de 52,238 ha; situado en las coordenadas geográficas 19°03'00" a los 19°14'15" N y 95°47'36" a los 96°08'13" W (Diario Oficial, 1992).
- En el Caribe Mexicano hay zonas arrecifales que se encuentran declaradas como áreas naturales protegidas y son: los arrecifes de Punta Cancún y Nizuc (Gob. Fed. 1973), El Garrafón (Isla Mujeres), la costa Este de Isla Cozumel (Gob. Fed. 1980) y la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (Gob. Fed. 1986) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). Esta última reserva abarca 110 km de longitud y su desarrollo a lo largo de la costa es muy variable (Gutiérrez *et al.*, 1993).

## FICHA TÉCNICA DE *Lytechinus variegatus*

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. Fotografía.



Figura 50. Vista aboral-lateral de *Lytechinus variegatus* (Tomada de Hendler *et al.*, 1995).

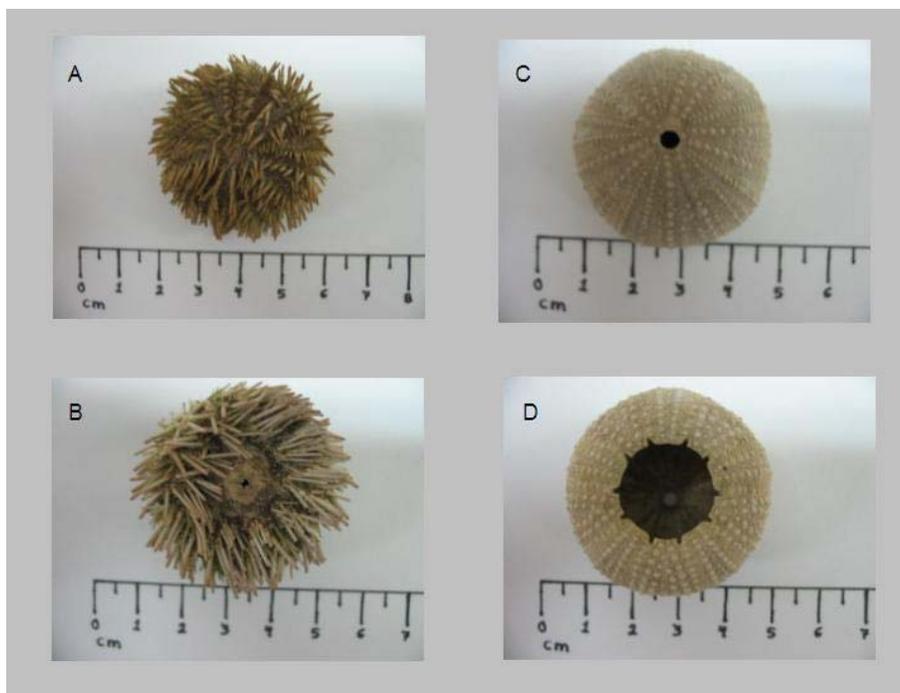


Figura 51. *Lytechinus variegatus*. A. Vista aboral, B. Vista oral, C. Vista aboral de la testa desnuda y D. Vista oral de la testa desnuda.

## **1.2. Nombre de la especie.** *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816)

*Echinus variegatus* Lamarck, 1816: 48.

*Echinus excavatus* Blainville, 1825: 83.

*Echinus blainvillei* Des Moulins, 1837: 122.

*Psammechinus excavatus* A. Agassiz y Desor, 1846: 368.

*Lytechinus carolinus* A. Agassiz, 1863:24.

*Lytechinus atlanticus* A. Agassiz, 1863: 24.

*Pslechinus variegatus* Lütken, 1863: 93.

*Schizechinus variegatus* Pomel, 1869: 12.

*Toxopneustes variegatus* A. Agassiz, 1872-1874: 68, 298; Jackson, 1912: 84, 121, 161; 1914: 147.

*Toxopneustes atlanticus* Jackson, 1912: 121-123, 161.

*Lytechinus variegatus typicus* H. L. Clark, 1912: 247.

*Lytechinus variegatus carolinus* H. L. Clark, 1912: 247; 1918: 30.

*Lytechinus variegatus atlanticus* H. L. Clark, 1912: 247.

*Lytechinus variegatus variegatus* Worbis, 1986: 29-31; Hendler *et al.*, 1995: 216-218.

*Lytechinus variegatus* A. Agassiz, 1863: 24; H. L. Clark, 1918: 30; 1919: 73; Engel, 1927: 163; Boone, 1928: 21; Galtsoff, 1954: 373-410; Caso, 1961: 254-257; Kier, 1975: 17; Gallo, 1988: 103; Ruiz, 1988: 35-57.

## **1.3. Categoría taxonómica** (Durham y Melville, 1958, Smith, 1984b).

**1.3.1. Reino** Animalia

**1.3.2. Phylum** Echinodermata De Bruguíere, 1984

**1.3.3. Subphylum** Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895

**1.3.4. Clase** Echinoidea Leske, 1778

**1.3.5. Subclase** Euechinoidea Bronn, 1860

**1.3.6. Infraclase** Acroechinoidea Smith, 1981

**1.3.7. Cohorte** Echinacea Claus, 1876

**1.3.8. Superorden** Camarodonta Jackson, 1912

**1.3.9. Orden** Temnopleuroida Mortensen, 1942

**1.3.10. Familia** Toxopneustidae Troschel, 1872

**1.3.11. Género** *Lytechinus* A. Agassiz, 1863

**1.3.12. Especie** *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816)

**1.3.13. Lista de nombres comunes:** Erizo de mar. Español. México.

#### **1.4. Determinación.**

##### **1.4.1. Colección de referencia.**

Colección Nacional de Equinodermos Ma. Elena Caso Muñoz, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Apdo. Post. 70-305, México, D. F. 04510.

##### **1.4.2. Catálogo nomenclatural (Sistema de clasificación taxonómica).**

- Durham, J. W. and R. V. Melville. 1958. A Classification of Echinoids, pp 175-188, Sobretiro de la Sección VII-Paleontología, Taxonomía y Evolución, Congreso Geológico Internacional, XX<sup>a</sup> Sesión, México, D. F. 1956.
- Smith, A. B. 1984b. Appendix. Classification and stratigraphical ranges of echinoid families, p. 170-439.42 cm A. Smith (ed.), Echinoid Palaeobiology. Special Topics in Palaeontology. George Allen y Unwin, London, 190 p.

#### **1.5. Descripción de la especie.**

##### **1.5.1. Diagnósis.**

Testa circular, de color generalmente verde; membrana bucal fuertemente laminada; espinas cortas y afiladas con 24 aristas de color verde, amarillo o violeta; tres pares de arcoporos. Tubérculos de las áreas ambulacrales e interambulacrales dispuestos en hileras verticales, regulares y muy próximas entre sí. Espinas cortas, afiladas, de diversos colores. Color muy variable; violeta, verde claro o blanco amarillento (Figs. 50 y 51) (Caso, 1961; Gallo, 1988).

##### **1.5.2. Descripción.**

Longitud promedio de la testa: 14 mm, altura promedio de la testa: 9 mm, longitud promedio de las espinas primarias: 3 mm. Tubérculos de las áreas ambulacrales y de las

áreas interambulacrales, dispuestos en series verticales y regulares; los de la superficie aboral, se encuentran muy separados entre sí; los de la superficie oral, se localizan bastante próximos. Periprocto cubierto por varias placas con pedicelarios globosos y espinas; ano excéntrico. Peristoma cubierto por placas, cinco pares de pies bucales. Entrantes branquiales pequeños, con un labio grueso. Espinas finas, cortas y afiladas: su coloración varía de violeta (en las partes terminales) y verde (en la porción inicial) a blancas con testa de color verde o blanco (Figs. 50 y 51) (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

## **2. DISTRIBUCIÓN.**

### **2.1. Distribución histórica estimada.**

No disponible.

#### **2.1.1. Localización geográfica de las localidades.**

No disponible.

#### **2.1.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.**

No disponible.

### **2.2. Distribución actual, con poblaciones aún presentes.**

Especie Atlántica distribuida desde Cabo Aterras, las costas de Carolina del Norte y del Sur, Georgia, el Sur Florida en U.S.A.; y a través del Golfo de México; Nicaragua (Serafy, 1979); Belice; Cuba (H. L. Clark, 1941); las Antillas Mayores y Menores (Caso, 1961); Puerto Rico; Panamá (Hendler *et al.*, 1995); Pariche, Quetepe, San Luis, Laguna Grande, Guaca, Mochima, Playa Colorada, Playa Arapito, Laguna Chica, (Edo. Sucre), Bahía de Pozuelos (Edo Anzoátegui), Isla Margarita (Edo. Nueva Esparta), Laguna Beach, Playa del aeropuerto Maiquetía, Playa Grande, Puerto Cabello (Edo. Carabobo), Chichiriviche, Cabo San Román (Edo. Falcón), Isla La Tortuga, Isla Gran Roque, Archipiélago Los Roques (Dependencia Federal) en Venezuela (Zoppi de Roa, 1967); las costas de Santa Catarina, Isla de Fernando Noronha, San Sebastián, Santos, litoral Norte del estado de San Pablo en Brasil; (Bernasconi, 1955b).

En las costas de México ha sido reportada por Ives (1890), para Tuxpan en Veracruz, Campeche, plataforma interna de la costa de Yucatán; Caso (1961: 256), Isla Verde en Veracruz, en Lerma y en la Sonda de Campeche en Campeche; (1976: 38-39),

Veracruz; (1979: 18-21), Laguna de Términos en Campeche; Serafy (1979: 52), Yucatán; Wordis (1986: 29-31), Isla de Lobos en Veracruz, Escolleras de Altamira y Barra Morón en Tamaulipas; PEMEX y Secretaría de Marina (1987: 31, 34-36), Isla Verde en Veracruz; San Juan-Ruiz (1988: 35-57), Arrecife de Lobos en Veracruz; Buitrón y Solís-Marín (1993: 222), Costa Oriental Mexicana; Maya (1993: 23-31), Arrecife Hornos en Veracruz; Sánchez-Domínguez (1993: 16-20), Isla de Enmedio en Veracruz; Caso *et al.*, (1994: 72-77), Laguna de Términos en Campeche; Bravo (1996: 20-21), Puerto Morelos en Quintana Roo; Bravo *et al.*, (1999: 46-48, 55), Puerto Morelos en Quintana Roo; Gutiérrez-Castro, (1999), Tamaulipas, Veracruz, Campeche y Yucatán; Laguarda *et al.*, (2005: 73-76, 90-91), Tamaulipas, Veracruz, Cayo Arenas en Campeche y Banco de Campeche en Yucatán en el Golfo de México; y en Cabo Catoche e Isla Contoy en el estado de Quintana Roo (datos del catálogo de la CNE); Solís-Marín *et al.*, (en preparación), Isla Sacrificios, Isla de Enmedio, Isla Verde, la Anegada de Afuera en Veracruz.

*Lytechinus variegatus carolinus* aparece desde Cabo Hatteras, Carolina del Norte, alrededor del sureste de Florida y en el Golfo de México. La subespecie *Lytechinus variegatus atlanticus*, aparece en las Bermudas; y la denominada subespecie *Lytechinus variegatus variegatus* aparece desde el sureste de Florida y el sur de la Península de Yucatán, a lo largo de el Mar Caribe y el este del Atlántico hasta São Paulo, Brasil. (Serafy, 1979).

### 2.2.1. Localización geográfica de las localidades.

Tabla 21. Localidades y coordenadas de los ejemplares recolectados en los diferentes estados de la costa Este de México del erizo *L. variegatus*; datos obtenidos de los registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, habiendo sido recopilados por diversos colectores en diferentes fechas.

Localidad	Latitud	Longitud
<b>Tamaulipas:</b>		
Parte Central de la Laguna Madre.	24° 21' 00" N	97° 440' 06" W
<b>Veracruz:</b>		
Arrecife de Isla de Enmedio.	19° 06' 10" N	95° 56' 25" W
Arrecife de Isla Verde.	19° 12' 13" N	96° 4' 08" W
Arrecife de Isla Verde.	19° 12' 10" N	96° 4' 05" W
Arrecife La Anegada de Afuera, Piedra la Acamacha.	19° 10' N	95° 52' W

Veracruz.	19° 05' N	95° 50' W
<b>Campeche:</b>		
A 1 km de Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 44' 20" N	91° 30' 30" W
A 1 km de Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 45' 10" N	91° 30' 28" W
Apartado de Punta San Julián, Laguna de Términos.	18° 45' N	91° 30' 22" W
Area Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 45' 35" N	91° 29' 30" W
Bajo de Los Caracoles, Laguna de Términos.	18° 44' N	91° 29' W
Boca de la Laguna de Términos.	18° 38' N	91° 52' W
Boca Las Playuelas, Laguna de Términos.	18° 42' 30" N	91° 36' W
Cerca de Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 47' N	91° 31' W
Entre Isla Aguada y Champotón, Laguna de Términos.	18° 46' 20" N	91° 29' W
Entre Punta el Callo y Punta la Manigua, Laguna de Términos.	18° 36' 50" N	91° 47' 30" W
Frente a boca Las Playuelas, Laguna de Términos.	18° 41' 30" N	91° 36' 20" W
Frente a Isla Aguada Bocana, Laguna de Términos.	18° 45' 40" N	91° 31' W
Frente a la Ensenada, Laguna de Términos.	18° 43' 30" N	91° 34' 30" W
Frente a la Isla del Cayo, Laguna de Términos.	18° 46' 40" N	91° 32' W
Frente a la Isla del Cayo, Laguna de Términos.	18° 36' 45" N	91° 40' 03" W
Frente a Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 46' 10" N	91° 32' W
Frente a Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 46' N	91° 31' 40" W
Frente a Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 47' N	91° 30' 50" W
Frente a Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 46' N	91° 31' 30" W
Frente a Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 46' N	91° 30' 43" W
Frente a Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 45' N	91° 31' W
Frente a Punta Gorda, Laguna de Términos.	18° 42' 30" N	91° 34' W
Frente ala Isla del Cayo, Laguna de Términos.	18° 39' N	91° 39' W
Lerma.	19° 50' N	90° 40' W
Playa Bonita, Municipio Lerma.	19° 47' 35" N	90° 37' 21" W
Playa Bonita.	19° 49' N	91° 50' W
Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 45' N	91° 31' W
Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 44' N	91° 30' 40" W
Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 45' N	91° 29' W
Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 46' 30" N	91° 31' 30" W
Punta Puerto Real, Laguna de Términos.	18° 45' 10" N	91° 30' 28" W
Punta Puerto Real-Faro Isla Aguada, Laguna de Términos.	18° 45' 30" N	91° 29' 27" W
Punta Puerto Real-Faro Isla Aguada-Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 46' 40" N	91° 32' W
Punta Puerto Real-Isla Aguada, Laguna de Términos.	18° 45' 10" N	91° 30' 28" W
Punta Puerto Real-Isla Aguada-Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 45' N	91° 31' W
Punta Puerto Real-Isla Aguada-Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 44' 34" N	91° 31' 06" W
Punta Puerto Real-Isla Aguada-Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 44' 36" N	91° 31' 05" W
Punta Puerto Real-Isla Aguada-Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 44' 50" N	91° 31' 06" W
Punta Puerto Real-Punta Norte Isla Aguada-Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 46' 15" N	91° 31' W
Punta San Julian, Laguna de Términos.	18° 46' 08" N	91° 31' 30" W
Punta San Julián, Laguna de Términos.	18° 46' N	91° 29' W
Sonda de Campeche.	19° 49' N	91° 50' W
Telchac, Banco de Campeche,	21° 19' N	89° 16' W

<b>Quintana Roo:</b>		
Playa Dtzilam, Cancún.	20° 50' N	88° 08' W

Tabla 22. Localidades de Florida, donde se encuentra distribuida la especie *L. variegatus*.

Localidad	Latitud	Longitud
A 4 millas al Oeste de Egmont Key	27° 35' N	82° 50' W
A 19 millas al Oeste de Egmont Key	27° 37' N	83° 07' W
A 38 millas al Oeste de Egmont Key	27° 37' N	83° 28' W
A 65 millas al Oeste de Egmont Key	27° 37' N	83° 58' W
A 4 millas al Oeste de Sanibel Island Light	26° 24' N	82° 06' W
A 24 millas al Oeste de Sanibel Island Light	26° 24' N	82° 28' W
A 51 millas al Oeste de Sanibel Island Light	26° 24' N	82° 58' W
A 73 millas al Oeste de Sanibel Island Light	26° 24' N	83° 22' W
A 92 millas al Oeste de Sanibel Island Light	26° 24' N	83° 43' W

### 2.2.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.

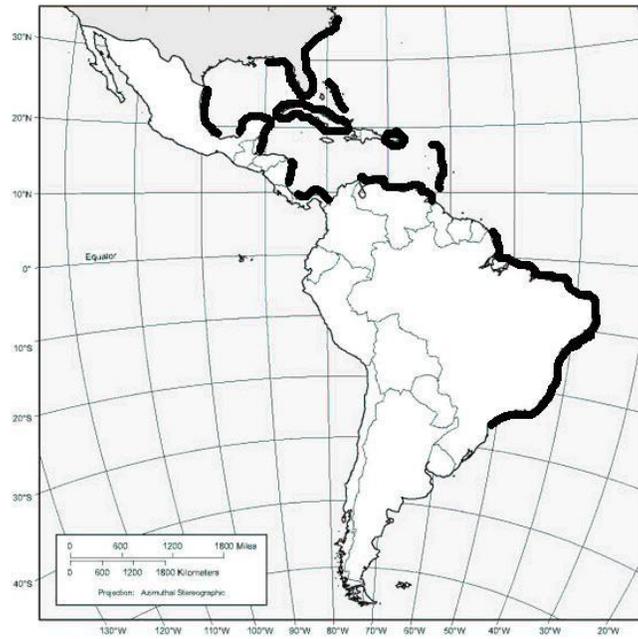


Figura 52. Mapa de distribución de *L. Variegatus*.

### 2.2.3. Distribución batimétrica.

De 0 a 250 m, mas común a >50m (Serafy, 1979). Es una especie litoral y de la plataforma interna que puede alcanzar la plataforma externa, como lo demuestran los

organismos analizados en el trabajo de Laguarda *et al.*, (2005) de 46 a 49.6 m en el estado de Campeche y a 99 m en la plataforma externa de Yucatán.

### **3. AMBIENTE.**

#### **3.1. Macroclima.**

Ambiente estrictamente marino.

#### **3.2. Vegetación o tipo de ambiente.**

Asociada a praderas de pasto marino (*Thalassia testudinum*) (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

#### **3.3. Hábitat.**

En Puerto Morelos, Quintana Roo se reporto como habitante de sustratos arenosos-rocosos, y asociada a praderas de *Thalassia testudinum*, también se le puede encontrar escondido bajo fragmentos de algas, trozos de *Thalassia* y trozos de conchas. (Bravo 1996; Bravo *et al.*, 1999). En el Cayo de Carrie Bow, Belice se reporto que se encuentra asociada a su hábitat con las especies de erizos *Clypeaster rosaceus*, *Eucidaris tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Tripneustes ventricosus* y *Arbacia punctulata* (Kier, 1975). La subespecie *Lytechinus variegatus carolinus* habita en una variedad de sustratos, que van desde la arena a roca, aunque afirman que el tipo de fondo que prefiere esta especie es el de arena, arena con conchas y pastos marinos (Serafy, 1979). Aunque habita preferentemente en pastos marinos (Valentine y Heck, 1991).

#### **3.4. Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie.**

Aunque los sistemas arrecifales son un ambiente de cambio constante por causas naturales, hay evidencias claras de impacto humano, que combinadas con fenómenos naturales, reducen la recuperación de los arrecifes. Siendo importante considerar de manera especial, aquellos arrecifes utilizados intensivamente, por su importancia económica local. En general no podemos afirmar que alguna especie coralina se encuentre en peligro de extinción, pero datos recientes de determinación de metales pesados en corales escleractinios en el SAV, revelan concentraciones muy altas, principalmente de plomo, aunque el deterioro ambiental de algunos ecosistemas arrecifales es notorio y ha llevado a tomar medidas precautorias para impedir su avance. Tal es el caso de Isla Sacrificios (arrecife perteneciente al SAV, situado frente al Puerto de Veracruz), que se encuentra

protegido y se impide el acceso al mismo desde 1982 (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

### **3.5. Refugios.**

No disponible.

## **4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE.**

### **4.1. Antecedentes del estado de la especie, en su caso, de las poblaciones principales.**

No disponible.

### **4.2. Historia de vida.**

Deuterostomados, enterocelomado, osmoconformadores, estenohalinos, bentónicos, y vágiles (Binyon, 1966; Fell y Moore, 1966; Melville y Durham, 1966; Smith, 1966; Ubaghs, 1978; Lawrence, 1987; Hendler *et al.*, 1995).

### **4.3. Relevancia de la especie.**

#### Importancia ecológica.

La masa arrecifal es el resultado de un equilibrio dinámico entre procesos de construcción y destrucción que dependen del ciclo de vida de los organismos que constituyen la comunidad. Los caparazones de los especímenes muertos de esta especie, y el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) proporcionado por la testa contribuirá indirectamente en la constitución de la matriz arrecifal, en su formación y consolidación, ya que las algas zooxantelas que mantienen una simbiosis con los corales, actuarán en la fijación de carbono y depositación de carbonato de calcio que ha sido proporcionado por las testas de estos organismos (Hutchings, 1986).

### **4.4. Ecología poblacional.**

No disponible.

#### **4.4.1. Tamaño poblacional.**

No disponible.

#### **4.4.2. Demografía.**

Debido a que habita preferentemente sobre pastos marinos, puede alcanzar una alta densidad poblacional y debastar parcialmente los pastos marinos de una amplia zona. Pueden llegar a tener una elevada densidad, 636 ind./m<sup>2</sup>. En Nicaragua, se demostró que esta especie consume 0.6 g de peso seco de *Thalassia* por día, y el efecto que este pueda

tener sobre las densidades de la *Thalassia* es mínima (Camp *et al.*, 1973; Vadas *et al.*, 1982; Valentine y Heck, 1991).

#### **4.4.2.1. Categoría de edad, tamaño, estadio.**

Los juveniles más pequeños de *L. variegatus* (menores de 5 mm de altura de la testa) son frecuentemente confundidos con otro erizo: *Genocidaris maculata*. Los juveniles de *L. variegatus* difieren de *Genocidaris* debido a que el primero no tienen placas suplementarias periproctales (Serafy, 1979).

#### **4.4.2.2. Proporción sexual.**

No disponible.

#### **4.4.2.3. Fecundidad.**

En laboratorio, el desarrollo del cigoto a la metamorfosis es de 33 a 43 días (Mazur y Miller, 1971). El rango de desarrollo es acelerado por el aumento de la temperatura (Petersen y Almeida, 1976). La baja salinidad da como resultado el decremento de las larvas. Estos efectos son mitigados por la aclimatación del adulto a las bajas salinidades antes de desovar y de la fertilización (Hendler *et al.*, 1995).

#### **4.4.2.4. Tasa de crecimiento.**

El crecimiento de esta especie es considerablemente lento, alcanza una talla cerca de los 45mm de altura de la testa en 6 meses después de la metamorfosis de la larva, posteriormente ocurre una disminución en el crecimiento de la testa, posiblemente se ve ligado a la tasa de producción de los gametos. Hay una relación inversa entre la tasa de crecimiento de la testa y el incremento de la temperatura del agua, estas respuestas se han analizado estudiando dos factores anexos que intervienen en dicha tasa, la alimentación y la respiración. Posiblemente las temperaturas de las mareas diurnas y las fluctuaciones de las temperaturas de las depresiones de Mayo, tienen un efecto en la tasa alimenticia que es significativa en verano, pero no en invierno, que es más asociado a la tasa de respiración. Tales depresiones diferenciales en la alimentación, son una respuesta a las altas temperaturas, junto con las tasa de respiración que son más altas en verano. *L. variegatus variegatus* crece más rápidamente en invierno que en verano (Moore y McPherson, 1965; Serafy, 1979).

#### **4.4.2.5. Reclutamiento.**

Se ha encontrado que el reclutamiento del erizo se da en diferentes estadios, tallas y frecuencias de distribución (Parker y Shulman, 1986). El reclutamiento de esta especie ocurre en zonas costeras durante los meses de septiembre y Octubre No hay un reclutamiento significativo durante el verano (Serafy, 1979).

#### **4.4.2.6. Reproducción.**

El erizo de mar *Lytechinus variegatus variegatus* es una especie dioica, con fecundación externa, aunque se han registrado organismos hermafroditas. El desarrollo de los poros genitales aparece en organismos de 8.8 a 18.1 mm de altura de la testa. Sin embargo, se ha reportado un desarrollo “no normal” de las gonadas hasta que alcanzan los 35 a 40 mm de altura de la testa, y el desove puede ocurrir mas temprano en el fin del primer año de crecimiento. Después de comer la producción de nuevos gametos se ve beneficiada, los viejos gametos son desechados y reemplazados por nuevos. Hay especímenes que alcanzan la talla de 60 mm de altura de la testa al fin del segundo año, lo que puede considerarse como un lapso de crecimiento normal (Bishop y Watts, 1994; Hendler *et al.*, 1995). La vida de la larva de *L. variegatus carolinus* a 22 o 26 °C es de 41 a 58 días, y los juveniles son de 0.4 mm HD posterior a la metamorfosis. En la sexta y octava semana el crecimiento es continuo (Serafy, 1979). El periodo de desove el *L. variegatus variegatus* es corto en localidades del Caribe Norte, y en latitudes bajas; en Panamá es sexualmente maduro al año de vida. Los individuos en cautiverio desovan entre Marzo y Octubre. En Puerto Rico, la sincronía reproductiva es dada por el desarrollo de las gónadas en primavera. Se reportan desoves en Panamá, seguidos de un ritmo semilunar en individuos cuando se presenta la luna llena (Moore *et al.*, 1963a; Mazur y Miller, 1971; Lessios 1985, 1991; Cameron, 1986).

#### **4.4.2.7. Tasa de entrecruzamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.8. Fenología.**

No disponible.

#### **4.4.3. Alimentación.**

Su dieta incluye organismos de cuerpo blando (plantas y animales), superficies duras (plantas o animales incrustantes o sedentarios que se encuentran en rocas o corales) o

animales duros (corales, bivalvos), y sustratos blandos. También pueden capturar material o alguna presa planctónica que puede estar suspendido para posteriormente consumirlo, pero su dieta se basa principalmente en organismos que no se mueven. Realizan migraciones para buscar alimento, lo que conlleva a consumir diversos tipos de alimento, así mismo cuando escasea algún tipo principal de alimento, incrementan su actividad de migración (De Ridder y Lawrence, 1982). Esta especie de equinoideo es principalmente herbívoro pero también es generalista y oportunista, en un análisis del contenido estomacal y fecal se encontró material del fondo, con conchas, arena y algas (*Corallina*, pasto marino-*Thalassia*, *Syringodium*, *Ulva*, *Halimeda*, *Caulerpa*, *Sargassum*), algas filamentosas, verdes y rojas, crustáceos y pequeños gasterópodos, esponjas (*Cliona celata*), poliquetos que forman tubos calcáreos. La dieta varía de acuerdo a la localidad y a la estación. (De Ridder y Lawrence, 1982). Aunque se alimenta principalmente de pasto marino y algas. La disminución de alimento, causa que las larvas de *L. variegatus* incrementen su talla, aumentando el ancho de sus bandas ciliadas, incrementando así la eficiencia en la captura de alimento (Boidron-Metairon, 1988).

#### **4.4.4. Conducta.**

Esta especie presenta fototactismo negativo, se cubre la testa con pedazos de *Thalassia* en respuesta a una intolerancia a las altas intensidades luminosas; asimismo exhibe diversos tipos de sedimentos sobre la testa y entre las espinas, debido a que se puede enterrar (Mortensen, 1943a; Millot, 1956; Sharp y Gray, 1962; Kier y Grant, 1965). Esta especie es de hábitos diurnos y se alimenta a la luz del día. La respuesta etológica del erizo de cubrirse con objetos la testa no están relacionada con la temperatura (Kleitman, 1941; Millot, 1956).

#### **4.4.5. Uso de hábitat.**

No disponible.

#### **4.4.6. Ámbito hogareño.**

No disponible.

#### **4.4.7. Predadores, Parasitos y asociaciones.**

Un depredador de esta especie son las gaviotas, las gaviotas capturan al erizo, se eleva en vuelo con él y lo dejan caer desde muy alto para que el erizo se rompa en la playa, una vez rota la testa, y las entrañas expuestas, las gaviotas se comen al erizo. Las gaviotas

no toman a los erizos del mar cuando están muy profundos, solo cuando se encuentran a algunos centímetros. También se han registrado a *L. variegatus* en los estómagos de algunos peces como *Haemulon album*, *Calamus bajonado*, *Halichoeres bivittatus*, *H. poeyi*, *H. radiatus* y *Lactophrys trigonus* del oeste de la India (Serafy, 1979). Se ha observado la predación de esta especie por parte del caracol Panameño *Cypraecassis testiculus*. En Puerto Rico, la predación de *L. variegatus* la lleva a cabo el caracol *Cassis tuberosa*, aunque la población de *L. variegatus variegatus* no declina en esa área (Hendler, 1977). Ha sido observada una alta incidencia del turbelario *Syndisyrinx collongityla* en las cavidades del cuerpo y del intestino de *L. variegatus* (Nappi y Crawford, 1984; Hertel *et al.*, 1990). Hay algunos protozoarios parásitos y el poliqueto *Podarke obscura* es un asociado ocasional (Mortensen, 1943a; Ruppert y Fox, 1988).

## **5. CATEGORÍA DE RIESGO.**

### **5.1. Categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001**

Esta especie no tiene ninguna categoría de riesgo en dicha norma.

### **5.2. Otras clasificaciones**

No se utilizó ninguna clasificación porque la especie no está en ninguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-ECOL-2001.

### **5.3. Factores de riesgo.**

Dado que habita principalmente en 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 llegarse a desarrollarse en o cerca de los ambientes marinos donde habita, por el creciente desarrollo turístico de las regiones que se encuentran al constante impacto y deterioro que causan las actividades humanas (Bravo *et al.*, 1999) y la comercialización de la testa desnuda para la elaboración de diversos souvenirs o solamente desnuda como adorno de la especie de erizo *L. variegatus*, en el Puerto de Veracruz, México (Vargas-Hernández *et al.*, 1994).

### **5.4. Conservación.**

Actualmente se encuentran algunas zonas donde habita esta especie dentro de las áreas naturales protegidas:

- Parque Nacional Natural de Tayrona y regiones aledañas (Lat. 11°20' N y Long. 74° 05' W) en el Atlántico Colombiano (Gallo, 1988).
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Veracruz, México, (pertenece a las áreas naturales protegidas de México) que consta de una superficie de 52,238 ha; situado en las coordenadas geográficas 19°03'00" a los 19°14'15" N y 95°47'36" a los 96°08'13" W (Diario Oficial, 1992).
- En el Caribe Mexicano hay zonas arrecifales que se encuentran declaradas como áreas naturales protegidas y son: los arrecifes de Punta Cancún y Nizuc (Gob. Fed. 1973), El Garrafón (Isla Mujeres), la costa Este de Isla Cozumel (Gob. Fed. 1980) y la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (Gob. Fed. 1986) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). Esta última reserva abarca 110 km de longitud y su desarrollo a lo largo de la costa es muy variable (Gutierrez *et al.*, 1993).

## FICHA TÉCNICA DE *Tripneustes ventricosus*

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. Fotografía.



Figura 53. Vista aboral-lateral de *Tripneustes ventricosus* (Tomada de Hendler *et al.*, 1995).

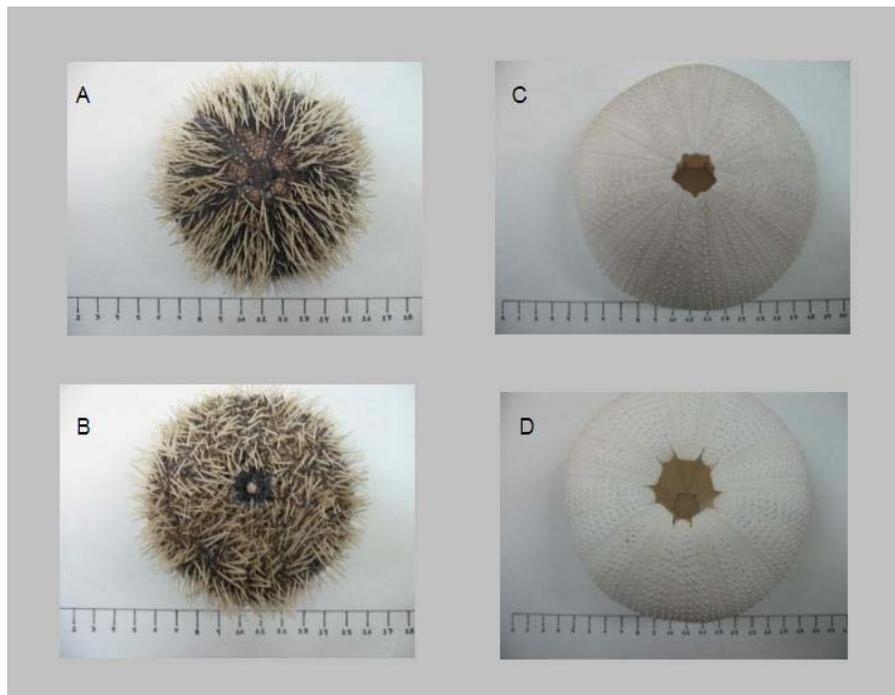


Figura 54. *Tripneustes ventricosus*. A. Vista aboral, B. Vista oral, C. Vista aboral de la testa desnuda y D. Vista oral de la testa desnuda.

**1.2. Nombre de la especie.** *Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816)

*Echinus ventricosus* Lamarck, 1816: 44.

*Tripneustes ventricosus* A. Agassiz y Desor, 1846: 363; A. H. Clark, 1954: 374; Galtsoff, 1954: 373-410; Caso, 1961: 257-259; 1974: 1-23; Kier, 1975: 18; Gamboa, 1978: 67-70; Worbis, 1986: 26-28; Gallo, 1988: 103; Ruiz, 1988: 11-34; Hendler *et al.*, 1995: 220-222.

*Hipponoë esculenta* A. Agassiz, 1872-1874: 135, 301; Rathbun, 1879: 144.

*Tripneustes esculentus* Bell, 1879: 657-662; Mortensen, 1921: 32; Jackson, 1914: 149.

*Tripneustes esculenta* Verrill, 1907: 324.

**1.3. Categoría taxonómica** (Durham y Melville, 1958, Smith, 1984b).

**1.3.1. Reino** Animalia

**1.3.2. Phylum** Echinodermata De Bruguère, 1984

**1.3.3. Subphylum** Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895

**1.3.4. Clase** Echinoidea Leske, 1778

**1.3.5. Subclase** Euechinoidea Bronn, 1860

**1.3.6. Infraclase** Acroechinoidea Smith, 1981

**1.3.7. Cohorte** Echinacea Claus, 1876

**1.3.8. Superorden** Camarodonta Jackson, 1912

**1.3.9. Orden** Temnopleuroida Mortensen, 1942

**1.3.10. Familia** Toxopneustidae Troschel, 1872

**1.3.11. Género** *Tripneustes* L. Agassiz, 1841

**1.3.12. Especie** *Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816)

**1.3.13. Lista de nombres comunes:** Erizo de mar. Español. México. En Veracruz se le conoce como “viejito de mar”, “cabeza de viejito” o “erizo blanco”. Caso (1978b) reporta que también se le conoce como “cabeza de negro”.

## **1.4. Determinación.**

### **1.4.1. Colección de referencia.**

Colección Nacional de Equinodermos Ma. Elena Caso Muñoz, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Apdo. Post. 70-305, México, D. F. 04510.

### **1.4.2. Catálogo nomenclatural (Sistema de clasificación taxonómica).**

- Durham, J. W. and R. V. Melville. 1958. A Classification of Echinoids, pp 175-188, Sobretiro de la Sección VII-Paleontología, Taxonomía y Evolución, Congreso Geológico Internacional, XX<sup>a</sup> Sesión, México, D. F. 1956.
- 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, London, 190 p.

## **1.5. Descripción de la especie.**

### **1.5.1. Diagnósis.**

Testa grande y circular, altura del caparazón aproximadamente igual a la mitad del diámetro; zonas ambulacrales anchas, en la parte central con dos hileras de tubérculos primarios; espinas cortas; pares de arcoporos ambulacrales en tres filas longitudinales; membrana bucal no laminada (Figs. 53 y 54) (Caso, 1961; Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

### **1.5.2. Descripción.**

Longitud promedio de la testa: 42 mm, altura promedio de la testa: 25 mm, longitud promedio de las espinas: 8 mm. Forma de la testa poco variable, en la mayoría de los casos circular pero en otros pentagonal. Pies ambulacrales amarillos, dispuestos en dos hileras, que a su vez están dispuestas en tres columnas que van desde la zona aboral hasta la región oral. Mamelones no prominentes sin perforación en el centro. Periprocto con placas multisegmentadas cubierto de pedicelarios globosos y espinas. Peristoma pentagonal, cubierto por una membrana no laminada, cinco pares de pies bucales rodeados por manojos de pedicelarios globulosos cuya distribución asemeja a un anillo. Zona bucal prominente. Boca constituida por cinco dientes. Espinas primarias blancas, pequeñas, robustas, afiladas,

estriadas longitudinalmente, con terminación aguda en los extremos distales. Pedicelarios de la zona interambulacral globosos y tridentes con una coloración morada o negra (Figs. 53 y 54) (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999).

## **2. DISTRIBUCIÓN.**

### **2.1. Distribución histórica estimada.**

No disponible.

#### **2.1.1. Localización geográfica de las localidades.**

No disponible.

#### **2.1.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.**

No disponible.

### **2.2. Distribución actual, con poblaciones aún presentes.**

Especie Atlántica distribuida en: Florida en U.S.A.; Cuba; Haití; Santo Tomás; La Martinica; Islas Bermudas; las Antillas Mayores y Menores; Puerto Rico; Panamá; en las costas de Neguange, Punta de Betín en Colombia; (Caso, 1961, 1978b; Hendler *et al.*, 1995); Castillitos, Laguna Chica, El Peñón, Caiguire (Edo. Sucre), Isla Coche (Edo. Nueva Esparta), Isla La Tortuga, Archipiélago Los Roques (Dependencia Federal), Los Totumos (Edo. Miranda), Cabo san Román, Chichiriviche (Edo. Falcón), Playa Grande, Playa frente alaereopuerto de Maiquetía (Distrito Federal) en Venezuela (Zoppi de Roa, 1967), el Sur de Brasil (Caso, 1978b).

En las costas de México, a sido reportada por Caso (1961: 262), Cozumel, Quintana Roo, Isla Verde e Isla Santiaguillo en Veracruz; (1974a: 1-24), Isla de Enmedio, Isla Verde, Isla Santiaguillo e Isla de Lobos en Veracruz y Malecón y muelle de Cozumel en Quintana Roo; (1974b: 34-37), Veracruz y Quintana Roo; Gamboa (1978: 67-70), Arrecife de Tuxpam e Isla de Lobos en Veracruz; Villalobos (1971: 535), Arrecife La Blanquilla en Veracruz; Worbis (1986: 26-28) Isla de Lobos en Veracruz; PEMEX y Secretaría de Marina (1987: 14, 31, 35-36, 59), Isla Verde, Arrecife Anegada de Adentro en Veracruz; San Juan-Ruiz (1988: 11-34), Arrecife de Lobos en Veracruz; Buitrón y Solís-Marín (1993: 222), Costa Oriental Mexicana; Gutiérrez *et al.*, (1993: 790-793), Sistema Arrecifal Veracruzano en Veracruz; Sánchez-Domínguez (1993: 16-20), Isla de Enmedio en

Veracruz; Vargas-Hernández *et al.*, (1993: 559-568), Sistema Arrecifal Veracruzano en Veracruz; Bravo (1996: 22-23), Puerto Morelos en Quintana Roo; Bravo *et al.*, (1999: 46-47, 57-59), Puerto Morelos en Quintana Roo; Gutiérrez-Castro (1999) Veracruz y Quintana Roo; Nishimura (2005: 74-75), Isla Verde en Veracruz; Solís-Marín *et al.*, (en preparación), Isla de Enmedio; Isla Verde; Isla Santiaguillo; Isla Sacrificios en Veracruz.

Ha sido también reportada para la costa Oeste de África (Caso, 1978b).

### 2.2.1. Localización geográfica de las localidades.

Tabla 23. Localidades y coordenadas de los ejemplares recolectados en los diferentes estados de la costa Este de México del erizo *T. ventricosus*; datos obtenidos de los registros de la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz”, habiendo sido recopilados por diversos colectores en diferentes fechas.

Localidad	Latitud	Longitud
<b>Veracruz:</b>		
Arrecife Isla de Enmedio.	19° 06' 08" N	95° 56' 47" W
Arrecife Isla Lobos.	21° 28' 090" N	97° 13' 06" W
Arrecife Isla Santiaguillo.	19° 08' 30" N	95° 48' 40" W
Arrecife Isla Verde.	19° 01.8" N	96° 04' 06.9" W
Arrecife Isla Verde.	19° 12' 04" N	96° 04' 07.5" W
Arrecife Isla Verde.	19° 12' 02.7" N	96° 04' 06.9" W
Veracruz.	19° 05' N	95° 50' W
<b>Quintana Roo:</b>		
1200m.al Sur a partir del muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 23.3" N	86° 59' 50.8" W
Al Norte de Bahía Ascención, Punta Pajaros.	21° 50' N	86° 55' W
Cerca del muelle del ICML (UNAM), PuertoMorelos.	20° 52' 02.7" N	86° 52' 00.9" W
Cozumel.	20° 50' N	86° 52' W
En el muelle de Cubos, Puerto Morelos.	20° 49' 42.8" N	86° 53' 19.1" W
Entre el ICML y Rodman, Puerto Morelos.	20° 52' 16.2" N	86° 51' 52.5" W
Frente a la Ceiba, Puerto Morelos.	20° 51' 40" N	86° 51' 48" W
Frente a la Ceiba, Puerto Morelos.	20° 51' 00.4" N	86° 52' 19.9" W
Frente a la Escuela Técnica Pesquera, Puerto Morelos.	20° 50' 36.0" N	86° 52' 22.2" W
Frente a la Estación del ICML (UNAM), Puerto Morelos.	20° 51' 654" N	86° 51' 497" W
Frente a la Técnica, Puerto Morelos.	20° 50' 36" N	86° 52' 22" W
Frente a las habitaciones del ICML (UNAM), Puerto Morelos.	20° 51' 55.1" N	86° 51' 00" W
Frente a Ojo de Agua, Puerto Morelos.	20° 51' 0.4" N	86° 52' 19.9" W
Frente al muelle principal de Puerto Morelos.	20° 52' 00" N	86° 52' 00" W
Isla Mujeres.	21° 20' N	87° 55' W
La Ceiba, Puerto Morelos.	20° 51' 390" N	86° 51' 786" W
Lado Sur de Punta Brava, Puerto Morelos.	20° 48' 22.1"N	86° 54' 45.0" W
Lado Sur de Punta Maroma, Puerto Morelos.	20° 43' 55.7" N	86° 57' 39.4" W
Mahahual.	18° 43' 6.4" N	87° 42' 20.6" W

Malecón y Muelle de Cozumel, Isla Mujeres.	20° 50' N	86° 52' W
Noreste de Cabo Catoche.	21° 45' 3" N	86° 35' 1" W
Punta Caracol, Puerto Morelos.	20° 53' 46.2" N	86° 50' 41.5" W
Punta Nizuc después del arrecife, Puerto Morelos.	21° 01' 25" N	86° 46' 45" W
Tanchactec, Puerto Morelos.	20° 54' 26" N	86° 50' 24" W
Xahuaxol O.P. Blanco.	20° 52' N	86° 53' W

### 2.2.2. Mapa o croquis de distribución geográfica de la especie o población.

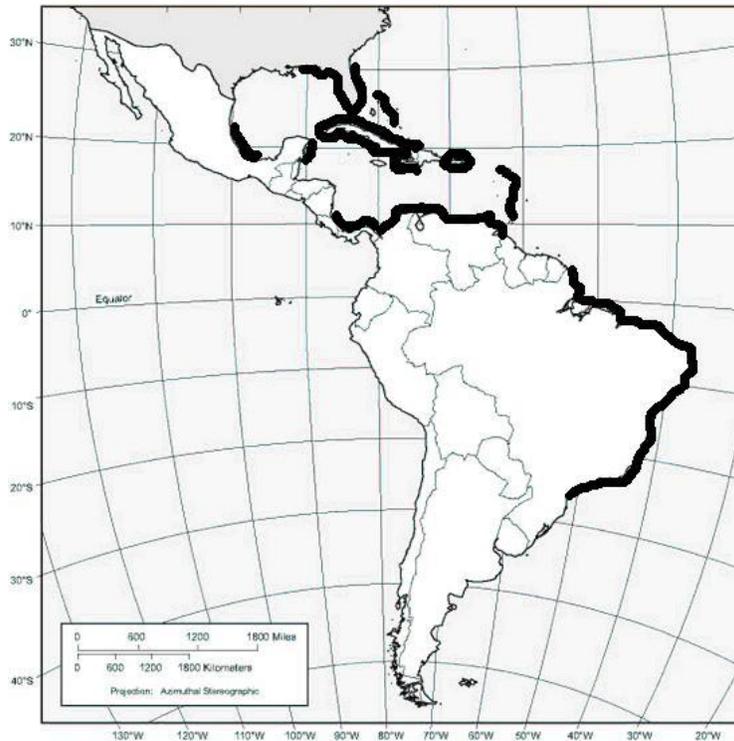


Figura 55. Mapa de distribución de *T. ventricosus*.

### 2.2.3. Distribución batimétrica.

De 0 a 55 m (Serafy, 1979).

## 3. AMBIENTE.

### 3.1. Macroclima.

Ambiente estrictamente marino.

### 3.2. Vegetación o tipo de ambiente.

Asociada a praderas de pasto marino (*Thalassia testudinum*) (Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999) y a *Sargassum* (Kier y Grant, 1965).

### **3.3. Hábitat.**

Especie habitante de sustratos arenosos, rocosos con algas y corales, emigra adulto a las praderas de pastos marinos (*Thalasia testudinum*), a una profundidad promedio de 3 m. (Kier y Grant, 1965; Caso, 1978b; Bravo, 1996; Bravo *et al.*, 1999). En zonas de lagunas arrecifales, se le encuentra en la cresta arrecifal y en la laguna arrecifal (Kier y Grant, 1965; Kier, 1975; Worbis, 1986).

### **3.4. Situación actual del hábitat con respecto a las necesidades de la especie.**

Aunque los sistemas arrecifales son un ambiente de cambio constante por causas naturales, hay evidencias claras de impacto humano, que combinadas con fenómenos naturales, reducen la recuperación de los arrecifes. Siendo importante considerar de manera especial, aquellos arrecifes utilizados intensivamente, por su importancia económica local. En general no podemos afirmar que alguna especie coralina se encuentre en peligro de extinción, pero datos recientes de determinación de metales pesados en corales escleractinios en el SAV, revelan concentraciones muy altas, principalmente de plomo, aunque el deterioro ambiental de algunos ecosistemas arrecifales es notorio y ha llevado a tomar medidas precautorias para impedir su avance. Tal es el caso de Isla Sacrificios (arrecife perteneciente al SAV, situado frente al Puerto de Veracruz), que se encuentra protegido y se impide el acceso al mismo desde 1982 (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

### **3.5. Refugios.**

No disponible.

## **4. HISTORIA NATURAL DE LA ESPECIE.**

### **4.1. Antecedentes del estado de la especie, en su caso, de las poblaciones principales.**

Caso (1978b) reporta que por el consumo excesivo de las gónadas de *T. ventricosus* en la Isla de Barbados, hubo que restringir la captura de ejemplares de esta especie, ya que las poblaciones se vieron diezgadas.

### **4.2. Historia de vida.**

Deuterostomados, enterocelomado, osmoconformadores, estenohalinos, bentónicos, y vágiles (Binyon, 1966, Fell y Moore, 1966, Melville y Durham, 1966, Smith, 1966, Ubaghs, 1978, Lawrence, 1987, Hendler *et al.*, 1995).

### **4.3. Relevancia de la especie.**

#### Importancia zoogeográfica.

Esta especie es de considerable interés desde el punto de vista zoogeográfico, ya que junto con *Diadema antillarum* y *E. lucunter lucunter* señalan las estrechas relaciones entre la región de Guinea y la región de las Antillas (Caso, 1961).

#### Importancia ecológica.

La masa arrecifal es el resultado de un equilibrio dinámico entre procesos de construcción y destrucción que dependen del ciclo de vida de los organismos que constituyen la comunidad. Los caparazones de los especímenes muertos de esta especie, y el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) proporcionado por la testa contribuirá indirectamente en la constitución de la matriz arrecifal, en su formación y consolidación, ya que las algas zooxantelas que mantienen una simbiosis con los corales, actuarán en la fijación de carbono y depositación de carbonato de calcio que ha sido proporcionado por las testas de estos organismos (Hutchings, 1986).

#### Importancia económica.

En las Antillas, los nativos toman las gónadas de varios erizos de *T. ventricosus*, y las guisan en la mitad de una concha, también se las comen crudas, en esta región se les conoce con el nombre de “huevos de mar”. En México, en las costas del Golfo de México, se consumen las gónadas de este erizo poniéndoles tan solo un poco de limón. Cogen a los erizos, los parten y los despojan de sus vísceras tan sólo dejando las gónadas, las que se comen poniéndoles limón en el propio caparazón. En el Puerto de Veracruz, los caparazones de este erizo se comercializan en forma de diferentes *souvenirs* (Caso, 1978b; Nishimura, 2005).

### **4.4. Ecología poblacional.**

#### **4.4.1. Tamaño poblacional.**

No disponible.

#### **4.4.2. Demografía.**

No disponible.

##### **4.4.2.1. Categoría de edad, tamaño, estadio.**

No disponible.

#### **4.4.2.2. Proporción sexual.**

No disponible.

#### **4.4.2.3. Fecundidad.**

No disponible.

#### **4.4.2.4. Tasa de crecimiento.**

Los individuos de esta especie son inmaduros a tallas de alrededor de los 25 mm de diámetro. Los juveniles crecen rápidamente durante el primer año, con una media de crecimiento de la testa de 75 mm, hasta el siguiente verano (McPherson, 1965).

#### **4.4.2.5. Reclutamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.6. Reproducción.**

El erizo de mar *Tripneustes ventricosus* es una especie dioica con fecundación externa, aunque se han registrado organismos hermafroditas. En Otoño se da el desarrollo de las gónadas, en una talla mínima de la testa de 35-45 mm, y el desove se da entre Primavera y Verano. En Panamá tienen su desove durante el ciclo lunar. En Puerto Rico se reporta una sincronía reproductiva con el resto de las fases que aparentemente ocurren en otoño. El desarrollo es indirecto dando lugar a una larva *equinopluteus*, posteriormente ocurre la metamorfosis dando paso al juvenil, a los juveniles se les encuentra en el área intermareal; los adultos generalmente se encuentran en el área submareal (Moore *et al.*, 1963b; McPherson, 1965; Lessios 1985, 1991; Cameron, 1986).

#### **4.4.2.7. Tasa de entrecruzamiento.**

No disponible.

#### **4.4.2.8. Fenología.**

No disponible.

#### **4.4.3. Alimentación.**

Esta especie de equinoideo es herbívoro, se alimenta principalmente de restos de algas (*Thalassia*, *Zonaria*, *Padina*, *Dictyota*, *Cladophora*), al parecer su dieta es basada en algas, algas costrosas, pastos marinos, epifitas, sedimentos adheridos a las hojas del pasto y material de detrito. La dieta varia de acuerdo a la localidad y a la estación. (Mortensen, 1943a; Tertschnig, 1984; De Ridder y Lawrence, 1982). Este erizo es un voraz consumidor

en invierno que en verano, y la eficiencia de asimilación al año es de 50-60%. A razón de la talla corporal es la etapa reproductiva (Lewis, 1958).

#### **4.4.4. Conducta.**

La especie presenta fototactismo negativo por lo tanto se cubre muchas partes de la testa con algas y fragmentos de conchas (Hendler *et al.*, 1995).

A menudo ocurre como con *Lytechinus variegatus*, soporta altas condiciones como aguas turbias, sin embargo rápidamente sucumben ante el estrés físico, causado por la exposición de los corales al medio ambiente (seco) (Hendler, 1977).

#### **4.4.5. Uso de hábitat.**

No disponible.

#### **4.4.6. Ámbito hogareño.**

No disponible.

#### **4.4.7. Predadores y Comensales.**

Se ha notado que los individuos juveniles de esta especie son depredados por un pez óseo y por el caracol *Cassi spp* (Moore, 1956; Tertschnig, 1989). Hay algunos animales comensales incluyendo al camarón *Gnathophyllodes mineri*, que vive en la epidermis de las espinas, y también es comúnmente localizado en la boca del erizo. También han sido reportados protozoarios parásitos en el celoma de la especie (Patton *et al.*, 1985; Criales, 1984; Mortensen, 1943a).

### **5. CATEGORÍA DE RIESGO.**

#### **5.1. Categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001**

Esta especie no tiene ninguna categoría de riesgo en dicha norma.

#### **5.2. Otras clasificaciones**

No se utilizó ninguna clasificación porque la especie no está en ninguna categoría de riesgo en la NOM-059-ECOL-2001.

#### **5.3. Factores de riesgo.**

Dado que habita principalmente en 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 llegarse a desarrollarse en o cerca de los ambientes marinos donde habita, por el creciente desarrollo turístico de las

regiones que se encuentran al constante impacto y deterioro que causan las actividades humanas (Bravo *et al.*, 1999) y la comercialización de la testa desnuda para la elaboración de diversos souvenirs o solamente desnuda como adorno de la especie de erizo *T. ventricosus*, en el Puerto de Veracruz, México (Vargas-Hernández *et al.*, 1994; Nishimura, 2005).

#### **5.4. Conservación.**

Actualmente se encuentran algunas zonas donde habita esta especie dentro de las áreas naturales protegidas:

- Parque Nacional Natural de Tayrona y regiones aledañas (Lat. 11°20' N y Long. 74° 05' W) en el Atlántico Colombiano (Gallo, 1988).
- Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Veracruz, México, (pertenece a las áreas naturales protegidas de México) que consta de una superficie de 52,238 ha; situado en las coordenadas geográficas 19°03'00" a los 19°14'15" N y 95°47'36" a los 96°08'13" W (Diario Oficial, 1992).
- En el Caribe Mexicano hay zonas arrecifales que se encuentran declaradas como áreas naturales protegidas y son: los arrecifes de Punta Cancún y Nizuc (Gob. Fed. 1973), El Garrafón (Isla Mujeres), la costa Este de Isla Cozumel (Gob. Fed. 1980) y la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (Gob. Fed. 1986) (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). Esta última reserva abarca 110 km de longitud y su desarrollo a lo largo de la costa es muy variable (Gutierrez *et al.*, 1993).

## DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

En la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, habitan siete especies de erizos regulares: *Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Centrostephanus longispinus rubicingulus*, *Echinometra lucunter lucunter*, *Echinometra viridis*, *Lytechinus variegatus* y *Tripneustes ventricosus*. Esta diversidad del área de estudio coincide en parte con la reportada por Caso (1961) (*E. tribuloides*, *D. antillarum*, *E. lucunter*, *L. variegatus* y *T. ventricosus*) ya que no reporta a *E. viridis* ni a *C. longispinus rubicingulus*. Orbe-Mendoza (1971) coincide en su trabajo con el reporte de *E. tribuloides* para esta área de estudio. PEMEX y Secretaría de Marina (1987) reportan a seis de las siete especies para el área de estudio, sin registrar a *C. longispinus rubicingulus*. Nishimura (2005) registró a *T. ventricosus*, lo cuál coincide con el registro que se presenta en el presente estudio para Isla Verde. El erizo *C. longispinus rubicingulus* aparece reportada por Gutiérrez-Castro (1999) para el estado de Veracruz, pero no proporciona una ubicación exacta, y es hasta el 2005, cuando Laguarda *et al.*, reportaron a esta especie para Isla Verde, posteriormente Solís-Marín *et al.*, (en preparación) también reportaron a *C. l. rubicingulus* para Isla Verde; sin embargo hay un registro de recolecta para Isla Verde de esta especie en la Colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso Muñoz” realizada en el año de 1957 por una excursión del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la que no se registra a un recolector en específico, y asimismo hay un registro de la misma especie para Isla Santiaguillo en Veracruz (1957), uno para Quintana Roo (1986) y uno para Campeche (1996), que suman un total de 11 especímenes en dichos registros; 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 Republica 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 morfos externos similares (espinas alargadas terminadas en punta, color negro en la testa, apariencia similar de la testa, posición simétrica y extendida de las espinas, 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. l. rubicingulus*

permanecen bandeadas durante todo su ciclo de vida, pero las espinas de *D. antillarum* solo permanecen bandeadas en los juveniles, y es en este punto donde se puede incurrir al error de confundirlos si no son identificados correctamente, ya que los juveniles de *D. antillarum* son de menor talla y presentan espinas bandeadas, lo cual coincide en los adultos de *C. l. rubicingulus*. La segunda posible causa de que no haya más ejemplares reportados de *C. l. rubicingulus* tanto para el área de estudio como para otras áreas, es que los esfuerzos de recolecta han sido mínimos, por lo tanto se requieren mayores esfuerzos para registrar la real distribución de esta especie, además de completar otros estudios de tipo ecológico y biológico para conocer más de los hábitos de vida de este erizo. Tales esfuerzos ha realizar se hacen notar por la distribución batimétrica que presenta esta especie, ya que Serafy (1979) y Laguarda *et al.*, (2005) mencionan que esta especie se distribuye de los 33 a los 310 m de profundidad, lo cual sugiere que se necesitan más estudios de aguas profundas, pero queda una incógnita, porque en el arrecife Isla Verde se ha recolectado desde los 1.10 m a los 1.30 m, lo cual sugiere que la especie también se encuentra a poca profundidad y en este caso, no hay pretexto para aplicar una adecuada identificación de los especímenes de esta especie. Con respecto a *D. antillarum*, Pawson y Miller (1983) reportan que ejemplares reportados de este erizo a profundidades >50 m corresponden a *C. longispinus rubicingulus*, lo cual se contrapone con Serafy (1979) que reporta a esta especie hasta los 400 m de profundidad, el Libro de Resúmenes (2004) menciona que aunque la distribución preferencial de *D. antillarum* corresponde entre los 0 a 40 m, siendo más común a los 10 m, pero que sin embargo ejemplares de esta especie han sido observados 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 su real distribución batimétrica. Caso (1948, 1961); Villalobos (1971); Gamboa (1978); Serafy (1979); Worbis (1986); PEMEX y Secretaría de Marina (1987); Gutiérrez *et al.*, (1993); Sánchez-Domínguez (1993); Bravo (1996); Bravo *et al.*, (1999); Gutiérrez-Castro (1999); Solís-Marín *et al.*, (en preparación), reportan ampliamente a *D. antillarum* para el estado de Veracruz, y recientemente para el estado de Quintana Roo, lo que sugiere que deberían de realizarse más recolectas en los demás estados de la Republica Mexicana de la costa Este, para conocer su distribución a lo largo de la Costa Oriental Mexicana.

*D. antillarum* sufrió una mortandad masiva en los años 1983-1984 (Hunte *et al.*, 1986), tal densidad fue registrada para varias áreas y constaba de 6 hasta 23 ind/m<sup>2</sup> (Kier, 1975; Serafy, 1979), posteriormente en los años de 1990-1991 Forcucci (1994) registró una mortandad semejante para las costas de Florida, y en los libros de resúmenes (2004) reportan que aun no se han recuperado las poblaciones de esta especie de erizo para el año 2004; y esto posiblemente sea una de las causas de que en el arrecife de Isla Verde se presente una densidad poblacional demasiado baja, de 1 a 2 individuos en un cuadrante de 154 m de cada lado, añadiendo que a esta especie nunca se le observó en agregaciones con erizos de su misma especie a diferencia de lo que reportan Hendler *et al.*, (1995); esto puede ser debido a que aún no se han recuperado las poblaciones de esta especie, después de aquella mortandad masiva; otra posible causa por la que la densidad poblacional de *D. antillarum* es tan baja en el arrecife de estudio de este trabajo, es porque esta especie presenta un alto grado de intolerancia fisiológica y etológica ante los contaminantes como metales pesados como lo demuestran Bielmyer *et al.*, (2005), y esto es una evidencia sumamente esencial ya que el arrecife de Isla Verde, es uno de los arrecifes que se encuentran frente al Puerto de Veracruz, y siendo este un importante puerto mercantil e industrial es inevitable la emanación de ciertas sustancias toxicas al medio ambiente marino, y dichas sustancias afectan el desarrollo larval y provocan la muerte de los adultos; esto se confirma al apreciar que los conteos de individuos durante cada recolecta eran de erizos adultos, y durante las 4 recolectas no se observó ningún juvenil. Esta situación puede ser muy preocupante si no se hacen estudios al respecto de inmediato, ya que de ser cierto lo postulado las repercusiones que podría tener los arrecifes de coral sin estos erizos es catastrófica, ya que son uno de los principales organismos que controlan los crecimientos de las poblaciones de algas actuando como podadores, manteniendo la renovación larval de los corales, identificándose como organismos clave para el equilibrio del sistema arrecifal, principalmente de los corales. Es necesario realizar investigaciones sobre la dinámica de fijación de larvas y tasa de crecimiento de la especie, lo que proveerá información sobre 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).

Con respecto a los erizos *Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Echinometra lucunter lucunetr* y *Lytechinus variegatus* han sido ampliamente reportados, lo cual refleja una

distribución casi continua para todas las costas de los estados de la República Mexicana, a excepción de que *E. lucunter lucunter* no ha sido reportado para la costa de Yucatán y *Lytechinus variegatus* no ha sido reportado para las costas de Tabasco, a diferencia de *Echinometra viridis* que solo ha sido reportada para Veracruz, Yucatán y Quintana Roo, y *Tripneustes ventricosus* que solo ha sido reportada para Veracruz y Quintana Roo; la falta de estudios en estas zonas donde no se han registrado las especies antes mencionadas refleja el trabajo que todavía se tiene que realizar en esas áreas, para conocer la diversidad de erizos existentes en esas mismas; además de la falta de especialistas en el tema. *Echinometra viridis* presenta un problema similar al que presentan *D. antillarum* y *C. longispinus rubicingulus*, ya que *E. viridis* es comúnmente confundida con *Echinometra lucunter lucunter* por lo que su falta de registros en la costa del este de México puede estar ligada a malas identificaciones taxonómicas; el carácter más distintivo es la presencia de una mancha color púrpura en la parte más distal de las espinas en *E. viridis*.

Villalobos (1971) y Vargas-Hernández *et al.*, (1993) proponen que los elementos de la biota arrecifal inician su recuperación en marzo después de haber sufrido las drásticas modificaciones producidas durante el invierno, y ésta solo culmina hasta junio y julio donde las poblaciones alcanzan el máximo de su desarrollo. Este postulado se puede ver reflejado en la abundancia y en la variabilidad de la diversidad de las siete especies de erizos reportados en este trabajo, ya que dicha abundancia y variabilidad de la diversidad se establece de acuerdo a las épocas climáticas del estado de Veracruz. En el mes de 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 el mes de abril y además existe una variabilidad de la diversidad, ya que no presentan en las 3 recolectas de los meses de Octubre del periodo del 2000 al 2002, *Diadema antillarum*, *Centrostephanus longispinus rubicingulus* y *Lytechinus variegatus*; pero en abril, durante la primavera, que se presenta dentro del periodo cálido caracterizado por temperaturas elevadas, alta precipitación y vientos débiles (época denominada de Lluvias), se registró que la abundancia es más elevada que en los meses de octubre, de las 7 especies de erizos que se encontraron presentes en el área de estudio en tal periodo. De acuerdo a los datos de abundancia *Echinometra lucunter lucunter* es una especie dominante dentro del área de

estudio, presentó el 98.20% de la abundancia relativa en relación con las otras seis especies de equinoideos regulares que juntas representaron el 1.80 %, Por lo tanto es una especie que determina un marcado biotopo dentro de la parte sur de la laguna arrecifal de Isla Verde.

Isla Verde es uno de los arrecifes del Parque Nacional del Sistema Arrecifal Veracruzano de tipo plataforma con forma en semicírculo en sentido NW-SE (Emery, 1963; Lot-Helgueras, 1968; SEDUE, 1985; PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Lara, 1989; Gutiérrez *et al.*, 1993; Noriega, 2001; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004), y presenta las características mencionadas en general para este tipo de arrecifes, entre ellas la zona de estudio objeto de este trabajo: la laguna arrecifal de la parte Sur es de poca profundidad como lo reportan Vargas-Hernández *et al.*, (1993) y tiene forma de meseta plana, lo cuál influye de manera muy importante en la distribución de las especies de erizos estudiadas. Gutiérrez *et al.*, (1993) registran que en la zona se presentan los erizos *Diadema antillarum*, *Echinometra* sp. y *Tripnesutes ventricosus*, a diferencia de lo que reportan en la laguna arrecifal se observaron las siete especies de erizos regulares y su distribución es determinada en parte por el sustrato a los que se encuentran asociados, dichos sustratos forman biotopos y están representados por: biotopos de *Thalassia testudinum* con diversos tipos de algas, arenoso con pedacería de conchas (residuos calcáreos arrecifales), parches de arena gruesas y finas (gran cantidad de sedimentos de tipo carbonatado y terrígenos), cabezos de coral muerto con sustratos rocosos y coral vivo. Los biotopos no son continuos, se alternan unos con otros. Los erizos conforman un biotopo del 0.86% en la laguna arrecifal de Isla Verde. Gutiérrez *et al.*, (1993) no mencionan al erizo *C. longispinus rubicingulus* para la parte de barloventos que se localiza del lado E-NE, siendo que fue en esta área (hacia la laguna y no hacia la pendiente de barloventos) donde fue localizado este erizo en la parte Sur del arrecife Isla Verde. Mismo erizo que tampoco fue reportado por PEMEX y Secretaría de Marina (1987). En este trabajo se da el primer registro de *C. longispinus rubicingulus* para la zona de estudio.

En cuanto a la distribución de los erizos en tales biotopos: los especímenes de *Tripneustes ventricosus* y *Lytechinus variegatus* muestran una marcada preferencia (80 al 87%) por habitar en praderas de *Thalassia testudinum*, lo que coincide con lo reportado por Bravo, (1996) y Bravo *et al.*, (1999) pero difiere en parte por lo registrado por Serafy

(1979), ya que a este erizo nunca se le observó sobre o asociado a rocas, el resto del porcentaje de distribución se le observó en sustratos arenosos, y posiblemente esto es debido a que se encontraban migrando en busca de algún alimento preferencial, ya que la cobertura de praderas de pasto marino no es uniforme en la parte Sur de la laguna arrecifal de Isla Verde, y podían trasladarse de un manchón de pasto marino a otro, teniendo que atravesar parches de arenales, y esto es más entendible al analizar que los biotopos de rocas y corales se intercalaban con arenas, por lo tanto se le veían en los sustratos arenosos). Estas especies de equinoideos son principalmente herbívoros (De Ridder y Lawrence, 1982) por lo que es comprensible que se les encuentre habitando en praderas de pasto marino, ya que su alimentación consta principalmente de pasto marino y algas. Así mismo, se confirmó lo mencionado por Hendler *et al.*, (1995), en cuanto a que a los ejemplares de esta especie se les observó regularmente cubiertos de conchas, pedazos de pasto marino, o restos de coral, ya que se protegían de la intensidad luminosa, y esto era más evidente cuando había bajamar, porque casi todos los ejemplares registrados en bajas profundidades se les observó presentando esta conducta, lo que demuestra que esta especie no basa su distribución en la profundidad ni en la temperatura, ya que prefiere cubrirse de objetos en bajamar, para ocultarse de la alta intensidad luminosa, en vez de migrar a un sustrato que le diera protección, o que les provea menor temperatura a mayor profundidad.

*Echinometra lucunter* habita principalmente sobre sustratos rocosos (53%) coralinos-rocosos (38%) y rocosos-arenosos, 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), lo cual si es analizado desde el punto de vista de su alimentación tiene coherencia ya que aunque es funcionalmente herbívoro, también es generalista y oportunista según De Ridder y Lawrence (1982).

*Eucidaris tribuloides tribuloides* habita básicamente en sustratos coralinos-rocosos (86%), y a veces solo en sustratos rocosos (14%), lo que evidencia que esta conducta puede estar íntimamente ligada a sus hábitos alimenticios, ya que entre los alimentos de su dieta incluye el coral, además de algas, y otros organismos (Hendler *et al.*, 1995). Pero a esta especie, en el área de estudio, nunca se le encontró asociada a pastos marinos durante las recolectas, a diferencia de lo reportado por Bravo (1996) y Bravo *et al.*, (1999).

*Diadema antillarum* se observó que tiene gran capacidad de habitar diferentes sustratos dentro del área de estudio, estuvo relacionada el 40% a sustratos rocosos-arenosos, el 30% a sustratos coralinos-rocosos, el 20% a sustratos arenosos con pedacería de conchas y el 10% a sustratos rocosos lo cual coincide con lo registrado por Worbis (1986), Bravo (1996), Bravo *et al.*, (1999), Kier (1975), Serafy (1979), Gallo (1988) y Hendler *et al.*, (1995). El sustrato al que se encontraba relacionado este erizo, al parecer, dependía principalmente a la hora del día, ya que durante la mañana no se le localizaba en sustratos arenosos, arenosos con pedacería de conchas, o rocosos-arenosos; posteriormente a partir de las 15 horas se le localizaba asociado a sustratos rocosos-arenosos, y esto tenía que ver con el hecho de que estaban ocultos en alguna oquedad durante el día, y se les encontraba saliendo de ellas, y de una a dos horas mas tarde se les localizaba en arenales o arenales con pedacería de conchas, lo cual pudiera estar asociado con el hecho de que migraban en busca de alimento. Esto confirma lo reportado por los Libros de resúmenes (2004).

*Centrostephanus longispinus rubicingulus* se encontró frecuentemente asociado a sustratos coralino-rocosos (67%) y en menor proporción a sustratos rocosos (33%), pero no se encontró meramente asociada a sustratos de coral muerto como lo reportan Pawson y Miller (1983), y esta diferencia de aceptación de sustrato es obviamente entendida que depende del lugar y de la disponibilidad del mismo. El sustrato que ocupan puede estar ligado a su alimentación, y siendo que ha sido reportado por Kier (1975), De Ridder y Lawrence (1982) y Pawson y Miller (1983), que esta especie puede consumir una gran variedad de alimentos, dependiendo de lo que este disponible, pues de esta manera si se asocia sustratos coralino rocosos o rocosos no tiene problemas por consumir algas u organismos incrustantes.

El erizo *Echinometra viridis* estuvo asociado en 55% a sustratos rocosos, 40% a sustratos coralino rocosos y un 5% a sustratos arenosos-rocosos, lo cual indica que tiene una preferencia por sustratos duros y coincide por lo reportado por Bravo (1996), Bravo *et al.*, (1999), lo cual podría coincidir con que es un organismo generalista (De Ridder y Lawrence, 1983) que se alimenta de algas y organismos incrustantes en dichos sustratos.

*Eucidaris tribuloides tribuloides* presenta una amplia distribución, tanto en el Atlántico Occidental como en el oriental y aunque algunos caracteres varían en los

especímenes de ambas regiones del Atlántico, como la forma y el color de las radiolas, aspectos de las áreas medias ambulacrales e interambulacrales, relación de las placas oculares con el periprocto, etc. (Bernasconi, 1955b), el análisis morfológico de la especie presente en la zona de estudio concluye que se trata de la subespecie *E. tribuloides tribuloides* habitante de la parte sur Isla Verde.

Es importante recalcar que el género *Eucidaris* presenta varios problemas taxonómicos. El complejo de especies incluidas dentro del género debe ser revisado, para tal motivo, es necesario realizar una revisión completa de sus patrones de vida, conocimiento esencial en taxonomía que aún falta desarrollar en México (Solís-Marín, *et al.*, 1993) y realizar estudios de sistemática molecular (ADN mitocondrial) para conocer la filogenia del grupo.

*E. lucunter*, presenta una amplia dispersión, su distribución abarca tanto la costa oriental como la Occidental del Atlántico, por lo que no sería difícil que se puedan considerar algunas variedades locales en el límite del área (Bernasconi, 1955b), esta subespecie corresponde a *Echinometra lucunter lucunter* según la descripción presentada por Hendler *et al.*, 1995.

Se puede decir que la diversidad, abundancia y distribución de los equinoideos en Isla verde Veracruz depende, como en cualquier otra comunidad bentónica arrecifal, de los períodos climáticos y estacionales que se presentan a lo largo del año, por lo tanto la abundancia y la distribución de la biota no es la misma ni es constante dentro del arrecife.

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 llegarse a desarrollarse en o cerca de los ambientes marinos donde habita. Muchas de las amenazas provienen de las densas poblaciones costeras. En el área del SAV se encuentran Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo y en Quintana Roo se encuentra la ciudad con la tasa de crecimiento más alta de todo el país que es Cancún, junto a un proyectado desarrollo de 120 km de zona costero en el corredor Cancún-Tulum, este último a las puertas de Sian Ka'an (Gutiérrez, *et al.*, 1993). Los arrecifes de coral en México se sitúan cerca de la costa, a excepción de los que se encuentran en el banco de Campeche y banco Chinchorro en el Caribe; por esto se exponen

directamente a la influencia de las actividades humanas. Así, es común que los desechos municipales e industriales se arrojen directamente a los arrecifes o en las cercanías, llevando consigo diversas sustancias y elementos potencialmente nocivos. Aquellos arrecifes situados en las inmediaciones de las instalaciones portuarias, están amenazados por el vertido de hidrocarburos principalmente, así como el dragado que remueve sedimentos y libera contaminantes a la columna de agua. La producción petrolera del Golfo de México es alta y constante e inevitablemente se vierte petróleo o sus derivados y estos, acarreados por las corrientes, llegan hasta los arrecifes. Las corrientes fluviales llevan contaminantes desde tierra adentro en el continente. Además la sobreexplotación pesquera, la actividad turística irrestricta y la irresponsabilidad en el manejo de los recursos costeros, han hecho que algunos de estos sistemas arrecifales se enfrenten a serios problemas (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). Aunado a que uno de los principales factores adversos que enfrentan los arrecifes del SAV es el uso de la fauna marina para usos artesanales, actividad que influye de manera importante en el desequilibrio ecológico de los arrecifes, sobre la cuál existe muy poca información. La actividad artesanal forma parte del atractivo turístico en la zona, y es el sustento de cierto núcleo de la población, sin embargo debido a que no existen normas que regulen el uso de la fauna marina, estos recursos están siendo sobreexplotados, poniendo en serio peligro la existencia de las comunidades arrecifales (Vargas-Hernández, *et al.*, 1994). Tal es el caso de la comercialización de la testa desnuda para la elaboración de diversos *souvenirs* o solamente desnuda como adorno de las especies de erizos *Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Echinometra lucunter lucunter*, *E. viridis*, *Lytechinus variegatus* y *Tripnesutes ventricosus* en el Puerto de Veracruz, México; también se comercializan como alimento las gónadas del erizo *T. ventricosus*, en la misma área.

Aunque no es de la competencia de la NOM-059-ECOL-2001 el proponer y declarar áreas naturales protegidas, es importante considerar a que nivel debe considerarse la conservación de la biodiversidad. Jordán (1993) postula que el mayor esfuerzo en este sentido se ha dirigido a la protección de especies y poblaciones, como es el caso de las que están en peligro de extinción. Si bien esto no es cuestionable, es evidente que esa actitud sólo la podemos tomar con respecto a las pocas especies que conocemos y que por alguna razón (rara vez biológica) son o se hacen públicamente importantes. Pero en general

desconocemos una gran cantidad de especies en cada uno de los ecosistemas que podemos enumerar y nuestra capacidad para determinar porque una especie es importante es muy limitada, por lo que el mayor esfuerzo debe estar concentrado en la protección de áreas naturales, como en este caso serian los sistemas arrecifales.

Es importante remarcar que los erizos de mar son un producto pesquero que se debe explotar en México, lo anterior se logrará empleando técnicas de maricultivo en algunas costas del país que puedan sustentar este recurso. Además, se debe fomentar estudios sobre autoecología de las especies de mayor importancia comercial, con el propósito de aumentar el conocimiento sobre este recurso en las costas del país. No es la mejor manera de proteger un recurso natural negando el 100% de su comercialización, se debe investigar , promover y desarrollar su maricultura en el país para el bien, tanto del sector social, como del mismo medio ambiente (Solís-Marín y Mata, 1999). Para lograr esto debe ampliarse el conocimiento relacionado con las especies de erizos de interés, que mejor seria que se aplicara este aspecto para todas las especies que conocemos, pero este es un proceso lento y que requiere gran esfuerzo, por lo cuál es mejor dar prioridad a aquellas especies que nos indiquen un nivel de riesgo para ellas mismas o para su hábitat y sus interacciones. Una herramienta útil para unificar criterios, reunir información y tomar decisiones son las fichas técnicas que propone la NOM-059-ECOL-2001. Este postulado queda claro con la elaboración de las fichas técnicas elaboradas para las 7 especies de erizos regulares reportados en este trabajo, las cuales nos arrojan evidencias sustanciosas que nos permiten ubicar las áreas donde faltan estudios para completar el conocimiento acerca de una especie. Pero esto no se habría detectado tan detalladamente sin la elaboración de las fichas técnicas. Ahora se podrán emplear esfuerzos en dichas áreas. Es importante tener en cuenta que el conocer (desde el punto de vista ecológico, biológico, etc.) a una especie determinada nos proporciona no solo conocimiento básico, sino también nos abre nuevas pautas para investigaciones aplicativas a cualquier nivel, incluyendo el uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, en este caso de los erizos de importancia comercial.

Las fichas técnicas que propone dicha norma, solo podrán ser elaboradas para aquellas especies para las cuales existan especialistas de interés, y en la mayoría de la veces estos especialistas solo tratan un área o tema de investigación con respecto a la especie o

grupo de su incumbencia; pero que sucederá para aquellas especies para las cuales no existe ningún especialista que las estudie o peor aun, aquellas especies que aun no han sido determinadas en los inventarios faunísticos, pues aun no se conoce la biodiversidad total de tan solo un ecosistema. Dicha incongruencia podría ser resuelta elaborando las fichas técnicas que propone dicha norma para las especies que conocemos, tratando de enfatizar en las especies de mayor vulnerabilidad, claves o bioindicadoras, que el especialista considere que podría encontrarse en alguna categoría de riesgo, con el fin de integrar el conocimiento que se tenga del área para su uso, aprovechamiento y conservación. Porque quizás la mejor forma de proteger a todas las especies de un ecosistema, conocidas o no, aparentemente importantes o no, es a través de preservar los hábitat y los procesos que permiten su existencia. Para ello es necesario organizar el conocimiento del que disponemos a ese nivel y con ello entender las relaciones e interacciones entre ecosistemas adyacentes. El grado de conocimiento actual- aunque pobre en muchos casos, ya permite tomar decisiones adecuadas para proteger a muchos de nuestros ecosistemas, si se tiene la intención de hacerlo. El problema parece ser, sin embargo, que mucha gente no lo sabe, ni conoce como son esos ecosistemas y porqué pueden ser afectados por las actividades humanas. Por lo tanto es digno de tomarse en cuenta el declarar como áreas naturales protegidas a algunos arrecifes con regulaciones que permitan su manejo y conservación; y 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. Prácticamente no existen 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).

Las fichas técnicas de las 7 especies de erizos reportados en este trabajo trataron de completarse con la información respectiva; diversos aspectos quedaron inconclusos por la falta de información o estudios en el área. Esta falta de información puede estar dada por dos causas principales; la primera por la falta de estudios principalmente en el área de

ecología poblacional (incluyendo todos los puntos a cubrir por esta), o posiblemente estos estudios fueron realizados, pero no pudieron ser ubicados porque tal vez fueron publicados en revistas de poca difusión científica. Lo cual sugiere que se incrementen las investigaciones en estas áreas, con el fin de tratar de ampliar las perspectivas que se tienen acerca del papel ecológico-biológico que desempeñan estas especies en los arrecifes de coral; si bien esto requiere de mayor interés por la comunidad científica o bien por los especialistas en el área. La información que arrojaron las fichas técnicas de las 7 especies reportadas para este trabajo indican que sería de mayor utilidad completar la información principalmente para aquellas especies que funcionan como bioindicadores, tal es el caso de *Echinometra lucunter lucunter* y *Diadema antillarum*, ya que estos erizos nos podrían dar pautas acerca del deterioro ambiental que está sufriendo su ecosistema, y de esa manera poder tomar las medidas congruentes al respecto. Es necesario actualizar la información disponible sobre las especies y aplicar un método general, unificado y coherente con respecto a las materias a considerar para los diferentes taxa, así como para determinar las categorías de riesgo a las que puede ser asignada cualquier especie silvestre en la República Mexicana. Método que está fundamentado en estándares científicamente aceptables para los especialistas en el estudio de diversos grupos de organismos silvestres; para la NOM-059-ECOL-2001. Con lo respecta a animales marinos, por medio de las fichas técnicas elaboradas en este trabajo se demuestra que es necesario implementar un apartado de distribución batimétrica, en la sección de “Distribución”, otro apartado de “parásitos, asociaciones o comensales” en la sección de “Historia Natural de la Especie”, este último para dilucidar cadenas tróficas de relevante importancia para determinar interacciones entre las comunidades.

Se concluye que en el caso de la búsqueda de información para la parte de “Distribución histórica estimada” para las fichas técnicas, solo se encontraron registros para algunas especies de la Costa Occidental de México (Pacífico), ya el inicio del estudio de equinodermos de México fue en 1838-1842, cuando se hicieron referencias breves de trabajos hechos sobre especímenes colectados en localidades próximas a dichas costas mexicanas, aunque si hay algunos reportes para algunas costas orientales de México. Las costas orientales de Centroamérica y Sudamérica en el siglo XIX no fueron estudiadas, al menos no se encontró ningún registro; algunos estudios se empezaron a realizar en esas

zonas en el siglo XX y ahora en el siglo XXI, por lo tanto la información acerca de la distribución histórica estimada para las fichas técnicas de los erizos regulares de Isla Verde es nula. Así mismo no se determino ningún refugio natural para las especies. No se determino ninguna Categoría de Riesgo para ninguna de las especies de erizos regulares reportados en este trabajo, no porque no exista la posibilidad de que alguna de estas especies reúna las características para formar parte de una categoría de riesgo, sino por la falta de información. Por la tanto la sección 7 (Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México – MER) no fue aplicado a las especies de erizos regulares reportados.

Dado que México es uno de los países cuyos mares presentan mayor diversidad de equinodermos, es necesario que se fomente la formación de especialistas en este campo y se brinden recursos para incrementar los estudios sobre ellos desde diversos ángulos y niveles, tanto en las zona someras como en las profundas de las costas mexicanas, cuya fauna de equinodermos es poco conocida por los estudiosos de la biota marina mexicana.

## LITERATURA CITADA

1. ABBOTT, D. P., J. C. OGDEN Y I. A. ABBOTT. 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 No. 4. Fair-leigh Dickinson University, Christiansted, St. Croix, U. S. Virgin Islands. Iv +111 p.
2. ABLANEDO N., H. GONZÁLEZ, M. RAMÍREZ Y I. TORRES. 1990. Evaluación del erizo de mar *Echinometra lucunter* como indicador de contaminación por metales pesados, Cub. Aquat. Living Resour., 3: 113-120.
3. AGASSIZ, A. 1863. List of echinoderms sent to different institutions in exchange for other specimens, with annotations. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, 1:17-28.
4. AGASSIZ, A. 1867. Preliminary report on the echinoids from deep water between Cuba and Florida reef. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 2:253.
5. AGASSIZ, A. 1869. Preliminary report on the echini and star-fishes dredged in deep water between Cuba and the Florida reef. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, 1(9):253-308.
6. AGASSIZ, A. 1872-74. Revision of the echini. Illustrated catalogue of the museum of Comparative Zoology at Harvard University. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, 7(1):1-242.
7. AGASSIZ, A. Y DESOR, E. 1846. Catalogue raisonné des Échinoderme. 22:326.
8. AGASSIZ, A. Y H. L. CLARK. 1908. Hawaiian and other Pacific Echini. The Salenidae, Arbaciadae, Aspidodiadematidae and Diadematidae. Memoirs Museum of Comparative Zoology at Harvard College, 34(2):92.
9. ALDECO-RAMÍREZ J. Y J. M. SÁNCHEZ-JUÁREZ. 2002. Ambiente Marino y Estuarino. In: La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. Guzmán-Amaya P., C. Quiroga, C. Díaz, D. Fuentes-Castellanos (coordinadores), SAGARPA, INP y Universidad Veracruzana, 434 p.
10. ANDERSON, J. M. 1966. Aspects of Nutritional Physiology, p. 329-358. In: R. A. Boolootian (ed.), Physiology of Echinodermata. Interscience Publishers a division of John Wiley & sons, New York-London-Sidney, 822 p.
11. BELL, F. J. 1879. Observations on the characters of Echinoidea. I. On the species of the genus *Brissonus*, and on the allied forms *Meoma* and *Metalia*. Proc. Zool. London, 1879:249-255.
12. BERNASCONI, I. 1955a. Una nueva especie de Diadematidae tropical. Neotropica, 1:92.
13. BERNASCONI, I. 1955b. Equinoideos y Asteroideos de la Colección del Instituto Oceanográfico de la Universidad de San Pablo. Bolm. Do Inst. Oceanogr. São Paulo, 6(1-2):51-78.
14. BIELMYER, G. K., K. V. BRIX, T. R. CAPO Y M. GROSELL. 2005. The effects of metals on embryo-larval and adult life stages of the sea urchin, *Diadema antillarum*. Aquatic Toxicology, 74: 254-263.
15. BINYON, J. 1966. Salinity Tolerance and Ionic Regulation, p. 359- 378. In: R. A. Boolootian (ed.), Physiology of Echinodermata. Interscience Publishers a division of John Wiley & sons, New York-London-Sidney, 822 p.
16. BISHOP, C. D. Y S. A. WATTS. 1994. Two-stage recovery of gametogenic activity following starvation in *Lytechinus variegatus* Lamarck (Echinodermata: Echinoidea). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 177:27-36.
17. BLAINVILLE, H. M. D. 1825. Dictionnaire des Sciences Naturelles, 83 p.

18. BOIDRON-METAIRON, I. F. 1988. Morphological plasticity in laboratory-reared echinoplutei of *Dendraster excentricus* (Eschscholtz) and *Lytechinus variegatus* (Lamarck) in response to food conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 119:31-41.
19. BOONE, L. 1928. Scientific results of the first oceanographic expedition of the "Pawnee", 1925. Echinodermata from tropical East American seas. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection Yale University*, 1:1-22.
20. BOONE, L. 1933. Scientific results of cruises of the Yachts "Eagle" and "Ara", 1921-1928, William, K. Vanderbilt, Commanding. Coelenterata, Echinodermata and Mollusca. *Bull. Of the Vanderbilt Marine Museum*, 4:1-217.
21. BORRERO-PEREZ, G. H. Y BENAVIDES-SERRATO, M. 2004. Primer registro de *Clypeaster ravenelii* y *Centrostephanus longispinus rubricingulus* (Echinodermata: Echinoidea) para el Caribe Colombiano. *Boletín de Investigación Marina y Costera*, 33:279-284.
22. BRATTSTRÖM, H. 1992. Marine Biological investigations in the Bahamas 22. Littoral zonation at three Bahamian beachrock communities. *Sarsia* 77:81-109.
23. BRAVO-TZOMPANTZI, D. 1996. Contribución al conocimiento de los Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México, 44 p.
24. BRAVO-TZOMPANTZI, D., F. A. SOLÍS-MARÍN, A. LAGUARDA-FIGUERAS, A. M. ABREU-PEREZ, Y A. DURAN-GONZALEZ. 1999. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Caribe Mexicano: Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Avicennia*, 10/11:43-72.
25. BRITO, I. M. 1960. Os Equinóides regulares do litoral do Rio de Janeiro. *Centro de Estudos Zoológicos, Universidade do Brasil, Avulso*, 4:1-8.
26. BRITO, I. M. 1962. Ensaio de catálogos dos equinodermas do Brasil. *Avulso Centro de Estudos Zoológicos, Universidade do Brasil*, 13:1-11.
27. BRITO, I. M. 1968. Asteróides e equinóides do Estado de Guanabara e adjacências. *Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro, new series (Zoología)*, 260:1-51.
28. BROWNE, H. E. 1956. *The American Arbacia and Other Sea Urchins*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, U.S.A. 298 p.
29. BRUSCA, R. C. Y G. J. BRUSCA. 2003. *Invertebrates (second edition)*. Sinauer Assoc. Inc. Pub. Massachussets, U. S. A. 922 p.
30. BUITRÓN-SÁNCHEZ, B. E. Y F. A. SOLÍS-MARÍN. 1993. La biodiversidad en los equinodermos fósiles y recientes de México. *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural. Vol. Esp.*, 44:209-231.
31. CAMERON, R. A. 1986. Reproduction, larval occurrence and recruitment in Caribbean sea urchins. *Bulletin of Marine Science* 39:332-346.
32. CAMP, D. K., S. COBB Y J. F. van BREEDVELD. 1973. Overgrazing of seagrasses by regular urchin, *Lytechinus variegatus*. *BioScience* 23:37-38.
33. CARPENTER, R. C. 1981. Grazing by *Diadema antillarum* (Philippi) and its effects on the benthic algal communitiye. *Journal of Marine Research*, 39:749-765.
34. CARPENTER, R. C. 1984. Predator and population density control of homing behavior in the Caribbean echinoid *Diadema antillarum*. *Marine Biology (Berlin)* 82:101-108.
35. CARPENTER, R. C. 1986. Partitioning herbivory and its effects on coral reef algal communities. *Ecological Monographs* 56:345-363.

36. CARPENTER, R. C. 1988. Mass-mortality of a Caribbean sea urchin: Immediate effects on community metabolism and other herbivores. *Proceedings of the National Academy of Science of the U. S. A.* 85:511-514.
37. CARRICART-GANIVET, J. P. 1993. Blanqueamiento parcial en *Porites porites* (Cnidaria: Scleractinia) en el Arrecife de Isla Verde, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 41(3):495-498.
38. CARRICART-GANIVET, J. P. Y G. J. HORTA-PUGA. 1993. Arrecifes de Coral en México, p. 81-92. *In: Biodiversidad Marina y Costera de México.* S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad y CIQRO, México, 865 p.
39. CASO MUÑOZ, M. E. 1948. Contribución al conocimiento de los equinodermos de México. Algunas especies de equinoideos litorales. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 19(1):183-231.
40. CASO MUÑOZ, M. E. 1953. Estado actual de los conocimientos de la fauna de equinodermos de México. *Memorias del Congreso Científico Mexicano, Universidad Nacional Autónoma de México*, 3-16 p.
41. CASO MUÑOZ, M. E. 1961. Estado actual de los conocimientos acerca de los equinodermos de México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Departamento de biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 388 p.
42. CASO MUÑOZ, M. E. 1974a. Contribución al conocimiento de los Equinoideos de México. El género *Tripneustes* A. Agassiz. Morfología y ecología de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 1(1):1-24.
43. CASO MUÑOZ, M. E. 1974b. Contribución al estudio de los Equinoideos de México, Morfología de *Tripneustes depressus* Agassiz y estudio comparativo entre *T. ventricosus* y *T. depressus*. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 1(1):25-40.
44. CASO MUÑOZ, M. E. 1976. El estado actual del estudio de los equinodermos de México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 3(1):1-56.
45. CASO MUÑOZ, M. E. 1978. Los Equinoideos del Pacífico de México. Parte 1. Ordenes Cidarioidea y Aulodonta; Parte 2. Ordenes Stiridonta y Camarodonta. *Anales del Centro Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Publicación Especial*, (1): 244.
46. CASO MUÑOZ, M. E. 1979. Los Equinodermos (Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea) de la Laguna de Términos, Campeche. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Publicación Especial*, (3):1-186.
47. CASO MUÑOZ, M. E. 1980. Los Equinoideos del Pacífico de México. Parte Tercera. Orden Clypeasteroidea. *Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Publicación Especial*, (4):1-252.
48. CASO MUÑOZ, M. E. 1983. Los Equinoideos del Pacífico de México. Parte Cuarta. Ordenes Cassiduloidea y Spatangoida. *Instituto Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Publicación Especial*, (6):1-200.
49. CASO MUÑOZ, M. E., A. LAGUARDA-FIGUERAS, F. A. SOLÍS-MARÍN, A. ORTEGA-SALAS y A. L. DURÁN-GONZÁLEZ. 1994. Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 21(1-2): 67-85.
50. CASO, M. E. 1978b. Ciencia y Técnica de los Equinodermos en relación con el hombre. Primera parte aspecto científico. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 5(1): 255-286.

51. CAYCEDO, I. E. 1979. Observaciones de los equinodermos en las Islas Rosario. *Anales del Instituto de Investigación Marina, Punta Betín*, 11:39-47.
52. CHÁVEZ, E. Y E. HIDALGO. 1988. Los Arrecifes Coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 15(1):167-176.
53. CLARK, A. H. 1939. Echinoderms of the Smithsonian Hartford Expedition, 1937 with other West Indian records. *Proceedings of the United States National Museum*, 86:441-456.
54. CLARK, A. H. 1954. Echinoderms (other holothurians) of the Gulf of Mexico. pp. 373-379, En P. S. Galtsoff, (ed). *Gulf of Mexico. Its origin, waters and marine life. U. S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull.*, 55(89): 604.
55. CLARK, A. M. 1995. An index of names of recent Asteroidea- Part 3: Velatida and Spinulosida, p. 183-250. *In: M. Jangoux and Lawrence J. M. (eds.), Echinoderms Studies, Balkema, Rotterdam, London.*
56. CLARK, H. L. 1907. The Cidaridae. *Bulletin of Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 51:165-230.
57. CLARK, H. L. 1912. Hawaiian and other Pacific Echini. The Pedinidae, Phymosomatidae, Stomopneustidae, Echinidae, Temnopleuridae, Strongylocentrotidae, and Echinometridae. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 34(4):108.
58. CLARK, H. L. 1918. Report on the Crinoidea and Echinoidea collected by the Bahama Expedition from the University of Iowa in 1893. *Iowa. Monogr. Bulletin of Natural History*, 7(5):1-37.
59. CLARK, H. L. 1919. The distribution of the littoral Echinoderms of the West Indies. *Carnegi Institution of Washington*, 281(13):49-74.
60. CLARK, H. L. 1921. Report of the Echinoidea collected by the Barbados-Antigua Expedition from the University of Iowa in 1918. *University of Iowa Studies in Natural History*, 9(5):103-121.
61. CLARK, H. L. 1922. Echinoids of Challenger Bank, Bermuda. *Proceeding of American Academy of Arts and Sciences*, 57: 361.
62. CLARK, H. L. 1925. Catalogue of the recent sea urchins. *British Museum of History. London*, p. 1-250.
63. CLARK, H. L. 1933. A handbook of the littoral Echinoderms of Porto Rico and other West Indian Islands. *Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands*, 16:1-147.
64. CLARK, H. L. 1941. The Echinoderms (other than holothurians). Reports on the Scientific Results of the Atlantis Expeditions to the West Indies, under the joint auspices of the University of Havana and Harvard University. *Memorias, Sociedad Cubana de Historia Natural "Felipe Poey"*, 15:1-154.
65. CRIALES, M. M. 1984. Shrimps associated with coelenterates, echinoderms, and molluscs in the Santa Marta Region, Colombia. *Journal of Crustacean Biology* 4:307-317.
66. DE RIDDER, C. D. Y J. M. LAWRENCE. 1982. Food and Feeding Mechanisms: Echinoidea, p. 57-116. *In: M. Jangoux and Lawrence J. M. (eds.), Echinoderm nutrition. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands*, 654 p.
67. DE RIDDER, C. D. Y M. JANGOUX. 1982. Digestive Systems: Echinoidea, p. 213-234. *In: M. Jangoux and Lawrence J. M. (eds.), Echinoderm nutrition. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands*, 654 p.
68. DE RUYTER VAN STEVENINCK, E. D. Y A. M. BREEMAN. 1987. Deep water vegetations of *Lobophora variegata* (Phaeophyceae) in the coral reef of Curaçao: Population dynamics in relation to mass mortality of the sea urchin *Diadema antillarum*. *Marine Ecology Progress Series* 36:81-90.
69. DES MOULINS, C. 1837. Études sur les Échinides Pt. III *Actes Soc. Linn. Bordeaux*, (7 y 9): 520.

70. DEVANEY, D. M. 1974. Shallow water echinoderms from British Honduras, with a description of a new species of *Ophiocoma* (Ophiuroidea). *Bulletin of Marine Science*, 24:122-164.
71. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 16 de Mayo de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies, subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción y que establece especificaciones para su protección.
72. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 22 de Marzo del 2000. Se modificó la referida Norma Oficial Mexicana en el que el pepino de mar *Isostichopus fuscus* considerado en la categoría de especie en peligro de extinción se ubicó en la categoría de especie sujeta a protección especial.
73. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 3 de Julio del 2000. Ley General de Vida Silvestre.
74. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 6 de marzo del 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
75. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. Lunes 24 de Agosto de 1992. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del estado de Veracruz, con superficie de 52, 238-91-50 hectáreas, p. 6-15.
76. DÖDERLEIN, L. 1906. Die Echinoiden der deutschen Tiefsee-Expedition. *Wissensch. Ergebn. Dtsch. Tiefsee-exped. Valdivia* 5, Lief 2. 101 p.
77. DONOVAN, S. K. Y B. JONES. 1994. Pleistocene echinoids (Echinodermata) from Bermuda and Barbados. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 107:109-113.
78. DURÁN-GONZÁLEZ, A., A. LAGUARDA-FIGUERAS, F. A. SOLÍS-MARÍN, B. E. BUITRÓN-SÁNCHEZ, C. GUST-AHEARN Y J. TORRES-VEGA. 2005. Echinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista Biología Tropical*, 53(Suppl. 3):53-68.
79. DURHAM, J. W. Y R. V. MELVILLE. 1958. A Classification of Echinoids. *Sobretiro de la Sección VII-Paleontología, Taxonomía y Evolución, Congreso Geológico Internacional, XX<sup>a</sup> Sesión, México, D. F. 1956*, p. 175-188.
80. EDMUNDS, P. J. Y R. C. CARPENTER. 2001. Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef, p. 5067-5071. *In* R. T. Paine (ed.), *University of Washington*. 98(9).
81. EMERY, K. O. 1963. Estudios regionales. Arrecifes Coralinos en Veracruz, México. *Geofísica Internacional*, 3(1):11-17.
82. EMMET, R. B. 1988. Larval form and metamorphosis of a "primitive" sea urchin, *Eucidaris thouarsi* (Echinodermata: Echinoidea: Cidaroida), with implications for developmental and phylogenetic studies. *Biological Bulletin (Woods Hole)* 174:4-19.
83. ENDEAN, R. 1966. The Coelomocytes and Coelomic Fluids, p. 301-328. *In*: R. A. Boolootian (ed.), *Physiology of Echinodermata*. Interscience Publishers a division of John Wiley & sons, New York-London-Sidney, 822 p.
84. ENGEL, H. 1927. Echinoidea (v. Curacao). *Bijdr. Tot de dierk*, 25:193.
85. ESPEJEL, M. J. 1991. Aspectos geológicos y ecológicos de la distribución de los escleractinios en los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el puerto de Veracruz, Golfo de México, Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
86. ESPINOSA, J., M. ABREU Y O. GOMEZ. 1997. Adiciones a la fauna de equinodermos de Cuba. *Avicennia*, 6(7):61-64.
87. FARMANFARMAIAN, A. 1966. The Respiratory Physiology of Echinoderms, p. 245-266. *In*: R. A. Boolootian (ed.), *Physiology of Echinodermata*. Interscience Publishers a division of John Wiley & sons, New York-London-Sidney, 822 p.

88. FELL, F. J. 1975. The echinoid genus *Centrostephanus* in the south Pacific Ocean with a description of a new species. *J R. Society of Natural Zoology*, 5(2):179-193.
89. FELL, H. B. 1966. Cidaroids, p. U312-U313. *In: Treatise on Invertebrate Paleontology, part U: Echinodermata 3, Vol. 1.*, R. C. Moore (ed.), The Geological Society of America and the University of Kansas Presss, Lawrence, Kansas, 366 p.
90. FELL, H. B. Y R. C. MOORE. 1966. General Features and Relationships of Echinozoans, p. U108-U118. *In: Treatise on Invertebrate Paleontology, part U: Echinodermata 3, Vol. 1.*, R. C. Moore (ed.), The Geological Society of America and the University of Kansas Presss, Lawrence, Kansas, 366 p.
91. FORCUCCI, D. 1994. Population density, recruitment and 1991 mortality event of *Diadema antillarum* in the Florida Keys. *Bulletin of Marine Science* 54(3): 917-928.
92. FREELAND, L. G. 1971. Carbonate sediments in a terrigenous province: the reefs of Veracruz, Mexico. Ph. D. Diss., Rice University, Houston, 233 p.
93. 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.
94. GALTISOFF, P. S. 1954. Historial sketch of the explorations in the Gulf of Mexico, p. 3-36. *In: P. S. Galtsoff, (ed). Gulf of Mexico. Its origin, waters and marine life.* U. S. Fish Wildlife Service, Fish Bulletin, 55(89):604.
95. GAMBOA, C. J. A. 1978. Estudio preliminar acerca de la fauna de equinodermos de la Costa Norte del Estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León, 121 p.
96. GARCÍA, M. A. 1992. Moluscos bentónicos del arrecife coralino Anegada de Adentro, Veracruz, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 65 p.
97. GARCÍA, M. E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen. FOCET Larios, México, 252 p.
98. GONZÁLEZ, A. X. 2000. Reclutamiento y mortalidad parcial de *Acropora palmata* (Cnidaria: Scleractinia) del arrecife Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
99. GONZÁLEZ-SOLIS, A. 1985. Composición y estructura poblacional de las anémonas de Isla Verde, Veracruz. Tes. Prof., Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, 40 p.
100. GOODING, R. U. 1974. Animals associated with the sea urchin *Diadema antillarum*. *In: T. J. Bright y L. H. Pequegnat (eds.)*, Biota of the West Flower Garden Bank, Gulf Published Company, Houston, Texas.
101. GRAY, J. E. 1825. An attemp to divide the Echinida, or sea-eggs, into natural families. *Annals of Philosophy*, 26:423-431.
102. GRAY, J. E. 1855. An arrangement of the families of Echinida, with descriptions of some new genera and species. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1855:35-39.
103. GREENSTEIN, B. J. 1991. An integrated study of echinoid taphonomy: Predictions for the fossil record of four echinoid families. *Palaios* 6:519-540.
104. GREENSTEIN, B. J. 1993. Is the fósil record of regular echinoids really so poor? A comparison of living and subfossil assemblages. *Palaios* 8:587-601.
105. GRUNBAUM, H., G. BERGMAN, D. P. ABBOTT Y J. C. OGDEN. 1978. Intraspecific agonistic behavior in the rock-boring sea urchin *Echinometra lucunter* (L.) (Echinodermata: Echinoidea). *Bulletin of Marine Science* 28:181-188.
106. GUILCHER, A. 1988. Coral Reef Geomorphology. John Wiley & Sons, 228 p.

107. GUTIÉRREZ CASTRO, A. I. 1999. Los Equinoideos (Equinodermata: Echinoidea) del Golfo de México colectados durante las Campañas Oceanográficas PROGMEX y OGMEX. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 125 p.
108. GUTIÉRREZ, D., C. GARCÍA-SÁENZ, M. LARA Y C. PADILLA. 1993. Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo, p. 787-806. *In*: Biodiversidad Marina y Costera de México, S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y CIQRO, 865 p.
109. HAWKINS, C. M. 1981. Efficiency of organic matter absorption by the tropical echinoid *Diadema antillarum* Philippi fed non-macrophytic algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 49:245-253.
110. HAY, M. E. 1984. Patterns of fish and urchin grazing on Caribbean coral reefs: Are previous results typical? *Ecology* 65:446-454.
111. HAY, M. E. Y P. R. TAYLOR. 1985. Competition between herbivorous fishes and urchins on Caribbean reefs. *Oecologia (Berlin)* 65:591-598.
112. HEILPRIN, A. 1891. The coral and Coral Reefs of Western waters of Gulf of México. Hábeas Christi University, Texas, 73 p.
113. HENDLER, G. 1977. The differential effects of seasonal stress and predation on the stability of reef-flat echinoid populations. *In*. D. L. Taylor (ed.), Proceedings: Third International Coral Reef Symposium. Volumen 1 (Biology), Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Miami, Florida.
114. HENDLER, G., J. E. MILLER, D. L. PAWSON Y P. M. KIER. 1995. Sea star, Sea urchin and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution, 390 p.
115. HERNÁNDEZ-AGUILERA, J. L., R. E. TORAL-ALMAZAN, J. A. RUIZ-NUÑO Y 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. *In*: IV Reunión Internacional Alejandro Villalobos, 21-22 de octubre, Samuel Gómez (coordinador del comité), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
116. HERRERA MORENO, A., E. VALDÉS-MUÑOZ Y D. IBARZÁBAL BOMBALIER. 1981. Evaluación poblacional del erizo negro, *Diadema antillarum* Philippi, mediante un diseño de muestreo aleatorio estratificado, y algunos aspectos de su biología. *Ciencias Biológicas* 6: 61-79.
117. HERTEL, L., D. W. DUSZYNSKI, Y J. E. UBELAKER. 1990. Turbellarians (Umagillidae) from Caribbean urchins with a description of *Syndisyrix collongistyla*, n. sp. *Transactions of the American Microscopical Society* 109:272-281.
118. HINES, G. A., J. B. McCLINTOCK, Y S. A. WATTS. 1992. Levels of estradiol and progesterone in male and female *Eucidaris tribuloides* (Echinodermata: Echinoidea) over an annual gametogenic cycle. *Florida Scientist* 55:85-91.
119. HOFFMAN, S. G., Y D. R. ROBERTSON. 1983. Foraging and reproduction of two Caribbean reef toadfishes (Batrachoididae). *Bulletin of Marine Science* 33: 919-927.
120. HORTA-PUGA, G. Y J. M. VARGAS-HERNÁNDEZ. 2000. El Sistema Arrecifal Veracruzano. [www.Jornada.unam.mx/2000/sep00/000925/eco-sistema.html](http://www.Jornada.unam.mx/2000/sep00/000925/eco-sistema.html)
121. HOSKIN, C. M., Y J. K. REED. 1985. Carbonate sediment production by the rock-boring urchin *Echinometra lucunter* and associated endolithic infauna at Black Rock, Little Bahama Bank. *Symposia Series Underwater Research* 3:151-161.
122. <http://smn.cna.gob.mx/SMN.html> SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL.
123. HUGHES, T. P. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradations of a Caribbean coral reef. *Science (Washington, D. C.)* 265: 1547-1551.

124. HUGHES, T. P., B. D. KELLER., J. B. C. JACKSON AND M. J. BOYLE. 1985. Mass mortality of the echinoid *Diadema antillarum* Philippi in Jamaica. *Bulletin of Marine Science*, 36(2): 377-384.
125. HUGHES, T. P., D. C. REED, Y M. J. BOYLE. 1987. Herbivory on coral reefs: Community structure following mass mortalities of sea urchins. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 113:39-59.
126. HUNTE, W., I. CÔTÉ Y T. TOMASCIK. 1986. On the dynamics of the mass mortality of *Diadema antillarum* in Barbados. *Coral Reefs*, 4:135-139.
127. HUTCHINGS, P. A. 1986. Biological destruction on coral reefs: A review. *Coral Reefs*, 4(4): 239-252.
128. HYMAN, L. H. 1955. *The Invertebrates: Echinodermata. The coelomate Bilateria. Vol. 4.* McGraw-Hill Book Company, New York, U.S.A., 763 p.
129. ILIFFE, T. M., Y J. S. PEARSE. 1982. Annual and lunar reproductive rhythms of the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi in Bermuda. *International Journal of invertebrate Reproduction* 5: 139-148.
130. INEGI Y SEMARNAP. 1998. *Estadística del Medio Ambiente 1997.* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, 461 p.
131. IVES, J. E. 1890. Echinoderms from the Northern Coast of Yucatan and the Harbor of Veracruz. *Proc. Academy National of Science. Philadelphia*, 1890:317-340.
132. JACKSON, R. T. 1912. Phylogeny of the Echini, with a revision of Paleozoic species. *Memories of Boston Society of Natural History*, 7:460.
133. JACKSON, R. T. 1914. *Studies of Jamaica Echini.* Publications of the Carnegie Institute. Washington, 182:139-162.
134. JÁCOME, L. 1992. Análisis de las comunidades malacológicas asociadas al arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 62 p.
135. JEFFERIES, R. P. S. 1988. How to characterize the Echinodermata- some implications of the sister-group relationship between echinoderms and chordates, p. 3-12. *In: C. R. C. Paul and Smith A. B. (eds.), Echinoderm Phylogeny and Evolutionary Biology.* Liverpool Geological Society by Clarendon Press, Oxford.
136. JORDÁN DAHLGREN, E. 1993. El ecosistema Arrecifal Coralino del Atlántico Mexicano, p. 157-175. *In: Diversidad biológica en México.* R. Gío- Argáez y E. López-Ochoterena (eds.). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol. Esp. XLIV.
137. KARLSON, R. H. 1983. Disturbance and monopolization of spatial resource by *Zoanthus sociatus* (Coelenterata: Anthozoa). *Bulletin of Marine Science* 33: 118-131.
138. KIER, P. M. 1975. The echinoids of Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 206:1-20.
139. KIER, P. M. Y M. H. LAWSON. 1978. Index of Living and Fossil Echinoids. 1924-1970. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, (34):1-182.
140. KIER, P. M., Y R. E. GRANT. 1965. Echinoid distribution and habits, Key Largo Coral Ref. Preserve, Florida. *Smithsonian Miscellaneous Colections* 149:1-68.
141. KLEITMAN, N. 1941. The effect of temperature on the righting of echinoderms. *Biological Bulletin (Woods Hole)* 80:282-298.
142. KOEHLER, R. 1908. Astéries, Ophiures et Echinides. *Rep. "Scotia"*, 5:302.
143. KOEHLER, R. 1914. *Echinoderm fauna of West Africa*, 218 p.

144. KRUTAK, P. R., S. E. RICKLES Y R. G. ARGAEZ. 1980. Modern astracod species diversity, dominance and biofaces patterns Veracruz Antón Lizardo reefs, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México, 7(2):181-198.
145. LAGUARDA-FIGUERAS, A., A. I. GUTIERREZ-CASTRO, F. A. SOLÍS-MARÍN, A. DURÁN-GONZÁLEZ Y J. TORRES-VEGA. 2005a. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. *Revista Biología Tropical*, 53(Suppl. 3):69-108.
146. LAGUARDA-FIGUERAS, A., F. A. SOLÍS-MARÍN, A. DURÁN-GONZÁLEZ, C. GUST-AHEARN, B. E. BUITRÓN-SÁNCHEZ Y J. TORRES-VEGA. 2005b. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Mexicano. *Revista Biología Tropical*, 53(Suppl.3): 109-122.
147. LAMARCK, J. B. A. DE. 1816. Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres, présentant les caractères généraux et particulieres de ces animaux, leur distribution, leur classes, leur familles, leur genres, et la citation des principales espèces qui s' rapportent; Précédés d'une Introduction offrant la Détermination des caractères essentiels de l'Animal, sa distinction du végétal et des autres corps natureles, en fin, l'Exposition des Principes fondamentaux de la Zoologie. Tome Second. Libraire Verdière, Paris, III + 568 p.
148. LARA, M. 1989. Zonación y caracterización de los escleractinios en el arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
149. LARES, M. T., Y J. B. McCLINTOCK. 1991. The effects of food quality and temperature on the nutrition of the carnivorous sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck). *Journal of experimental Marine Biology and Ecology* 149:279-286.
150. LAWRENCE, J. 1987. A Functional Biology of Echinoderms. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, U.S.A., 340 p.
151. LAWRENCE, J. M. 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 13:213-286.
152. LESKE, N. G. 1778. Additamenta ad Jacobi Theodori Klein naturalem dispositionem Echinodermatum. Accessit lucubratiuncula de Aculeis Echinorum marinorum, cum spicilegio de Belemnitis. Edita et aucta a N. G. Leske. Lipsiae, 278 p.
153. LESSIOS, H. A. 1985. Annual reproductive periodicity in eight echinoid species on the Caribbean coast of Panama. *In*. B. F. Keegan y B. D. S. O'Connor (eds.), *Proceedings of the Fifth International Echinoderm Conference*, Galway, 24-29 September, 1984, Balkema, Rotterdam, 303-311.
154. LESSIOS, H. A. 1987. Temporal and spatial variation in egg size of 13 Panamanian echinoids. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 114: 217-239.
155. LESSIOS, H. A. 1991. Presence and absence of monthly reproductive rhythms among eight Caribbean echinoids off the coast of Panama. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 153: 27-47.
156. LESSIOS, H. A. 1981. Reproductive periodicity of the echinoids *Diadema* and *Echinometra* on the two coasts of Panama. *Journal Expedition of Marine Biology and Ecology*. 50: 47-61.
157. LESSIOS, H. A., D. R. ROBERTSON Y J. D. CUBIT. 1984b. Spread of *Diadema* mass mortality through the Caribbean. *Science*, 226:335-337.
158. LESSIOS, H. A., J. D. CUBIT, D. R. ROBERTSON, M. J. SHULMAN, M. R. PARKER, S. D. GARRITY, Y S. C. LEVINGS. 1984a. Mass mortality of *Diadema antillarum* on the Caribbean coast of Panama. *Coral Reefs* 3:173-182.
159. LESSIOS, H. A., Y C. W. CUNNINGHAMMM. 1990. Gametic incompatibility between species of the sea urchin *Echinometra* on the two sides of the Isthmus of Panama. *Evolution* 44:933-941.

160. LEVITAN, D. R. 1988a. Asynchronous spawning and aggregative behavior in the sea urchin *Diadema antillarum* (Philippi) In. r. d. Burke, P. V. Mladenov, P. Lambert, y R. L. Parsley (eds.), Echinoderm Biology. Proceedings of the Sixth International Echinoderm Conference, Victoria, 23-28 August 1987, Balkema, Rotterdam, 181-186.
161. LEVITAN, D. R. 1988b. Density-dependent size regulation and negative growth in the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi. *Oecología* (Berlin) 76:627-629.
162. LEVITAN, D. R. 1989. Density-dependent size regulation in *Diadema antillarum*: Effects on fecundity and survivorship. *Ecology* 70:1414-1424.
163. LEVITAN, D. R. 1991. Skeletal changes in the test and jaws of the sea urchin *Diadema antillarum* in response to food limitation. *Marine Biology* (Berlin) 111:431-435.
164. LEVITAN, D. R., Y S. J. GENOVESE. 1989. Substratum-dependent predator-prey dynamics: Patch reefs as refuges from gastropod predation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 130:111-118.
165. LEWIS, J. B. 1958. The biology of the tropical sea urchin *Tripneustes esculentus* Leske in Barbados, British West Indies. *Canadian Journal of Zoology* 36:607-621.
166. LEWIS, J. B. 1961. List of the Echinoidea of Barbados. *Journal of the Barbados Museum of Natural History Society*, 28(2):52-53.
167. LEWIS, J. B. 1964. Feeding and digestion in the tropical sea urchin *Diadema antillarum* Philippi. *Canadian Journal of Zoology* 42:549-557.
168. LIBRO DE RESUMENES. 2004. The Diadema Workshop. The Nature Conservancy. The National Fish and Wildlife Foundation Rosentiel School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami.
169. LINNAEUS, C. 1758. *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. Tomus I. Editio Decima, Reformata.* Impensis Direct. Laurentii Salvii, Holmiae, IV + 824 p.
170. LIRA, I. E., C. E. MONTOYA Y F. M. CUEVAS. 1992. Estructura y función de los organismos vivos. De protozoarios a cordados. Editorial Trillas, México, p. 61.
171. LÓPEZ, M. 1992. Diagnósis taxonómica de las esponjas de las estructuras arrecifales de Antón Lizardo y Puerto de Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 88 p.
172. LOT-HELGUERAS, A. 1968. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver., Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 66 p.
173. LOT-HELGUERAS, A. 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver., *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 429(1):1-48.
174. LOVÉN, S. 1887. On the Echinoidea described by Linnaeus. *Bihang. Sv. Vetensk. Akad. Handl. N., Ser. 13:153-157.*
175. LÜTKEN, C. F. 1863. Bidrag til Kundskab om Echiniderne. *Vid. Medd. Nat. Foren. Kjobenhavn*, 139 p.
176. MÄRKEL, K., Y U. ROSER. 1983. The spine tissues in the echinoid *Euclidaris tribuloides*. *Zoomorphology* (Berlin) 103:25-41.
177. MARTENS, E. VON. 1865. Über *Toxocidaris mexicana* u. ihre individuelle. Verschiedenheiten. *Abhandl. D. Ges. Naturf. Freunde. Berlin*, 14 p.
178. 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 de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, 92 p.

179. MAZUR, J. E., Y W. MILLER. 1971. A description of the complete metamorphosis of the sea urchin *Lytechinus variegatus* cultured in synthetic sea water. The Ohio Journal of Science 71:30-36.
180. McCLINTOCK, J. B., T. S. KLINGER, Y J. M. LAWRENCE. 1982. Feeding preferences of echinoids for plant and animal food models. Bulletin of Marine Science 32:365-369.
181. McCLINTOCK, J. B., Y S. A. WATTS. 1990. The effects of photoperiod on gametogenesis in the tropical sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck) (Echinodermata:Echinoidea). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 139: 175-184.
182. McGEHEE, M. A. 1992. Distribution and abundance of two species of *Echinometra* (Echinoidea) on coral reefs near Puerto Rico. Caribbean Journal of Science 28:173-183.
183. McPHERSON, B. F. 1965. Contributions to the biology of the sea urchin *Tripneustes ventricosus*. Bulletin of Marine Science 15:228-244.
184. McPHERSON, B. F. 1968a. Contributions to the biology of the sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck). Bulletin of Marine Science 18:400-443.
185. McPHERSON, B. F. 1968b. Feeding and oxygen uptake of the tropical sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck). Biological Bulletin (Woods Hole) 135:308-321.
186. McPHERSON, B. F. 1969. Studies on the biology of the tropical sea urchin *Echinometra lucunter* and *Echinometra viridis*. Bulletin of Marine Science 19:194-213.
187. MEGLITSCH, A. P. 1981. Zoología de Invertebrados. H. Blume Ediciones, España, 906 p.
188. MELVILLE, R. V. Y J. W. DURHAM. 1966. Introduction, p. U212-U213. In: Treatise on Invertebrate Paleontology, part U: Echinodermata 3, Vol. 1., R. C. Moore (ed.), The Geological Society of America and the University of Kansas Press, Lawrence, Kansas, U.S.A., 366 p.
189. MILLOT, N. 1956. The covering reaction of sea urchins. 1. A preliminary account of covering in the tropical echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck), and its relation to light. Journal of Experimental Biology 33:508-523.
190. MILLOT, N. 1965. The enigmatic echinoids. In: R. Bainbridge, G. C. Evans, y R. Rackham (eds.), Light as an Ecological Factor: A Symposium held in Cambridge on March 30 to April 1<sup>st</sup>, 1965, Blackwell, Oxford, 265-291.
191. MILLOT, N. 1968. The dermal light sense. Symposia of the Zoological Society of London No. 23:1-36.
192. MILLOT, N., y R. COLEMAN. 1969. The podial pit-a new structure in the echinoid *Diadema antillarum* Philippi. Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie 95:187-197.
193. MOOI, R., Y D. JANIES. 1999. *Xyloplax* is an asteroid, p. 311-316. In: C. Carnevali and Bonasoro, F. (eds.), Echinoderm Research. Balkema, Rotterdam, London.
194. MOORE, D. R. 1956. Observations of predation on echinoderms by three species of Cassididae. The Nautilus 69:73-76.
195. MOORE, D. R. 1958. Notes on Blanquilla reef, the most northerly coral formation in the western Gulf of México. Publication of Institute Marine Sciences, University of Texas, 5:151-155.
196. MOORE, D. R. 1966. Ecology of echinoids. In: R. A. Boolotian (ed.), Physiology of Echinodermata, John Wiley Interscience, New York, 73-85.
197. MOORE, H. B., T. JUTARE, J. A. JONES, B. F. McPHERSON, Y C. F. E. ROPER. 1963b. A contribution to the biology of *Tripneustes esculentus*. Bulletin of Marine Science 13:267-281.
198. MOORE, H. B., T. JUTARE, J. C. BAUER, Y J. A. JONES. 1963a. The biology of *Lytechinus variegatus*. Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean 13:23-53.

199. MOORE, H. B., Y B. F. McPHERSON. 1965. A contribution to the study of the productivity of the urchins *Tripneustes esculentus* and *Lytechinus variegatus*. *Bulletin of Marine Science* 15:855-871.
200. MOORE, R. C. (Ed.). 1966. *Treatise on invertebrate paleontology*, 3(U):695.
201. MORELOCK, J. Y K. J. KOENIG. 1967. Terrigenous sedimentation in a shallow water coral reef environment, *Journal of Sediment. Petrol.*, 37(4):1001-1005.
202. MORRISON, D. 1988. Comparing fish and urchin grazing in shallow and deeper coral reef algal communities. *Ecology* 69:1367-1382.
203. MORTENSEN, T. 1909. Echinodermen. *Deutsche Südpolar Exp.*, 6:1-40.
204. MORTENSEN, T. 1921. *Studies of the Development and Larval Forms of Echinoderms*. G. E. C. Gad, Copenhagen, Denmark., 266 p.
205. MORTENSEN, T. 1927. Échinodermen. *Travailleur et Talisman*, p. 24.
206. MORTENSEN, T. 1928. A Monograph of the Echinoidea. Volumen I. Cidaroidea. C. A. Rietzel, Copenhagen, 1: 551.
207. MORTENSEN, T. 1931. Contribution to the study of the development and larval forms of some echinoderms. I. The development and larval forms of some tropical echinoderms. II. Observation on some Scandinavian echinoderm larvae. *Kongelig Danske Videnskabernes Selskab Skrifter Naturvidenskabelig og Mathematisk*, 41:1-39.
208. MORTENSEN, T. 1933. Papers from Dr. Th. Mortensen's Pacific Expedition, 1914-1916. LXVI. The echinoderms of Sta. Helena (other than crinoids). *Videnskabelige Meddelelser fra den naturhistorisk Forening i Kjobenhavn*, 93:401-472.
209. MORTENSEN, T. 1935. A Monograph of the Echinoidea. Bothriocidaroidea, Melonechinoidea, Lepidocentrotida and Stirodonta. C. A. Rietzel, Copenhagen, 2:647.
210. MORTENSEN, T. 1940. A Monograph of the Echinoidea. Volume III. (1). Aulodonta, With additions to Vol. II (Lepidocentra and Stirodonta). C. A. Reitzel, Copenhagen. iv + 370 p.
211. MORTENSEN, T. 1943a. A Monograph of the Echinoidea. Volumen III (2). Camarodonta I. Orthopsidae, Glyphocyphidae, Temnopleuridae and Toxopneustidae. C. A. Rietzel, Copenhagen, 3(2):553.
212. MORTENSEN, T. 1943b. A Monograph of the Echinoidea. Volumen III (3). Camarodonta. II. Echinidae, Strongylocentrotidae, Parasaleniiidae, Echinometridae. C. A. Rietzel, Copenhagen, 3(3):553.
213. MORTENSEN, T. 1951. Report on the Echinoidea Collected by the Atlantide Expedition. *Atlantide Rep.*, 2:293-303.
214. MORTENSEN, T. 1977. *Handbook of the Echinoderms of the British Isles*. Clarendon Press Oxford, Rotterdam, 471 p.
215. MOTOKAWA, T. 1984. Connective tissue catch in echinoderms. *Biology Reviews*, 59:255-270.
216. MUÑOZ, M. G. DE V., Y J. ELLIES. 1982. The effect of ferrous sulfate and sodium hypochlorite on fertilization and development of *Echinometra lucunter*. In: J. M. Lawrence (ed.), *Echinoderms: Proceedings of the International Conference, Tampa Bay, 14-17 September, 1981*, Balkema, Rotterdam, 525-527.
217. NAPPI, A. J. Y J. A. CRAWFORD. 1984. The occurrence and distribution of a syndesmid (Turbellaria: Umagillidae) in Jamaica sea urchin, *Journal of Parasitology* 70: 595-597.
218. NICHOLS, D. 1966. Functional Morphology of the Water-Vascular System, p. 219-244. In: R. A. Booloootian (ed.), *Physiology of Echinodermata*. Interscience Publishers a division of John Wiley & sons, New York-London-Sidney, 822 p.

219. NISHIMURA MURAKAMI, M. 2005. Distribución y abundancia del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Echinodermata: Toxopneustidae) en la laguna del arrecife de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 113 p.
220. NORIEGA, E. E. 2001. Metales pesados en *Thalassia testudinum* (pasto marino) en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
221. OGDEN, J. C. 1977. Carbonate-sediment production by parrot fish and sea urchin on Caribbean reefs. *Studies in Geology* 4:281-288.
222. OGDEN, J. C., D. P. ABBOTT, Y I. A. ABBOTT. 1973a. Studies on the activity and Food of the Echinoid *Diadema antillarum* Philippi on a West Indian Patch Reef. West Indian Laboratory Special Publication No. 2. Fairleigh Dickinson University, Christiansted, St. Croix, U. S. Virgin Islands, 96 p.
223. OGDEN, J. C., R. A. BROWN, Y N. SALESKY. 1973b. Grazing by the echinoid *Diadema antillarum* Philippi: Formation of halos around West Indian patch reefs. *Science* (Washington, D. C.) 182:713-716.
224. ORBE MENDOZA A. A. 1971. Contribución al conocimiento de los Cidaroides de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 34 p.
225. PADILLA, C. 1989. Estructura comunitaria de escleractinios del arrecife Cabezo, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
226. PARKER, D. A., Y M. J. SHULMAN. 1986. Avoiding predation: Alarm responses of Caribbean sea urchin to simulated predation on conspecific and heterospecific sea urchin. *Marine Biology* (Berlin) 93:201-208.
227. PATTON, W. K., R. J. PATTON, Y A. BARNES. 1985. On the biology of *Gnathophylloides mineri*, a shrimp inhabiting the sea urchin *Tripneustes ventricosus*. *Journal of Crustacean Biology* 5:616-626.
228. PAWSON, D. L. Y J. MILLER. 1983. Systematics and ecology of the sea-urchin genus *Centrostephanus* (Echinodermata: Echinoidea) from the Atlantic and Eastern Pacific Oceans. *Smithsonian Contribution to Marine Sciences*, 20:1-15.
229. PEARSE, J. S., Y R. A. CAMERON. 1991. Echinodermata: Echinoidea. In. A. C. Giese, J. S. Pearse, y V. B. Pearse (eds.), *Reproduction of Marine Invertebrates, Volume VI, Echinoderms and Lophophorates*, The Boxwood Press, Pacific Grove, California, 513-662.
230. PEMEX (PETRÓLEOS MEXICANOS) Y SECRETARÍA DE MARINA. 1987. Evaluación de los corales escleractinios del Sistema Arrecifal del puerto de Veracruz. *Petróleos Mexicanos y Secretaría de Marina*, 119 p.
231. PETERSEN, J. A., Y A. M. ALMEIDA. 1976. Effects of salinity and temperature on the development and survival of the echinoids *Arbacia*, *Echinometra* y *Lytechinus*. *Thalassia Jugoslavica* 12:297-298.
232. PHELAN, T. 1970. A Field Guide to the Cidaroid Echinoids of the Northwestern Atlantic Ocean, Gulf of Mexico, and the Caribbean Sea. *Smithsonian Contribution to Zoology*, 40:1-22.
233. PHILIPPI, D. 1845. Beschreibung einiger neuen Echinodermen. *Arch. F. Naturgesch*, 1:1-355.
234. PIZAÑA, F. J. 1990. Moluscos arrecifales de Antón Lizardo, Veracruz, Un enfoque biogeográfico. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
235. POMEL, A. 1869. Revue des Echinodermes et de leur classification pour servir d'introduction a l'étude des fósiles. Paris, 67 p.

236. POMPA, L., A. S. PRIETO, Y R. MANRIQUE. 1990. Abundance and spatial distribution pattern in a population of the urchin *Echinometra lucunter* (L.) in the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 40:289-294.
237. RANDALL, J. E. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. Institute of marine Sciences University of Miami. *Studies in tropical Oceanography* No. 5:665-847.
238. RANDALL, J. E., R. E. SCHROEDER, Y W. A. STARCK II. 1964. Notes on the biology of the echinoid *Diadema antillarum*. *Caribbean Journal of Science* 4:421-433.
239. RATHBUN, R. 1879. List of Brazilian echinoids. *Trans. Of the Connecticut Academy of Sciences*, 5: 1-143.
240. RATHBUN, R. 1886. Catalogue of Echini of U.S. National Museum. *Proceedings Bulletin U. S. Natural Museum*, p. 260, 263, 266, 281, 286, 292.
241. RESENDEZ, M. A. 1971. Peces colectados en el arrecife "La Blanquilla", Veracruz, Ver., México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 42(1):7-30.
242. RESÚMENES DE LOS TRABAJOS PRESENTADOS EN EL I CONGRESO NACIONAL DE ARRECIFES CORALINOS. Junio 28 a julio 1 de 2000, Veracruz, México.
243. ROBERTSON, D. R. 1987. Responses of two coral reef toadfishes (Batrachoididae) to the demise of their primary prey, the sea urchin *Diadema antillarum*. *Copeia* 1987: 637-642.
244. ROMEU, E. 2002. El arrecife como recurso. *Biodiversitas*, No. 3, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
245. ROSADO, J. C. 1990. Patrones de distribución, diversidad y utilización del espacio de las anémonas y zoantidos (Zoantharia: Coelenterata) de Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 56 p.
246. RUIZ, S. S. 1988. Estudio descriptivo de la morfología externa de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck) y *Lytechinus variegatus* (Lamarck), (Echinoidea: Echinodermata), colectados en el arrecife de Lobos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad de Veracruz, 67 p.
247. RUPPERT, E. E. Y R. D. BARNES. 1996. *Zoología de los invertebrados* (sexta edición). Editorial McGraw-Hill Interamericana, 1114 p.
248. RUPPERT, E. Y R. FOX. 1988. *Seashore Animals of the Southeast. A Guide to Common Shallow-water Invertebrates of the Southeastern Atlantic coast*. University of South Carolina Press, Columbia, South Carolina, 429 p.
249. RYLAARSDAM, K. W. 1983. Life histories and abundance patterns of colonial corals on Jamaican reefs. *Marine Ecology Progress Series* 13:249-260.
250. SAMMARCO, P. W. 1980. *Diadema* and its relationship to coral spat mortality: Grazing, competition, and biological disturbance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 45:245-272.
251. SAMMARCO, P. W. 1982a. Echinoid grazing as a structuring force in coral communities: Whole reef manipulations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 61: 31-55.
252. SAMMARCO, P. W. 1982b. Effects of grazing by *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata: Echinoidea) on algal diversity and community structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 65:83-105.
253. SAMMARCO, P. W., J. S. LEVITON, Y J. C. OGDEN. 1974. Grazing and control of coral reef community structure by *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata:Echinoidea) a preliminary study. *Journal of Marine Research* 32: 47-53.

254. SÁNCHEZ-DOMÍNGUEZ, C. 1993. Taxocenosis y estructura de la comunidad de Equinodermos del arrecife de Isla de En medio, Ver., (Stelleroidea, Crinoidea, Equinoidea: Equinodermata). Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad de Veracruz, 49 p.
255. SAY, T. 1825. On the species of the Linnean genus *Asterias*, inhabiting the coast of the United States. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 5:141-154.
256. SCHNEIDER, D. C. 1985. Predation on the urchin *Echinometra lucunter* (Linnaeus). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 92: 19-27.
257. SCHOPPE, S. 1991. *Echinometra lucunter* (Linnaeus) (Echinoidea, Echinometridae) als Wirt einer komplexen Lebensgemeinschaft im Karibischen Meer. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 45: 373-379.
258. SCHROEDER, R. F. 1962. Urchin killer. *Sea Frontiers* 8: 156-160.
259. SCHUMACHER, H. 1978. Arrecifes coralinos. 1ª Ed. Omega, Barcelona, España, 283 p.
260. SCOFFIN, T. P., C. W. STEARN, D. BOUCHER, P. FRYDL, C. M. HAWKINS, I. G. HUNTER, Y J. K. McGEACHY. 1980. Calcium carbonate budget of a fringing reef on the west coast of Barbados. Part 2. Erosion, sediments and internal structures. *Bulletin of Marine Science* 30: 475-508.
261. SEDUE. 1985. Alternativas de Manejo para los arrecifes de Veracruz. Dirección General de Flora y Fauna Silvestre. México, D. F., 139 p.
262. SERAFY, D. K. 1979. Memoirs of the Hourglass Cruises. Echinoids (Echinodermata: Echinoidea). Vol. 5 (V). Pt. 3 (III). Published by Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory, Florida, U.S.A., 120 p.
263. SHARP, D. T., Y I. E. GRAY. 1962. Studies on factors affecting the local distribution of two sea urchins, *Arbacia punctulata* and *Lytechinus variegatus*. *Ecology* 43:309-313.
264. SHULMAN, M. J. 1990. Agression among sea urchins on Caribbean coral reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 140:197-208.
265. SMITH, A. B. 1984a. Echinoid Palaeobiology. Special Topics in Palaeontology. George Allen & Unwin, London, 190 p.
266. 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 & Unwin, London, 190 p.
267. SMITH, A. B. 1988. To group or not to group: The taxonomic position of *Xyloplax*, p. 17-23. In: Burke, R. D., P. V. Mladenov, P. Lambert, R. L. Parsley (eds.). Echinoderm Biology. A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 818 p.
268. SMITH, D. S., J. DEL CASTILLO, M. MORALES, Y B. LUKE. 1990. The attachment of collagenous ligament to stereom in primary spines of the sea urchin, *Eucidaris tribuloides*. *Tissue and cell* 22:157-176.
269. SMITH, J. E. 1966. The Form and Functions of the Nervous System, p. 503-512. In: R. A. Boolootian (ed.), Physiology of Echinodermata. Interscience Publishers a division of John Wiley & sons, New York-London-Sidney, 822 p.
270. SNYDER, N., Y H. SNYDER. 1970. Alarm response of *Diadema antillarum*. *Science* (Washington, D. C.) 168:276-278.
271. SOBERÓN-MAINERO, J. Y J. LLORENTE-BOUSQUETS. 1993. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad de México (CONABIO), En: diversidad Biológica de México, Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, Vol. Esp., XLIV: 3-17.
272. SOLÍS-MARÍN, F. A. y A. LAGUARDA FIGUERAS. 1998. Los equinodermos de México. *Biodiversitas*, 4(18):2-7.

273. SOLÍS-MARIN, F. A. Y P. E. MATA. 1999. (Manual de Curso) Taxonomía de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, CONACyT, ECOSUR, México, 78 p.
274. SOLÍS-MARÍN, F. A., A. LAGUARDA-FIGUERAS Y M. A. GORDILLO-HERNÁNDEZ. EN PREPARACIÓN. Equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, 67 p.
275. SOLÍS-MARÍN, F. A., M. D. HERRERO-PEREZRUL, A. LAGUARDA-FIGUERAS Y J. TORRES-VEGA. 1993. Asteroideos y Equinoideos de México (Echinodermata), p. 91-105. *In*: Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y CIQRO, México, 865 p.
276. SOTO, E. M. Y E. GARCÍA. 1989. Atlas climático del Estado de Veracruz. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver., México, (25):1-125.
277. STEPHENSON, T. A., Y A. STEPHENSON. 1972. Life between Tidemarks on Rocky shores. W. H. Freeman and Company, San Francisco, California. 425 p.
278. STEWARD, O. 1865. On the spicula of the regular Echinoidea. Transactions of the Linnean Society, 25:1-366.
279. STODDART, D. R. 1969. Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biology Review*, 44:433-498.
280. SUÁREZ, A. M. 1974. Lista de Equinodermos cubanos recientes. *Investigación Marina*, 8:1-72.
281. SUÁREZ-CAABRO, J. A. 1965. Datos meteorológicos hidrográficos y planctónicos del litoral de Veracruz, Ver. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 36:25-46.
282. SWAN, E. F. 1966. Growth, Autotomy and Regeneration, p. 397-434. *In*: R. A. Boolootian (ed.), *Physiology of Echinodermata*. Interscience Publishers a division of John Wiley & sons, New York-London-Sidney. 822 p.
283. TELLO, J. L. 2000. Distribución de biotopos en la zona de la planicie arrecifal de Isla Verde, Ver., México. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
284. TENNENT, D. H., M. S. GARDINER, Y D. E. SMITH. 1931. A cytological and biochemical study of the ovaries of the sea-urchin *Echinometra lucunter*. *Carnegie Institution of Washington Publication No. 27*:1-46.
285. TERTSCHNIG, W. P. 1989. Diel activity patterns and foraging dynamics of the sea urchin *Tripneustes ventricosus* in a tropical seagrass community and a reef environment (Virgin Islands). *Marine Ecology (Publicazioni della Stazione Zoologica di Napoli I)* 10:3-21.
286. TERTSCHNIG, W. P. 1984. Sea urchins in seagrass communities: Resource management as a functional perspective of adaptive strategies. *In*. B. F. Keegan y B. D. S. O'Connor (eds.), *Echinodermata. Proceedings of the Fifth International Echinoderm Conference*, Galway, 24-29 September 1984, Balkema, Rotterdam, 361-367.
287. TOMMASI, L. R. 1958. Os equinodermas do litoral de São Paulo. II. Diadematidae, Schizasteridae, Brissidae, Cidaroidae (Echinoidea) e Asteroidea do Bentos Costeiro. *Contribuicoes Avulsas do Instituto Oceanográfico. Océano. Biol.*, 2:1-27.
288. TOMMMASI, L. R. 1967. Lista dos Equinoideos recentes de Brasil. *Cont. Avulsas Inst. Ocean., Univ. São Paulo*, 11:1-50.
289. TURNER, R. L. Y B. D. GRAHAM. 2003. *Calocidaris micans* (Cidaridae) and *Pseudoboletia maculata* (Toxopneustidae): additions to the sea urchin fauna (Echinodermata: Echinoidea) of the Gulf of Mexico. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 116:61-81.

290. UBAGHS, G. 1978. General Characters of Echinodermata, p. S3-S59. *In*: Treatise on Invertebrate Paleontology, part S: Echinodermata 1, Vol. 1., R. C. Moore (ed.), The Geological Society of America and the University of Kansas Presss, Lawrence, Kansas, 296 p.
291. VADAS, R. L., T. FENCHEL, Y J. C. OGDEN. 1982. Ecological studies on the sea urchin *Lytechinus variegatus* and the algal- seagrass communities of the Miskito Cays, Nicaragua. *Aquatic Botany* 14:109-115.
292. VALENTINE, J. F., Y K. L. HECK, Jr. 1991. The role of sea urchin grazing in regulating subtropical seagrass meadows: Evidence from field manupulations in the northern Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 154:215-230.
293. VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M., L. F. CARRERA-PARRA, R. BRAVO-SANCHEZ Y C. SÁNCHEZ-DOMÍNGUEZ. 1994. Artesanías con Fauna Marina en el Sistema Arrecifal Veracruzano, p. 3- 4. *Revista El Jarocho Verde*, Red de Información Ambiental del Estado de Veracruz. No. 7.
294. VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M., A. HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ Y L. F. CARRERA-PARRA. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano, p. 559-575. *In*: Biodiversidad Marina y Costera de México, S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y CIQRO, México, 865 p.
295. VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M., M. L. JIMÉNEZ-BADILLO Y V. ARENAS-FUENTES. 2002. El Sistema Arrecifal Veracruzano y las pesquerías asociadas. *In*: La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo, Guzmán P., C. Quiroga, C. Díaz, D. Fuentes, C. Contreras, G. Silva (eds.), SAGARPA, INP y Universidad Veracruzana.
296. VÁZQUEZ-BADER, A. R. 1988. Comunidades de Macroinvertebrados Bénticos de la plataforma Continental de Suroeste del Golfo de México: Abundancia, Distribución y Asociaciones faunísticas. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Especialización, Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar, del Colegio de Ciencias y Humanidades de la Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y Posgrado, Universidad Nacional Autónoma de México, 150 p.
297. VERRILL, A. E. 1907. The Bermuda Island. *Transactions of the Connecticut Academy of Sciences*, 12:323.
298. 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.
299. VODICKA, M., G. R. GREEN, Y D. L. POCCIA. 1990. Sperm histones and chromatin structure of the "primitive" sea urchin *Eucidaris tribuloides*. *Journal of Experimental Zoology* 256:179-188.
300. WARÉN, A. 1984. A generic revision of the family Eulimidae (Gastropoda, Prosobranchia). *Journal of Molluscan Studies Supplement* 13:1-96.
301. WARÉN, A., Y R. MOOLENBEEK. 1989. A new eulimid gastropod, *Trochostilifer eucidaricola*, parasitic on the pencil urchin *Eucidaris tribuloides* from the southern Caribbean. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 102:169-75.
302. WARÉN, A., Y C. MIFSUD. 1990. Nanobalcis, a new eulimid genus parasitic on cidaroid sea urchins with two new species, and comments on *Sabinella bonifaciae* (Nordsieck). *Bolletino Malacologico* 26:37-46.
303. WELLS, J. W. 1957. Coral reefs. *In*. J. W. Hedgpeth (ed.), *Treatise on marine ecology and paleoecology*, Geological Society of American Memories, 67(1):609-631.
304. WILLIAMS, A. H. 1981. An analysis of competitive interactions in a patchy back-reef environment. *Ecology* 62:1107-1120.

305. WILLIAMS, L. B., E. H. WILLIAMS, Jr., Y A. G. BUNKLEY. 1986. Isolated mortalities of the sea urchins *Astropyga magnifica* and *Eucidaris tribuloides* in Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science* 38:391-393.
306. WILLIAMS, S. L., Y R. C. CARPENTER. 1988. Nitrogen-limited primary productivity of coral reef algal turfs: Potential contributions of ammonium excreted by *Diadema antillarum*. *Marine Ecology Progress Series* 47:145-152.
307. WOODLEY, J. D. 1982. Photosensitivity of *Diadema antillarum*: Does it show scototaxis? In: R. D. Burke, P. V. Mladenov, P. Lambert, y R. L. Parsley (eds.), *Echinoderm Biology. Proceedings of the Sixth International Echinoderm Conference, Victoria, 23-28 August 1987*, Balkema, Rotterdam, 61.
308. 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 de Licenciatura, Universidad del Noreste, Escuela de Ciencias, Tampico, 60 p.
309. WRAY, G. A., Y D. R. McCLAY. 1988. The origin of spicule-forming cells in the “primitive” sea urchin (*Eucidaris tribuloides*) which appears to lack primary mesenchyme cells. *Development* 103:305-315.
310. [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx) COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO).
311. [www.horta.uac.pt/species/Echinodermata/Echinoidea/Centrostephanus\\_longispinis/Centrostephanus\\_longispinis.html](http://www.horta.uac.pt/species/Echinodermata/Echinoidea/Centrostephanus_longispinis/Centrostephanus_longispinis.html)
312. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx) INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE).
313. ZIZUMBO, L. E. 1995. Estudio ficoflorístico de las macroalgas bénticas del arrecife coralino Isla Verde, Ver., México. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
314. ZOPPI DE ROA, E. 1967. Contribución a los Equinodermos de Venezuela. pp. 267-333. In: *Acta biológica Venezuelica*, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Caracas, Venezuela, Vol. 5, Art. 17.

## GLOSARIO

Aboral: lado opuesto a la boca.

Alveolo: zona de la base de la espina mediante el que se articula con el mamelón y el tubérculo del caparazón; y esta zona de articulación está rodeada por dos vainas fibrosas la externa y la interna.

Ambulacro: Uno de los cinco segmentos de la testa, compuesto de dos columnas de placas perforadas en su longitud por los canales que conectan a los pies ambulacrales (externamente) y a las ampollas (internamente) del sistema vascular acuífero y que se extienden desde el sistema apical al peristoma; se alternan con cinco segmentos interambulacrales.

Ampolla: Es un pequeño saco muscular que se proyecta hacia el interior del celoma perivisceral. La ampolla se abre directamente en dos canales que atraviesan la placa ambulacral por los poros ambulacrales para después unirse por encima de éstas y conectar con un único pie ambulacral.

Ampula: Sacos elongados, achatados, dispuestos en dos series a lado de cada ambulacro (Sistema acuífero).

Anillo hemal aboral: Conducto en forma de anillo arreglado radialmente en el lado aboral con extensiones radiales generalmente paralelas a los elementos del sistema vascular acuífero, que se conecta con el anillo hemal oral por un seno axial que esta junto al canal petreo; este anillo forma parte del sistema hemal (sistema circulatorio).

Anillo hemal oral: Conducto en forma de anillo arreglado radialmente en el lado oral con extensiones radiales generalmente paralelas a los elementos del sistema vascular acuífero, que se conecta con el anillo hemal aboral por un seno axial que esta junto al canal petreo; este anillo forma parte del sistema hemal (sistema circulatorio).

Arcoporos: Serie de pares de poros ambulacrales que forman un medio arco o arco completo.

Áreas ambulacrales: Cinco secciones radiales de placas esqueléticas que se disponen en filas que convergen a nivel de los polos oral-aboral en la superficie globosa de la testa y que están provistas de pies ambulacrales; se alternan con las otras

cinco áreas interambulacrales. Cada área ambulacral está formada por dos hileras de placas, por lo tanto hay 10 hileras de placas ambulacrales; estas placas son distintivas por presentar arcoporos o poros ambulacrales o pies ambulacrales.

Áreas interambulacrales: Cinco secciones radiales de placas esqueléticas que se disponen en filas que convergen a nivel de los polos oral-aboral en la superficie globosa de la testa y que no están provistas de pies ambulacrales; se alternan con las otras cinco áreas ambulacrales. Cada área interambulacral está formada por dos hileras de placas, por lo tanto hay 10 hileras de placas; estas placas son distintivas por no presentar poros ambulacrales o pies ambulacrales.

Arquenterón: Durante la gastrulación se produce la invaginación de las células del polo vegetativo dando lugar a un arquenteron estrecho y tubular (intestino primitivo).

Bentónico: Organismos marítimamente acuáticos que se encuentran en el fondo, ya sea sésiles o móviles.

Blastocele: es la cavidad que se forma cuando concluye la segmentación con la formación de la celoblastula.

Blástula: A medida que la segmentación progresa, la adherencia de los blastómeros entre sí aumenta, llegando estos a formar un verdadero epitelio. En los casos en que la cavidad se ha formado en el interior del embrión, la capa epitelial encierra por completo esta cavidad y el embrión se convierte en una esfera hueca, cuyas paredes están formadas por una capa epitelial de células. Esta embrión se llama blástula.

Blastómeros: Cuando a ocurrido la fertilización del ovocito, las consecutivas divisiones mitóticas celulares que se suceden unas a otras rápidamente, dan origen a una serie de células, a esta etapa del desarrollo se le denomina segmentación, y en este periodo el embrión no cambia, siendo tras cada división celular más pequeñas las células de la segmentación o blastómeros.

Branquias: Cinco pares de pies ambulacrales modificados como órganos arborescentes con función respiratoria localizados en el peristoma,

alrededor de la boca (no las presentan los cidarioideos) y están tapizados tanto interna como externamente por epitelio ciliado.

Canal petreo: Es un conducto que surge por la parte baja terminal de la ampula y desciende oralmente para unirse con el canal anular; su nombre se debe a que en sus paredes se produce un depósito calcáreo.

Caparazón: Esqueleto calcáreo de los equinoideos, compuesto por placas imbricadas.

Celoblastula: En los equinoideos la segmentación durante el desarrollo concluye con la formación de una blástula típica, que desarrolla cilios y se hace nadadora 12 horas después de la fecundación, se le llama celoblastula y tiene un amplio blastocele.

Celoma: es una invaginación que aparece a nivel del extremo libre anterior del arquenteron, y que posteriormente se volverá una cavidad.

Celoma genital: celoma que suministra nutrientes a las gónadas.

Celoma perivisceral: celoma del que dependen las vísceras.

Clivaje radial: Si cada uno de los blastómeros de la parte superior está situado encima del blastómero correspondiente de la parte inferior, la distribución de los blastómeros es radialmente simétrica, este tipo de segmentación es denominada clivaje radial, no obstante, en muchos animales los blastómeros superiores pueden estar desplazados respecto a los inferiores, pudiéndose distorsionar la distribución radial simétrica en varios grados.

Conducto hidróforo: ver canal petreo

Cuerpos de Tiedemann's: son unos ciegos en forma de bolsas con las paredes plegadas, por lo regular son cinco pares de bolsas con una posición interradial y producen ciertos celomocitos y fagocitos que se encargan de capturar las partículas extrañas, como bacterias presentes en el agua que entra.

Dermis: en los equinoideos es una gruesa capa de tejido conjuntivo, en la que se encuentran las placas del esqueleto, aplanadas y soldadas.

Desarrollo directo: Es el desarrollo de un estadio que pasa a otro sin que ocurra metamorfosis.

Desarrollo indirecto: Es el desarrollo donde ocurre metamorfosis para pasar de un estadio a otro, por lo regular ocurre en organismos de vida libre, en el que un estadio está compuesto por una fase o etapa larvaria.

Deuterostomado: Durante la gastrulación el orificio anal se origina a partir del blastoporo, la boca no deriva del blastoporo sino se forma después mediante una perforación, independientemente, de la pared del cuerpo.

Dioicos: Se refiere a la diferenciación sexual, o a la separación de los sexos.

Enterocélico: Entero deriva del griego enteron-tubo digestivo y celico deriva del koikos-hueco o cavidad. Por lo tanto el celoma procede de evaginaciones del arquenteron o tubo digestivo primitivo.

Epidermis: la epidermis en los equinoideos está formada por unas células epiteliales monociliadas y otras sin cilios, células glandulares mucosas y células sensoriales ciliadas y recubre la superficie externa del cuerpo.

Esferidios: Cuerpos pequeños, sólidos, transparentes, ovales o esféricos que se localizan en el centro del ambulacro de las áreas ambulacrales (menos cidarioideos), desde unos pocos hasta muchos; orientan al animal con respecto a la fuerza de gravedad (georeceptores).

Espina: Generalmente las espinas son cilíndricas y se van adelgazando hacia su extremo distal, aunque las espinas de algunas especies son bien diferentes.

Espinas primarias: las espinas más largas.

Espinas secundarias: Las espinas más cortas.

Estatocistos: son georeceptores localizados en el interior de los esferidios.

Estenohalino: relativo a los animales acuáticos, con una tolerancia muy restringida a los cambios de la concentración salina del entorno.

Fecundación externa: Es la fecundación que tiene lugar fuera del cuerpo del animal, en este caso la fertilización del espermatozoide y del óvulo de organismos acuáticos ocurre en el agua.

Gametogenesis: la formación de gametos.

Gastrulación: Proceso del desarrollo embrionario que forma la gastrula.

Glándula axial: de tejido esponjoso, que funciona como un corazón. La glándula axial es aparentemente responsable por la producción de algunos celomocitos.

Gonocorismo: Se refiere a la diferenciación sexual, o a la separación de los sexos.

Gonoducto: Conducto por el que son liberados los gametos.

Gonoporo: Abertura en la placa genital para la descarga de gametos.

Hidroporo: ver madreporita.

Isolecito: huevos con poca cantidad de yema.

Linterna de Aristóteles: es un aparato masticador muy desarrollado que se encuentra presente en los equinoideos regulares y en algunos equinoideos irregulares, su función es para la alimentación. Este aparato tiene una estructura sumamente compleja constituida por fibras musculares, músculos, ligamentos, diversas piezas calcáreas y cinco dientes.

Macromeros: Son 4 blastomeros muy grandes que se encuentran en el hemisferio animal de la blástula.

Madreporita: es una de las placas genitales modificada que se encuentra perforada por numerosos y minúsculos poros, que algunas veces presenta surcos u ornamentaciones, cuya función es la entrada de agua a dicho sistema y se encuentra recubierta por el epitelio ciliado de la superficie del cuerpo, esta epidermis está ricamente ciliada y porosa, lo cual permite una óptima respiración y evita que partículas de tamaño relativamente grande, como granos de arena y otros detritos, tapen los poros.

Mamelon: Protuberancia redondeada que forma parte del tubérculo y es la parte donde articula la espina.

Mesomeros vegetales: son blastomeros resultados del clivaje durante la segmentación situados por encima de los macromeros.

Micromeros: Son 4 blastomeros muy pequeños que se encuentran en el hemisferio vegetativo de la blástula.

Oral: lado de la testa donde se localiza a la boca.

Osmoconformadores: indica que no tienen problemas de regulación osmótica e iónica, por lo tanto el agua y los iones atraviesan relativamente libres al otro lado de las superficies delgadas del cuerpo, y la tonicidad de sus fluidos corporales varían de acuerdo con las fluctuaciones ambientales. También se presenta algunas regulaciones iónicas a través de transporte activo, pero es mínima.

Pedicelario: estructuras presentes en la epidermis de los erizos regulares y la mayoría de las estrellas de mar. Los pedicelarios de los equinoideos constan de un largo pedúnculo en cuyo extremo hay unas “mandíbulas” (valvas). En el interior del pedúnculo puede haber una varilla esquelética de sostén y, generalmente, la “cabeza” está formada por tres valvas enfrentadas unas a otras. Los músculos que hay en la base del pedúnculo sirven para levantar y dirigir los pedicelarios como respuesta ante un estímulo concreto. Estas estructuras son capaces de responder ante estímulos externos independientemente del sistema nervioso principal, y ellos poseen sus propios reflejos neuromusculares; cuando se toca la superficie externa de un pedicelario, éste responde abriéndose; cuando se les toca en la zona que queda entre las valvas, la respuesta es de cierre. Los pedicelarios también son capaces de responder ante estímulos químicos. Los pedicelarios tienen diferentes funciones; unos se emplean para defender ya que pueden estar dotados de glándulas venenosas y es frecuente que las espinas se inclinen y aparten para dejar expuestos los pedicelarios venenosos, otros tipos de pedicelarios se emplean para mantener limpia la superficie del cuerpo “mordiéndolo” y “tritándolo” las partículas pequeñas que caen sobre el cuerpo, y que más tarde serán eliminadas mediante corrientes ciliares; algunos erizos utilizan estas estructuras para sujetar o agarrar objetos para camuflajearse y protegerse.

Pedicelario globífero: Tipo de pedicelario con tres valvas conteniendo glándulas de veneno.

Pedicelarios tridentados: Pedicelarios con tres valvas largas punteadas y en forma de mandíbulas.

**Periprocto:** es una pequeña membrana de forma circular en la que se encuentra el ano, generalmente en el centro, así como una serie de placas, presentes en número variable según las especies, denominadas placas periproctales; en el polo aboral.

**Peritoneo:** La cara interna del caparazón está tapizada por el peritoneo, que está formado por un epitelio columnar ciliado y bordea la cavidad celomática.

**Peristoma:** La boca se encuentra en el polo oral, está dirigida hacia el sustrato y rodeada por una membrana peristomial.

**Pies ambulacrales:** Estos pies son unos apéndices tubulares externos de la pared del cuerpo, pequeños y cortos, situados en ambas columnas de las placas ambulacrales de cada área ambulacral, generalmente, la punta de un pie ambulacral suele estar aplanada y forma una ventosa. Las ventosas de los pies ambulacrales están muy desarrolladas y tienen asociado un sistema de músculos y pequeños oscículos de soporte; los pies ambulacrales sobre diferentes partes del cuerpo tienen diversas modificaciones para diferentes funciones: como accesorio, para locomoción, alimentación, como órganos sensoriales, para el intercambio gaseoso, adhesión al sustrato, escarbar para hacer una madriguera o enterrarse, o llevar a cabo una combinación de tareas.

**Pie ambulacral bucal:** Son cinco pares de pies ambulacrales modificados, cortos y gruesos localizados alrededor de la boca en la membrana peristomial.

**Placa ambulacral:** ver área ambulacral.

**Placa compuesta:** Una placa compuesta por dos o más placas individuales, cada una con un par de poros para el pie ambulacral, que se encuentran unidas por un tubérculo primario.

**Placa genital:** Placa primordial del sistema apical que presentan un gonoporo y están alineadas con cada una de las cinco áreas interambulacrales.

**Placa interambulacral:** ver área interambulacral.

**Placa ocelar u ocular:** Placa primordial del sistema apical que coinciden con las áreas ambulacrales.

**Placas periproctales:** Es una serie de placas, presentes en número variable según las especies, que se encuentran en el área del periprocto.

**Placas simples:** Una sola placa.

**Plancton:** Son organismos acuáticos errantes pelagicos.

**Planctotrofico:** organismo que se alimenta del plancton.

**Podio:** ver pie ambulacral.

**Poros ambulacral:** par de poros que atraviesan las placas ambulacrales, mediante los cuales se conectan las ampollas (internas) y los pies ambulacrales (externos) por medio de unos canales; en un número variable de pares que forman los arcoporos.

**Poros genital:** ver gonoporo.

**Poros ocular:** Perforación en la placa ocular para el paso del tentáculo terminal.

**Saco dorsal:** se encuentra cerca del cruce con el anillo hemal aboral y pulsa, aparentemente auxiliando el movimiento del fluido dentro de los canales y espacios hemales; que junto con la glándula axial laten rítmicamente.

**Seno axial:** con frecuencia abre a través de unos poros al canal petreo y es una fuente de fluido del sistema vascular acuífero.

**Seno hiponeural:** Es un espacio perihemal donde se alojan los canales radiales que surgen del anillo hemal oral.

**Sésil:** organismo anclado por su base, fijo a un sustrato, incapaz de trasladarse.

**Sifón:** es un tubo estrecho que corre paralelo al estómago, a lo largo de aproximadamente la mitad de la longitud de éste y desemboca en la luz intestinal, y sirve para eliminar el exceso de agua de los alimentos en las regiones en las que tiene lugar la digestión y ayuda a concentrar el material alimenticio en el lumen del intestino.

**Sistema apical:** Conjunto de placas en la región aboral, conformado por el periprocto, las placas genitales y las placas ocelares.

Sistema de Carpenter: Es un sistema que sirve para el reconocimiento de los radios del cuerpo de los equinodermos utilizando un sistema de letras, en el cual, el ambulacro opuesto a la madreporita es nombrado "A", entonces los demás son nombrados de la "B" a la "E", en sentido de las manecillas de reloj y vistos desde posición aboral ("desde arriba"). Así, la madreporita descansa en el interambulacro C-D. Los radios C y D componen el *bivium*, mientras que los radios A, B, y E comprenden el *trivium*.

Sistema hemal: es una compleja serie de canales y espacios, en su mayor parte encerrados dentro de los canales celómicos llamados senos perihemales y esta arreglado radialmente y generalmente paralelo a los elementos del sistema vascular acuífero. La función de este sistema no esta completamente entendida, pero es probable que ayude a distribuir los nutrientes absorbidos por el tracto digestivo por medio del liquido hemal que es totalmente incoloro.

Sistema hiponeural: del que depende el sistema nervioso.

Sterom: Malla calcárea de la cuál los elementos esqueléticos están compuestos.

Stroma: Tejido vivo que rellena los espacios dentro del sterom, generalmente los espacios dentro de este están rellenos con células dérmicas y fibras.

Tentáculo terminal: Es una pequeña protuberancia que penetra en la placa ambulacral más aboral, donde termina cada canal radial.

Testa: ver caparazón.

Tubérculo: Proyecciones de la testa que soportan las espinas.

Tubérculo primario: Tubérculo donde se inserta una espina primaria.

Tubérculo secundario: Tubérculo donde se inserta una espina secundaria.

Vágil: organismo móvil, que se puede trasladar libremente.

Vaina fibrosa externa: Tejido muscular fibroso que se extienden entre la base de la espina y la placa del caparazón. Las contracciones de los

músculos de la vaina fibrosa externa hacen que la espina se incline hacia un lado o hacia otro.

Vaina fibrosa interna: fibras de sostén constituido por fibras de colágeno que se extienden entre la base de la espina y la placa del caparazón, y pueden cambiar rápidamente la rigidez de la articulación, como respuesta ante un estímulo, haciendo que la espina se mantenga firmemente erecta.

Válvula: cada canal lateral está provisto de una válvula que regula la cantidad de fluido que entra y sale hacia la ampolla y que se conecta a un pie ambulacral.

Vesículas de poli: son sacos musculares alargados, de uno a cinco, unidos a la cara interna del canal anular que se encuentran suspendidos en la cavidad celomática general, con posición interradial, y ayudan a regular la presión interna dentro del sistema vascular acuífero.

