



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Distribución y abundancia del erizo blanco
Tripneustes ventricosus (Echinodermata:
Toxopneustidae) en la laguna del arrecife de
Isla Verde, Veracruz, México.

T E S I S

QUE PARA OTORGAR EL TÍTULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

MINAKO NISHIMURA MURAKAMI



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS

DR. JORGE LUIS HENÁNDEZ AGUILERA

2005

m 342299





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: Distribución y abundancia del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Echinodermata: Toxopneustidae) en la laguna del arrecife de Isla Verde, Veracruz, México.

realizado por Minako Nishimura Murakami

con número de cuenta 9853554-9 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

Dr. Jorge Luis Hernández Aguilera

Propietario

M. en C. Rosa Estela Toral Almazán

Propietario

M. en C. José Alfredo Ruiz Nuño

Suplente

Dr. Virgilio Arenas Fuentes

Suplente

M. en C. Silvia Toral Almazán

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



**UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA**

A mis padres

Por todo el apoyo, comprensión, confianza, paciencia, consejos, atención y su infinito amor que me hace sentir segura y capaz.

A mi hermano

Por tu ayuda y comprensión.

A mis tíos

Por el gran apoyo y consejos.

A mis primos Ricardo y Miguel

Por su confianza, paciencia y disposición de ayuda que siempre me han brindado.

A

*Cindy, Noriko, Atsumi, Yuki, Hide, Isao, Chema
Gonzalo, Ken, Yoshinori, Toyomi*

*Andrés, Violeta, Iraís, Jaime, Gimena, Odeth, Yani,
Dulce, Libertad, Sergio, Emman, Magali, Man*

*Ing. Luis Kasuga,
Alberto Luna y Ricardo Aguilar.*

*Por la confianza, comprensión, consejos y brindarme
gran apoyo incondicional.*

Gracias por estar siempre conmigo y compartir momentos inolvidables.

A Keiyi

*Por estar siempre conmigo, compartir momentos maravillosos y hacerme feliz.
Gracias por tu amor ...*

Al

*Dr. Jorge Luis Hernández Aguilera
M. en C. Rosa Estela Toral Almazán
M. en C. José Alfredo Ruiz Nuño*

*Por todas sus enseñanzas, consejos, paciencia y su apoyo incondicional para la
elaboración de este trabajo.*

A la Facultad de Ciencias, UNAM

*Por darme la oportunidad de estudiar y desarrollarme tanto
personal como profesional.*

Al Equipo Buceo Ciencias

*Por la aportación de informaciones y facilitación de
material para muestreos.*

ÍNDICE

	Pág.
I. RESUMEN -----	1
II. INTRODUCCIÓN -----	3
II.1. FILUM: Echinodermata (Klein, 1734) -----	8
II.1.1. Clasificación del filum Echinodermata -----	9
II.2. CLASE: Echinoidea (Leske, 1778) -----	10
II.2.1. Distribución -----	16
II.2.2. Alimentación -----	16
II.2.3. Reproducción -----	17
II.3. GÉNERO: <i>Tripneustes</i> (Agassiz, 1841) -----	23
II.4. ESPECIE: <i>Tripneustes ventricosus</i> (Lamarck, 1916) -----	25
II.4.1. Distribución -----	35
II.4.2. Hábitat -----	35
II.4.2.1. <i>Thalassia testudinum</i> -----	36
II.4.2.1.1. Aportación de <i>Thalassia</i> al sistema -----	37
II.4.3. Alimentación -----	39
II.4.4. Crecimiento -----	40
II.4.5. Tamaño de población y variación -----	41
II.4.6. Especies asociadas y tasa de mortalidad -----	42
II.5. Pesquería de erizo y sobreexplotación -----	45
II.5.1. Pesquería de erizo en México -----	44
II.5.2. Pesquería y utilidad de <i>Tripneustes ventricosus</i> -----	48

II.5.2.1.	Uso de <i>Tripneustes ventricosus</i> en México	-----	49
III.	ANTECEDENTES	-----	51
IV.	OBJETIVOS	-----	55
IV.1.	Objetivo general	-----	55
IV.2.	Objetivos específicos	-----	55
V.	ÁREA DE ESTUDIO	-----	56
V.1.	Golfo de México	-----	56
V.2.	Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV)	-----	57
V.2.1.	Origen	-----	59
V.2.2.	Sedimento	-----	59
V.2.3.	Clima	-----	60
V.2.4.	Características oceanográficas	-----	61
V.3.	Arrecife de Isla Verde	-----	66
V.3.1.	Laguna arrecifal de Isla Verde	-----	66
VI.	MÉTODO	-----	69
VII.	RESULTADOS	-----	72
VII.1.	Distribución	-----	74
VII.2.	Abundancia	-----	76
VII.3.	Desplazamiento	-----	84
VII.4.	Uso económico	-----	88
VIII.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	-----	93
VIII.1.	Distribución	-----	93
VIII.2.	Abundancia y talla	-----	93
VIII.3.	Desplazamiento	-----	97

VIII.4.	Uso económico	-----	97
IX.	CONCLUSIONES	-----	99
X.	LITERATURA CITADA	-----	101

I. RESUMEN

El erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Echinodermata: Toxopneustidae) es una especie estrictamente litoral que abunda en fondos de arena, conchas, corales y sobre todo en los pastos marinos dominados por *Thalassia*. Este erizo forma parte de la fauna del mar Caribe y golfo de México y ha sido considerado como abundante en las costas mexicanas de los estados de Veracruz y Quintana Roo.

El propósito de este trabajo fue conocer el tamaño de la población de ese erizo, su variación y distribución espacio-temporal en la laguna del arrecife de la Isla Verde en el periodo de junio del 2001 a octubre de 2002. Este arrecife es uno de los 23 que pertenecen al Parque Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV)". Con ese objetivo, se realizaron búsquedas de individuos al azar en toda la laguna del arrecife. Cada vez que se localizó a un espécimen, se tomaron los datos de: posición geográfica (utilizando un GPS portátil), sustrato, profundidad y la temperatura del agua. A cada individuo se le tomaron sus datos merísticos como diámetro, altura y peso. Para conocer el desplazamiento de los ejemplares dentro de la laguna arrecifal, se marcó el punto donde se observó a cada individuo y se verificó su movimiento en un lapso de 24 horas. También se revisó en el mercado de artesanías del puerto de Veracruz, la comercialización de los esqueletos de la especie.

En la laguna del arrecife de la Isla Verde, Veracruz, la mayor parte de la población de *T. ventricosus* se encontró sobre la hierba marina *Thalassia testudinum*. Se localizaron 2 individuos en primavera; 7 en verano y 10 en cada uno de los dos muestreos de otoño. Las tallas promedio de los individuos fueron: en primavera 750 gr de peso y 10.5 cm de diámetro; en verano 397.1 gr de peso y 10.4 cm de diámetro. En

cambio, en otoño de los dos muestreos efectuados, fueron 142 gr y 100 gr de peso con un diámetro de 6.9 cm y 6.2 cm. Se pudo notar que en primavera-verano se encuentran individuos de mayor talla, pero pocos ejemplares, por el contrario, en otoño existe un mayor número de individuos pero de talla muy pequeña. La abundancia de *T. ventricosus* en Isla Verde es escasa.

En el mercado de artesanías del Puerto de Veracruz, Ver., el erizo blanco *T. ventricosus* es procesado artesanalmente para su venta, utilizando el esqueleto en la elaboración de diferentes presentaciones de artesanía. Si bien las actividades artesanales son un atractivo turístico en el puerto; esto puede ser una de las causas de las bajas poblaciones en las áreas arrecifales, lo que muestra el mal uso de los recursos marinos, que conlleva a una sobreexplotación, como es el caso de *T. ventricosus* en el SAV.

Por lo cual se considera que es indispensable contar con evaluaciones específicas para cada recurso e integrar los conocimientos disponibles, tanto de los arrecifes como de los recursos pesqueros, a fin de intentar establecer el adecuado equilibrio que permita su aprovechamiento sustentable. Es necesario establecer normas oficiales para la extracción de recursos pesqueros en forma aislada conjunta para evitar alteraciones sobre los recursos pesqueros individuales.

II. INTRODUCCIÓN

La posición geográfica de México, permite que en el se encuentren un mosaico de climas y tipos de suelos que, con excepción de la tundra, alberga todos los tipos de vegetación del planeta. Además de ser una “zona de transición” o convergencia entre las floras y faunas neártica y neotropical, el país tiene en algunas regiones una larga y compleja historia de aislamiento, lo que ha favorecido la evolución de un gran número de especies endémicas (Ramamoorthy *et al.*, 1993 en Soberón y Llorente, 1993).

Dentro de sus ecosistemas más importantes, se encuentran las formaciones arrecifales de coral que por sus amplias interrelaciones son de alta productividad biológica. De acuerdo a Carricart-Ganivet y Horta-Puga (1993), la diversidad de corales formadores de arrecifes en México asciende a 63 especies, de las cuales 46 se localizan en el Atlántico y 17 en el Pacífico.

En la costa oriental de México, se encuentran amplias formaciones de arrecifes coralinos que se extienden a través del Caribe, desde el extremo norte de la península de Yucatán hasta Belice y hacia el norte, dentro del golfo de México, frente a la costa del Estado de Veracruz y en la plataforma continental de Campeche (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Jordán, 1993; Tello, 2000; Romeu, 2002).

Los sistemas arrecifales son denominados de esta forma porque están constituidos por varios arrecifes coralinos individuales. Su número es variable y presentan una serie de relaciones ente sí, además de tener influencia e interacción con la

dinámica ecológica de la zona costera en la que se encuentran localizados, constituyendo una barrera natural que recibe el embate de las olas (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Tello, 2000).

A diferencia de la costa este, en el Pacífico mexicano se encuentran tan solo parches arrecifales que no son considerados en la literatura como arrecifes en el sentido amplio, sino como comunidades coralinas (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Tello, 2000). Sin embargo, algunos autores ya mencionan arrecifes costeros en la zona de Carelleros, Nayarit (Tello, 2000); así como la de Cabo Pulmo, entre La Paz y Cabo San Lucas al sur de la península de Baja California (Jordán-Dahlgren, 1993; Guzmán y Cortés, 1993; Romeu, 2002).

Por su origen, forma y cercanía a la costa, los arrecifes de coral se dividen en: A) costero, B) de barrera, C) de atolón y D) de plataforma (Chávez e Hidalgo, 1988; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Tello, 2000).

A) Los arrecifes costeros se caracterizan por desarrollarse bordeando la línea de costa, extendiéndose hacia el mar y dependiendo de la pendiente abrupta del fondo marino. El tamaño de los arrecifes costeros es variable, aunque no son raros los que tienen varios centenares de metros de anchura, casi siempre son menores a los 100 m. El desarrollo longitudinal puede prolongarse sin interrupción durante varios kilómetros. (Guilcher, 1988; Chávez e Hidalgo, 1988; Schuhmacher, 1978 y Goreau *et al.*, 1979 en Tello, 2000). En estos arrecifes por lo general, de la playa hacia el mar hay varias zonas que se reconocen como un canal que está dominado por algas calcáreas y una

comunidad de animales bentónicos, en especial erizos y pepinos de mar, que se sustentan filtrando la materia orgánica contenida en el sedimento, después existen densas praderas de la fanerógama marina *Thalassia* que forman hábitats especiales que albergan a su vez otras especies (Goreau *et al.*, 1979 en Tello, 2000). Posteriormente una planicie arrecifal entre 15 y 30 metros de ancho y entre 0.3 y 0.8 m de profundidad que se encuentra dominada por corales vivos principalmente (Guilcher, 1988; Tello, 2000) Al final de la planicie se encuentra una zona de rompiente denominada cresta arrecifal, que está formada por bloques de corales recubiertos por algas calcáreas. Del lado del mar de la cresta arrecifal se encuentra el antearrecife en el que los corales tapizan casi todo el fondo marino (Goreau *et al.*, 1979 en Tello, 2000) y un talud que puede penetrar hasta más de 60 m bajo la superficie (Chávez e Hidalgo, 1988; Tello, 2000).

B) Los arrecifes de barrera están representados por la gran barrera en el noreste de Australia, que se extiende por más de 2,000 km; una característica que la define como tal es la de estar separada de la costa por un amplio canal que puede tener más de 200 m de profundidad (Chávez e Hidalgo, 1988; Tello 2000). Estos arrecifes pueden ser continuos, tener pasajes que los atraviesan o estar formados por pequeñas unidades (Guilcher, 1988; Tello, 2000). A veces resulta difícil diferenciar un arrecife costero con canal de un arrecife de barrera.

C) El atolón es una estructura común del Pacífico, caracterizado por un basamento de roca ígnea; es de forma típicamente anular, con una laguna central de hasta 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 las puede haber en la laguna; ésta última generalmente está cubierta de sedimento y el crecimiento del arrecife en ella es poco activo y aparece en forma de parches y pináculos dispersos (Chávez e Hidalgo, 1988; Tello, 2000).

D) El arrecife de plataforma es un banco arrecifal que emerge del fondo marino; generalmente alejado de la costa y forma una explanada superficial poco profunda (planicie arrecifal) que puede o no tener uno o más cayos arenosos (Chávez e Hidalgo, 1988; Tello, 2000). El arrecife de plataforma 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 demasiada profundidad (Schuhmacher, 1978 en Tello, 2000). 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 del golfo de México y 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).

Los arrecifes de coral sustentan una comunidad con una amplia diversidad y producción que energéticamente los hace autosuficientes (Wells, 1957; Goreau *et al.*, 1979 en González, 2000). La mayoría de los arrecifes exhiben una zonación bien

desarrollada, con características específicas que son controladas principalmente por los vientos, corrientes, y otros muchos factores ecológicos (Ladd *et al.*, 1950 en Tello, 2000) dando como resultado la formación de diferentes biotopos (Margalef, 1980; Dajoz, 1976 y Acot, 1987 en Tello, 2000).

A pesar de que cada arrecife muestra zonas bien definidas dependiendo de su geomorfología, existen biotopos comunes entre todos ellos, como las zonas de corales hermatípicos, las de coral muerto, los pastizales de *Thalassia*, las de arena, de algas y de erizos, entre otras, las que dependiendo del porcentaje de cobertura y sus interrelaciones de cada una de ellas, darán una determinada apariencia al paisaje, que puede ser modificada por disturbios naturales y antropogénicos (Tello, 2000).

II.1. FILUM ECHINODERMATA (Klein, 1734)

Los equinodermos son importantes componentes de la biomasa del bentos y su conocimiento se aplica en la evaluación de la productividad secundaria del mar (Buitrón-Sánchez y Solís-Marín, 1993; Solís, 1998). Se encuentran distribuidos en todos los océanos y en todas las profundidades, desde la zona litoral hasta las máximas profundidades conocidas de la zona hadal, que se establece de los 6,000 m de profundidad en adelante (Solís, 1998).

Los arrecifes coralinos del golfo de México, albergan una significativa diversidad de equinodermos. Su reconocimiento en diversos hábitats ha sido posible gracias a los estudios taxonómicos e inventarios del grupo, los cuales, aunque no están completos, son una base para este estudio (Solís-Marín *et al.*, 1993; Solís, 1998).

Entre los equinodermos recientes ubicados en las costas mexicanas, se encuentran 503 especies, incluidas en cinco de las seis clases del grupo: Crinoidea (4 familias, 11 géneros y 13 especies), Asteroidea (23 familias, 63 géneros y 135 especies), Ophiuroidea (25 familias, 50 géneros y 140 especies), Echinoidea (25 familias, 46 géneros y 104 especies) y Holothuroidea (18 familias, 44 géneros y 111 especies) (Buitrón-Sánchez y Solís-Marín, 1993). Aún cuando existen ciertas diferencias en los inventarios, ya que Solís-Marín *et al.* (1993) consideran para los asteroideos 23 familias, 60 géneros y 116 especies, y para equinoideos 22 familias, 45 géneros y 101 especies.

La fauna de la costa oriental mexicana es considerada como incluida en la región faunística de las Antillas y, en general poco se conoce de la fauna de equinodermos de esta región, el registro de especies litorales es pobre, en comparación a la costa occidental (Caso, 1976; Buitrón-Sánchez y Solís-Marín, 1993).

II.1.1. CLASIFICACIÓN DEL FILUM ECHINODERMATA

El registro de equinodermos en el mundo, es de alrededor de 7,000 especies vivientes y 13,000 que forman el registro fósil desde el Cámbrico Temprano. Los equinodermos fueron reconocidos por el hombre desde tiempos ancestrales, según aparecen sus formas en algunos frescos de las cavernas de Creta, con una antigüedad aproximada de 4,000 años. El término Echinodermata fue utilizado en 1734 por Jacob Klein, quien lo aplicó únicamente a los equinoideos. El abundante registro fósil es a la vez extenso y complejo, por lo que se han reconocido al menos 21 clases de equinodermos fósiles. Otros autores han desarrollado sus investigaciones buscando establecer similitudes fundamentales entre los taxones y han establecido así un menor número de clases, tal es el caso de Paul y Smith (1984 en Buitrón-Sánchez y Solís-Marín, 1993) que hacen un análisis entre formas fósiles y recientes que da una idea de la filogenia y una mejor clasificación del filum (Buitrón-Sánchez y Solís-Marín, 1993).

II.2. CLASE ECHINOIDEA (Leske, 1778)

Los equinoideos son equinodermos móviles, a los que se les da el nombre vulgar de erizos de mar, erizos acorazonados, bizcochos de mar y galletas de mar. En el mundo se han descrito alrededor de unas 950 especies. El nombre Echinoidea significa “similares a un erizo (puercospín)”, lo que hace referencia a las espinas móviles (púas) que recubren el cuerpo de estos animales. No presentan brazos, sino que tienen una forma esférica u ovalada y el cuerpo adopta un aspecto globoso o aplanado según el eje oral-aboral.

La clase Echinoidea se divide en dos grandes grupos: equinoideos regulares y equinoideos irregulares. Los erizos de mar pertenecen al primer grupo (Ruppert y Barnes, 1996).

Los equinoideos regulares o erizos de mar presentan un cuerpo más o menos esférico y están dotados de una serie de púas móviles y relativamente largas. Son de colores marrón, negro, púrpura, verde, blanco o rojo, aunque algunos exhiben colores mezclados. La mayoría miden de 6 a 12 cm de diámetro, pero algunas especies del Indo-Pacífico pueden alcanzar hasta 36 cm de diámetro.

Su cuerpo puede ser dividido en dos hemisferios, uno aboral y otro oral, con diferentes estructuras dispuestas radialmente alrededor del eje polar (oral-aboral) (Figuras 1 y 2). La boca que se encuentra en el polo oral, está dirigida hacia el sustrato y se encuentra rodeada por una membrana peristomial, en la que se pueden distinguir

diversas estructuras (Ruppert y Barnes, 1996). La boca está armada con cinco dientes calcáreos, los cuales forman parte de un órgano llamado linterna de Aristóteles (Figura 3). En el otro extremo del cuerpo aboral, está el ano, rodeado de diez placas: cinco grandes, en donde se localizan los orificios de sus órganos reproductores, y cinco pequeñas que forman el aparato apical; una de las placas grandes presenta también una serie de poros, y se denomina placa madreporica y en ella se inicia el aparato acuífero (Cifuentes *et al.*, 1997) (Figuras 2 y 4).

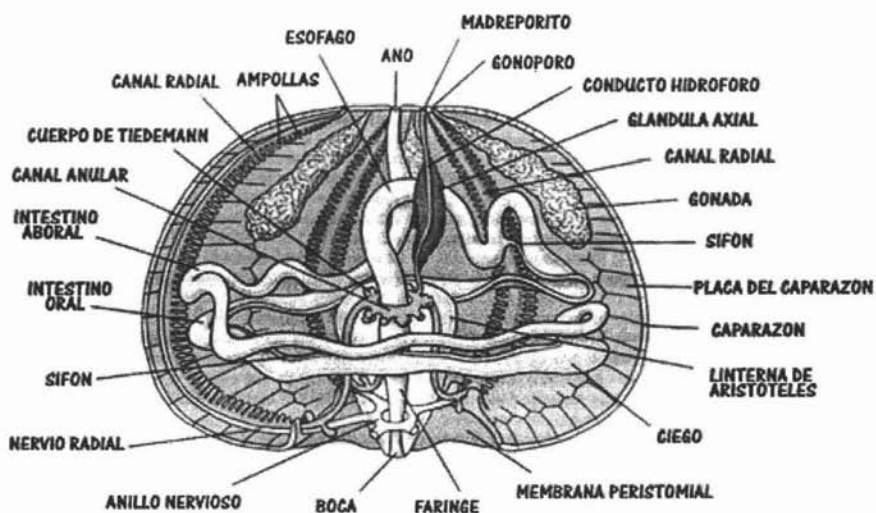


Figura 1. Anatomía interna de un erizo regular en vista lateral (de Ruppert y Barnes, 1996).

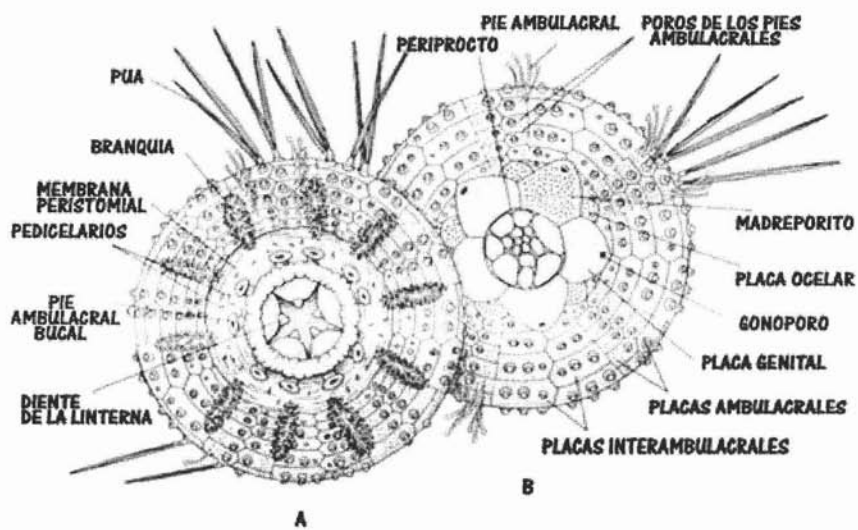
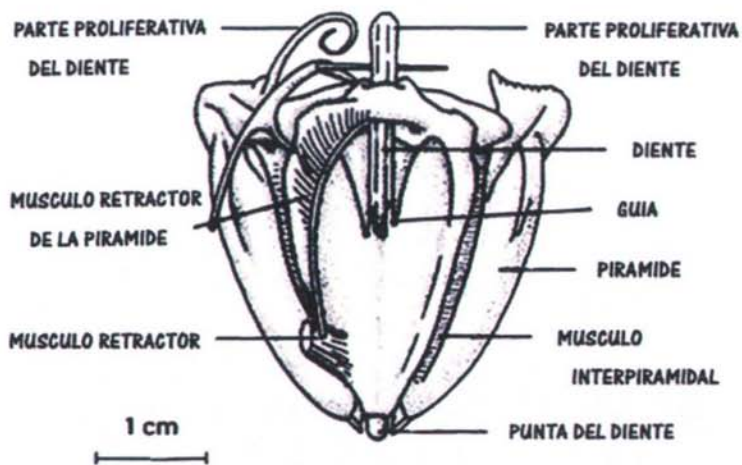


Figura 2. Erizo de mar regular A: vista oral B: vista aboral
(de Ruppert y Barnes, 1996).



A



B

Figura 3. Linterna de Aristóteles

A: (de www.microscopy-uk.org.uk/mag/imgoct02/arislant.jpg)

B: (de Ruppert y Barnes, 1996).



Figura 4. Periprocto y placas que lo rodean en los erizos regulares (de Ruppert y Barnes, 1996).

Los erizos presentan en las zonas radiales, entre sus espinas, unos delicados tentáculos, llamados pies ambulacrales que terminan en una ventosa, son sus órganos de locomoción e intervienen en la circulación del agua, ya que están conectados al aparato acuífero que se encuentra dentro del esqueleto (Cifuentes *et al.*, 1997) (Figura 2). La función de estos pies es permitir al organismo adherirse al fondo para realizar su lento desplazamiento. El desplazamiento promedio en los erizos es de 6.6 a 11.7 cm/hr, dependiendo del sitio y hora del día; así mismo, los patrones de movimiento varían por especie (Nelson y Vance, 1979; Carpenter, 1984; Tsuchiya y Nishihira, 1986; Ebling *et al.*, 1966 y Fuji, 1967 en James, 2000). La disponibilidad de alimentos es otro factor que está relacionado con el desplazamiento de erizos (Mattison *et al.*, 1977; Russo, 1979; Harrold y Reed, 1985; Andrew y Stocker, 1986; James, 2000). Con los pies ambulacrales, los organismos pueden sostener rocas pequeñas, caracoles, algas, hojas y otros objetos (Sharp y Gray, 1962; Dix, 1970; Lees y Carter, 1972; Millott, 1956 y

Lewis, 1958 en James, 2000), e inclusive ser colocados sobre su cuerpo (Figura 5). Este comportamiento puede servir para camuflagear y proteger al erizo de depredadores visuales, o puede incrementar la estabilidad si el organismo se encuentra dentro de un gran movimiento de agua, ya que las olas pueden limitar su distribución y alimentación (Lissner, 1983; Foster, 1987; Lees y Carter, 1972; Lissner, 1980 en James, 2000). Aquellos erizos que habitan donde la intensidad de ola es grande, el organismo carga más material para incrementar su peso total (James, 2000). Esto sucede sobre todo en los erizos que tienen espinas cortas (Cifuentes *et al.*, 1997), como es el caso de *Tripneustes ventricosus* y *Lytechinus variegatus* (Lessios, 1995).



Figura 5. *Tripneustes gratilla*, sosteniendo objetos en su cuerpo (de www.zanclus.it/pagine/gb_organismi_spazzini.php).

II.2.1. DISTRIBUCIÓN

Los erizos de mar se distribuyen en la franja costera desde la zona intermareal hasta profundidades de 80 m, por lo general la abundancia es mayor en la zona costera y litoral, sobre todo en la zona intermareal, en donde se forma la "rompiente" (Cifuentes *et al.*, 1997).

Para la clase Echinoidea, en México se encuentran 18 especies en la costa oriental, 65 en la costa occidental y 56 en el golfo de California (Buitrón-Sánchez y Solís-Marín, 1993; Solís-Marín *et al.*, 1993).

II.2.2. ALIMENTACIÓN

Los erizos de mar se alimentan de todo tipo de materia orgánica, animal o vegetal, vivo o muerto (detritos), aunque muestran preferencia por diferentes tipos de algas, considerándose de hecho como verdaderos herbívoros reguladores de la biomasa de las algas marinas. Por lo general suelen alimentarse de noche, como un patrón normal, cuando los depredadores están ausentes (Nelson y Vance, 1979; Carpenter, 1984; Tsuchiya y Nishihira, 1986; Ebling *et al.*, 1966 y Fuji, 1967 en James, 2000), pero esta característica no es universal (Hay, 1984; Shunula y Ndibalema, 1986; Glynn *et al.*, 1979 en James, 2000).

Los erizos tienen un amplio poder de adaptación a las condiciones ambientales, cuando el alimento es limitado, las actividades somáticas y reproductoras decrecen, desarrollándose al máximo el aparato digestivo para mejorar la asimilación de la comida. La dieta de una especie determinada puede variar de un lugar a otro, dependiendo de lo que esté disponible. La mayoría de los erizos de mar se alimentan raspando con sus dientes la superficie del sustrato sobre el que viven (Cifuentes *et al.*, 1997).

II.2.3. REPRODUCCIÓN

Todos los equinoideos son dioicos, sin dimorfismo sexual (SAGARPA y INP, 2001). Los erizos regulares poseen cinco gónadas que se encuentran suspendidas a lo largo de la cara interna de cada una de las zonas interambulacrales del caparazón. Desde cada gónada parte un corto gonoducto hasta uno de los gonóporos, que están situados en las cinco placas genitales (Figura 1). El desarrollo gonadal es un proceso controlado hormonalmente y de ciclo anual. La manipulación de la alimentación, la temperatura y del fotoperíodo, provoca la gametogénesis fuera de estación. Generalmente, durante el verano y parte del otoño las gónadas maduran, aumentando de volumen y adquieren una coloración amarilla intensa. Posteriormente los óvulos y espermatozoides se liberan (generalmente entre abril y agosto) por contracción de las capas musculares de las gónadas y es en el agua del mar donde se produce la fecundación (Figura 6). La mayoría de los erizos tienen una tasa de fecundación muy alta (12 millones de huevos al año) (Ruppert y Barnes, 1996; Knowlton, 2001; Smith y Koester, 2001).

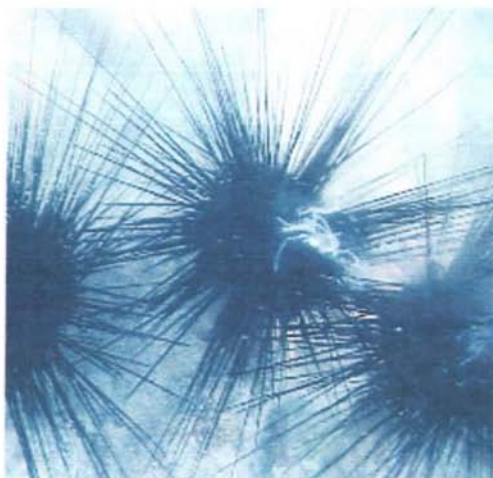
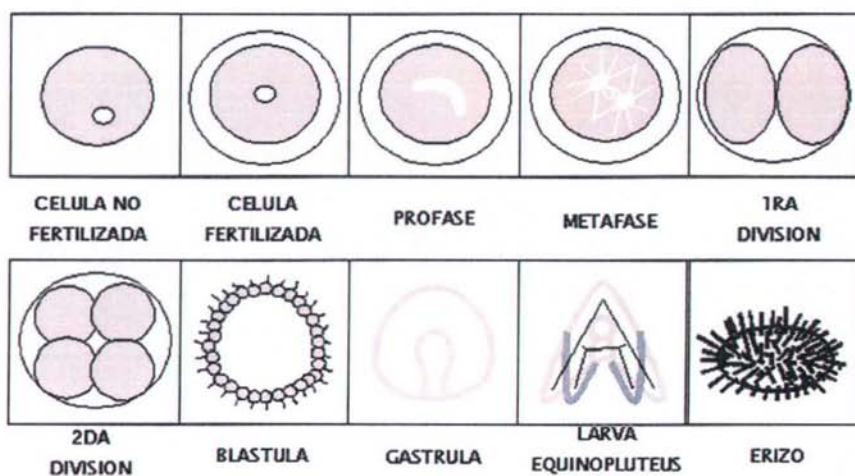


Figura 6. Liberación de espermatozoides del erizo regular, *Diadema antillarum* (de faculty.uvi.edu/users/sratchf/Urchin.htm).

Después de la fecundación, en el huevo se forma una blástula típica (Figura 7), que desarrolla cilios y se hace nadadora aproximadamente 12 horas después, como una larva planctónica llamada equinopluteus (Figuras 7, 8, 9A y 9B). Ésta presenta seis partes de brazos larvarios alargados, puede nadar y alimentarse durante varios meses. Se alimenta en las aguas superficiales, donde las algas unicelulares son más abundantes (Ruppert y Barnes, 1996), completando su desarrollo en 16 a 30 días dependiendo de la temperatura del agua (BC Shellfish Growers Association, 2004: www.bcsга.ca/bcsгirs/urchin/urchin.htm). En el lapso de tiempo en el cual la larva forma parte del plancton, las corrientes juegan un papel muy importante en la distribución de las larvas y el patrón de reclutamiento (Smith y Koester, 2001). Otros factores oceanográficos, como las surgencias y vientos afectan considerablemente la distribución de las larvas (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996). Después de 16 a 30 días, la larva

equinopluteus va hundiéndose hasta el fondo donde se fija (normalmente en septiembre y octubre) (Smith y Koester, 2001). Posteriormente presenta de inmediato la metamorfosis; donde se absorbe el tejido larval y empieza a aparecer el esqueleto del adulto, formándose en primer lugar las cinco placas genitales y a continuación las ocelares dando la estructura final del erizo (Figura 9C). La metamorfosis siguiente es sumamente rápida, dura aproximadamente una hora (Ruppert y Barnes, 1996). Un erizo de aproximadamente 1 mm de diámetro (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996) comienza a alimentarse de diatomeas bentónicas y luego de macroalgas (Mottet, 1976 en Palleiro-Nayar *et al.*, 1996).

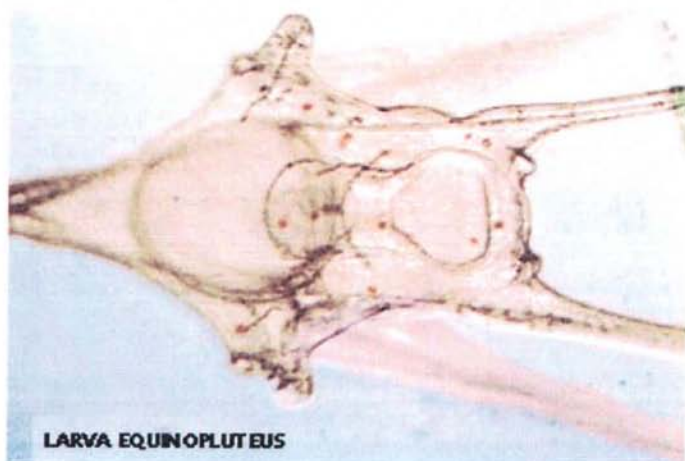


A

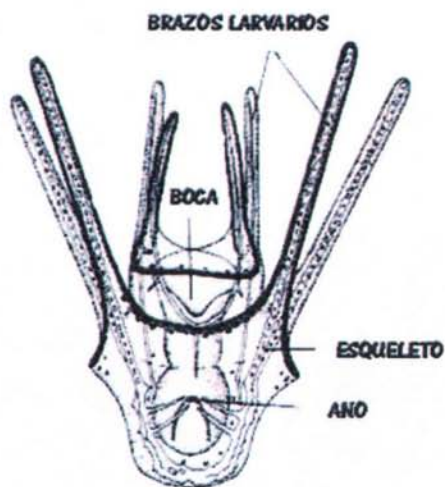


B

Figura 7. Fases de desarrollo de los erizos
 (A: de www.stanford.edu/group/Urchin/first.htm
 B: de <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html>?
<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artjul00/urchin1.html>)



A



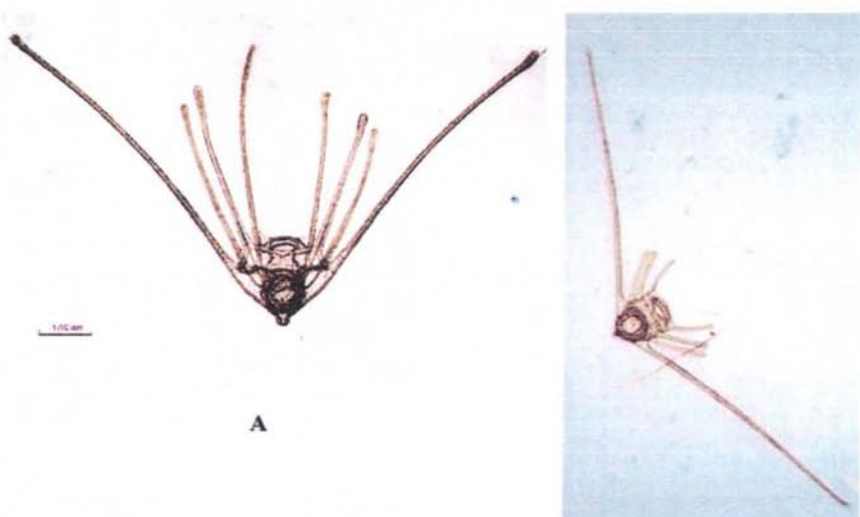
B

Figura 8. Larva equinopluteus del erizo

(A: de [http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html?](http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html?http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artjul00/urchin1.html)

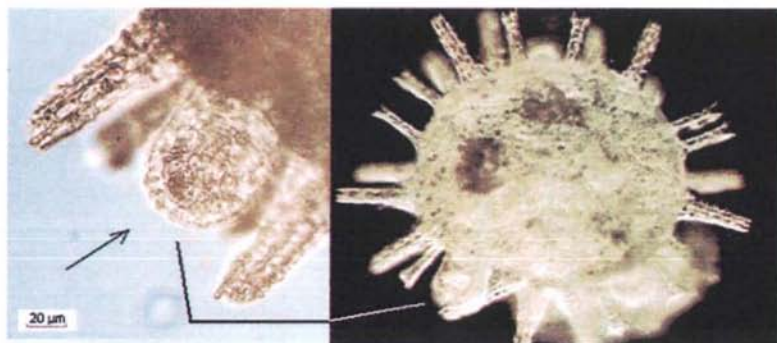
<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artjul00/urchin1.html>

B: de Ruppert y Barnes, 1996).



A

B



C

Figura. 9. A y B: Larva equinopluteus del erizo. C: Erizo juvenil y sus pies ambulacrales (de <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html?http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artjul00/urchin1.html>).

II.3. GÉNERO *Tripneustes* (Agassiz, 1841)

En la actualidad tan sólo 3 especies del género *Tripneustes* son conocidas, la especie Antillana, *T. ventricosus*, la de la costa oeste de Pacífico, *T. depressus*, y la Indo-Pacífica *T. gratilla* (Caso, 1974a; Zigler y Lessios, 2003) (Figura 10).

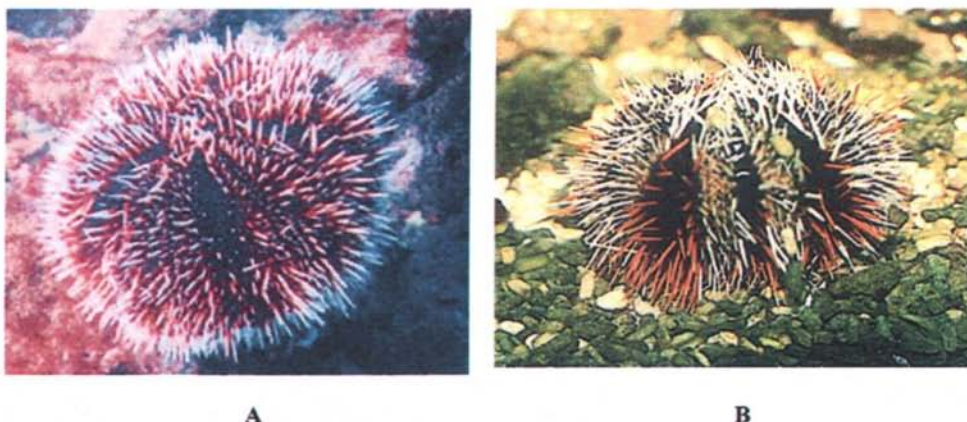


Figura 10. A: *Tripneustes depressus* (de www.geol.umd.edu/~life/htmls/tripne.html).
B: *Tripneustes gratilla* (de [www.livingreefimages.com/ Page72a.html](http://www.livingreefimages.com/Page72a.html)).

Las tres especies de *Tripneustes* son equinoideos con un sistema abactinal especializado, hendiduras actinales o branquiales profundas, zonas ambulacrales anchas y placas ambulacrales largas y angostas. Existen dos tubérculos primarios en cada cuatro placas; el tercer par de poros está horizontalmente colocado y se forman así

hileras verticales diferenciadas. Las epífisis de la linterna forman hacia el exterior, un par de procesos curvados alrededor de cada diente (Caso, 1974a).

Este género tiene una distribución tropical. Se le encuentra en las aguas superficiales, especialmente sobre depósito de pastos marinos, arena y conchas o corales (Caso, 1974a; Smith y Koester, 2001).

II.4. ESPECIE *Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1916) (Figuras 11-20)

La clasificación para la especie de erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1916), es la siguiente, de acuerdo a Integrate Taxonomic System (www.itis.usda.gov).

Filum: Echinodermata (Klein, 1734)

Subfilum: Echinozoa (Haeckel, 1895)

Clase: Echinoidea (Leske, 1778)

Subclase: Echinoidea (Bronn, 1860)

Superorden: Echinacea (Claus, 1976)

Orden: Temnopleuroida (Mortensen, 1942)

Familia: Toxopneustidae (Troschel, 1872)

Género: *Tripneustes* (Agassiz, 1841)

Especie: *Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1916)

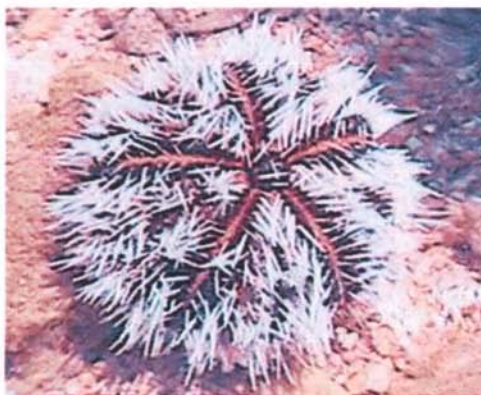


Figura 11. *Tripneustes ventricosus* (de Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

Tripneustes ventricosus es una especie de talla grande, llegando a medir hasta 15 cm de diámetro por 8 cm de altura (Lessios, 1995), siendo su talla promedio de 13 cm aproximadamente (Smith y Koester, 2001). Su talla suele ser mayor que su congénere de la costa pacífica *T. depressus* (Caso, 1974a).

La forma del caparazón es poco variable; el contorno es circular pero también puede ser pentagonal (Caso, 1974a; Worbis, 1986). La altura oscila del 45 al 50 % del diámetro. Presenta espinas pequeñas, robustas, afiladas, estriadas longitudinalmente, de color pajizo blancas o blanco amarillentas (Figura 11). El aparato apical (Figura 19) es de forma estrellada con las placas genitales con bordes libres redondeados; poros genitales grandes, con la placa madreporica; placas oculares pequeñas y con 3 salientes externos. Presentan un anillo característico que está formado por los tubérculos primarios que están dispuestos sobre el borde interno de las placas genitales y oculares, donde están implantados tubérculos y pedicelarios. El orificio anal es grande, redondo y excéntrico. Los pedicelarios son de cuatro clases distintas (Caso, 1974a; Gamboa, 1978) (Figura 20):

- A) “Pedicelarios globíferos”: con las valvas terminadas en una punta ganchuda y presentan tres glándulas ovaladas unidas al tallo del pedicelario. Estos se distribuyen por todo el caparazón y forman hileras notorias más numerosas a nivel de la parte media longitudinal del interamulacro, además se encuentran aglomeradas y creciendo sobre las placas del sistema apical.
- B) “Pedicelarios ofiocéfalos”: colocados irregularmente sobre todo el caparazón, forman un anillo que rodea la abertura oral en el peristoma, al encontrarse insertados en las placas orales.

- C) “Pedicelarios tridentados”: presentes en toda la superficie del caparazón, escasos, no los hay en el peristoma, sus valvas estrechas y al cerrarse sólo la parte superior de éstas se pone en contacto.
- D) “Pedicelarios trifoliados”: distribuidos en todo el caparazón y también presentes en las pequeñas placas que existen sobre el peristoma, sus valvas son ligeramente cuadradas y con un tallo largo.

Los tubérculos de *T. ventricosus* son más robustos que los de *T. depressus* y se distribuyen en las zonas interambulacrales o interradales. Se ubican dos hileras laterales de tubérculos primarios, que van desde el actinostoma hasta el límite del aparato apical; hacia el exterior de estos tubérculos y limitando por lo tanto con las zonas ambulacrales, existe una hilera de tubérculos primarios más pequeños que van del actinostoma hasta un poco antes del “ambitus”. En el centro de las zonas interradales existen otras tres hileras verticales de tubérculos, con la misma distribución que las anteriores. La parte de las zonas interambulacrales próxima al aparato apical, está desprovista de tubérculos primarios.

Los tubérculos secundarios, en los especímenes grandes, están extraordinariamente desarrollados en las zonas ambulacrales o radiales, en donde forman series horizontales conspicuas. Son del mismo tamaño que los tubérculos primarios, por lo que, tan sólo, cuando se les sigue del lado aboral, puede uno constatar de qué clase de tubérculos se trata; en el espacio medio ambulacral existen dos hileras externas de tubérculos primarios, que se disponen desde el actinostoma hasta el aparato apical entre estas dos hileras de tubérculos hay dos hileras más de pequeños tubérculos,

que llegan tan sólo un poco más allá del “ambitus”.

El actinostoma es pequeño, con entrantes actinales o branquiales profundos; la membrana del actinostoma está cubierta con placas pequeñas distribuidas irregularmente (Caso, 1974a; Caso, 1974b; San Juan, 1988). El caparazón es generalmente coloreado con un tono violeta a púrpura (Caso, 1974a; Gamboa, 1978; Worbis, 1986).

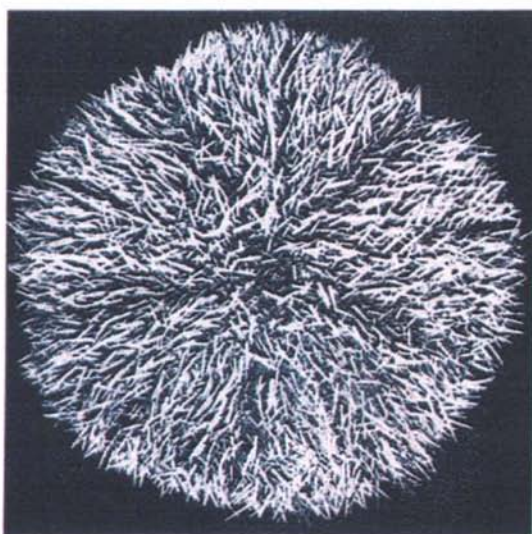


Figura 12. *Tripneustes ventricosus*, vista dorsal (de Caso, 1974a).



Figura 13. *Tripneustes ventricosus*, vista dorsal, caparazón desprovisto de espinas.

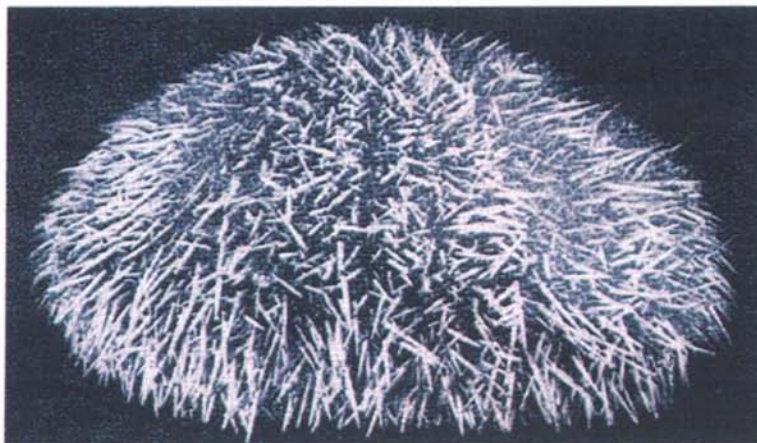


Figura 14. *Tripneustes ventricosus*, vista lateral (de Caso, 1974a).



Figura 15. *Tripneustes ventricosus*, vista lateral, caparazón desprovisto de espinas.

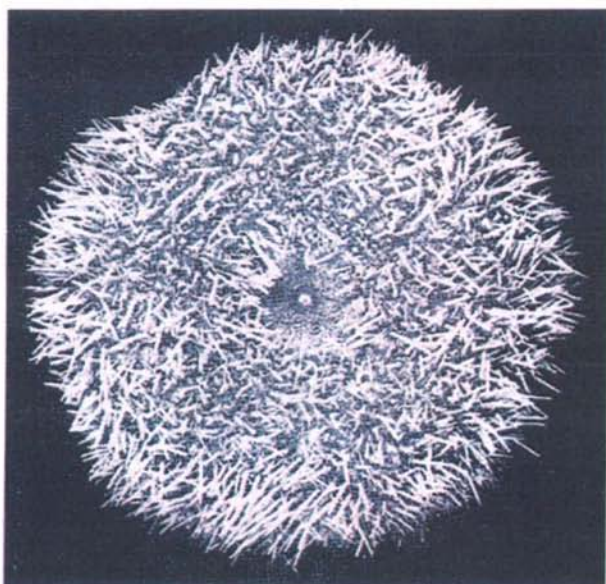


Figura 16. *Tripneustes ventricosus*, vista ventral (de Caso, 1974a).

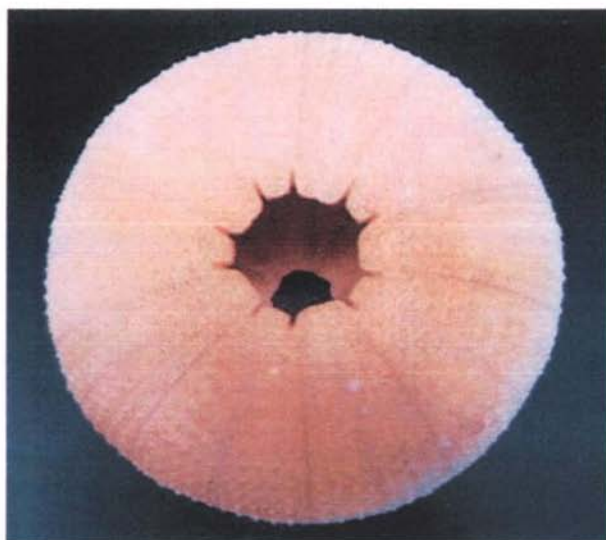


Figura 17. *Tripneustes ventricosus*, vista ventral, caparazón desprovisto de espinas.

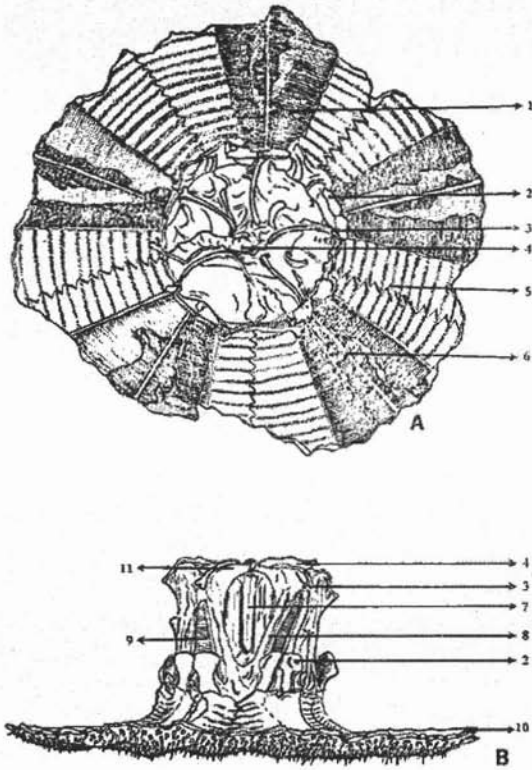


Figura 18. *Tripneustes ventricosus*, A: linterna de Aristóteles vista desde la parte superior. B. linterna de Aristóteles vista lateralmente. 1. zonas ambulacrales. 2. aurículas. 3. compases. 4. esófago. 5. placas interambulacrales. 6. canal radial. 7. diente. 8. pirámide 9. músculos interpiramidales. 10. caparazón. 11. epífisis (de Caso, 1974a).

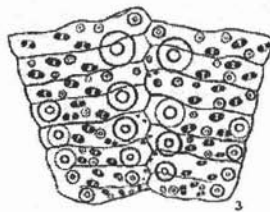
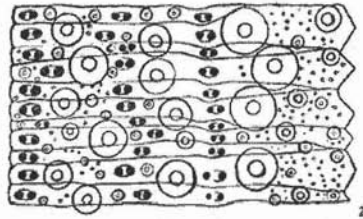
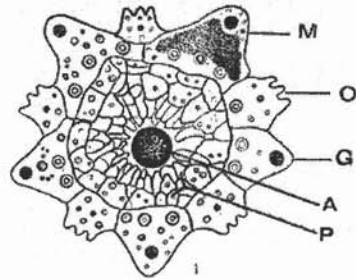


Figura 19. *Tripneustes ventricosus*. 1) Sistema apical M=placa madreporica, O=placa ocular, G=placa genital, A=orificio anal, P=placas periproctales. 2) Placas ambulacrales próximas al actinostoma. 3) Placas ambulacrales de la región inferior del caparazón (de Caso, 1974a).

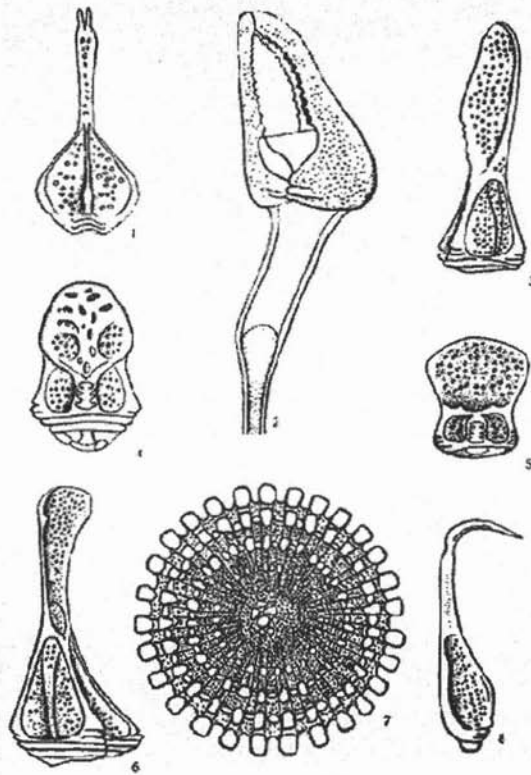


Figura 20. *Tripneustes ventricosus*. 1) valva de pedicelario globífero. 2) pedicelario tridentado pedunculado. 3) valva de pedicelario tridentado con extremo distal estrecho 4) valva de pedicelario "trifido". 5) valva de pedicelario "oficefalo". 6) valva de pedicelario tridentado con la extremidad distal ensanchada. 7) corte transversal de una espina. 8) valva de pedicelario con el extremo distal afilado (de Caso, 1974a).

II.4.1. DISTRIBUCIÓN

Tripneustes ventricosus forma parte de la fauna del mar Caribe y golfo de México. Se le ha recolectado principalmente en Florida (E.U.A.), en distintas localidades de las Antillas (Cuba, Haití, Santo Tomás, La Martinica) y Venezuela. Es una especie común en la región del mar Caribe distribuyéndose en el mar de Bermudas, Florida y hacia el sur hasta Brasil, y se le ha encontrado en la isla Fernando de Noronha, Ascensión y sobre la costa oeste de África y del golfo de Guinea (Bahía Walfish) (Caso, 1978; Worbis, 1986; Smith y Koester, 2001). En México, se encuentra en las costas de Veracruz y Quintana Roo (Caso, 1978; Solís-Marín *et al.*, 1993).

II.4.2. HÁBITAT

Es una especie estrictamente litoral que se extiende, desde zonas muy someras hasta los 30 m de profundidad. Abunda en fondos donde hay arena y conchas (Caso, 1974a) o corales (Smith y Koester, 2001). Pero se localiza principalmente sobre pastos marinos dominados por *Thalassia*. Es en este último hábitat donde encuentra su mayor zona de reproducción, alimentación y protección (Lessios, 1995; García, 2001) (Figuras 21 y 22A).

En el arrecife de Isla Verde, Veracruz, la mayor parte de la población de *Tripneustes ventricosus* se encuentran sobre la hierba marina *Thalassia testudinum*.

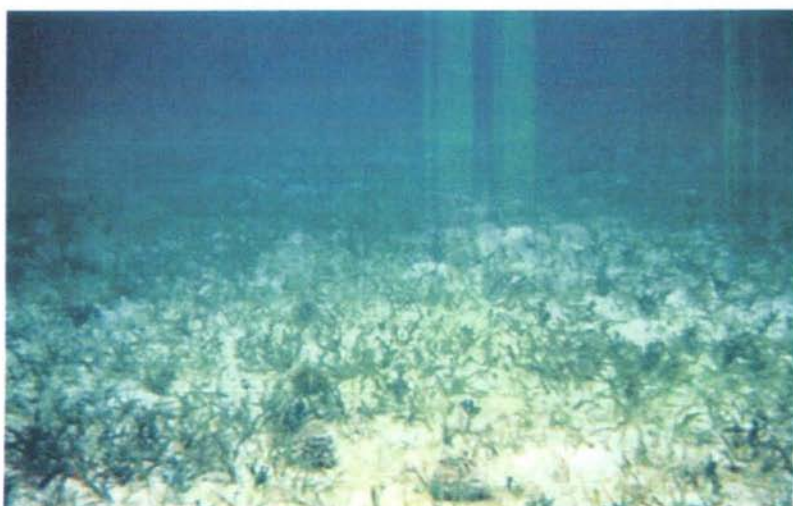


Figura 21. *Tripneustes ventricosus* en las praderas de *Thalassia testudinum* (en strobotics.onza.net/reefs2.html).

II.4.2.1. *Thalassia testudinum* (Figura 22B)

Thalassia testudinum está presente desde el norte del golfo de México hasta la costa norte de Sudamérica. La distribución de las hierbas marinas depende de varios factores ecológicos, como es la temperatura, la profundidad, la turbidez del agua, la salinidad y la acción del oleaje (Moore, 1963 en García, 2001). La profundidad y la turbidez están muy relacionadas, pues es de ambos factores que depende la penetración de la luz necesaria para estas plantas (García, 2001).

Las praderas de *Thalassia* se desarrollan mejor en las zonas llanas y tranquilas del sublitoral donde existe un sustrato blando como el fango o la arena, pero pueden crecer también donde existe algún embate del oleaje y el sustrato está compuesto

también por arenas gruesas.

Se encuentran desde la zona entre mareas hasta los 25 m de profundidad. Sin embargo, las praderas más densas se encuentran sobre los 10 m y en áreas de salinidades entre los 25 y 40 ups (Dawes, 1986). Una salinidad menor de 20 ó mayor de 45 ups excluye a esta hierba marina. El pastoreo de los erizos y la insuficiencia de la luz parecen ser los factores que determinan los límites máximos de profundidad de esta especie (Vicente *et al.*, 1980; García, 2001).

II.4.2.1.1. APORTACIÓN DE *Thalassia* AL SISTEMA

Las praderas de *Thalassia* son un sistema en crecimiento donde las plantas alteran el patrón de sedimentación y de deposición. El material predominante en el fondo varía entre localidades, desde arenas gruesas a lodos muy finos cubiertos con detrito. Las hojas de las hierbas marinas sirven como trampas de sedimentos, mientras que los sistemas de raíces actúan como estabilizadores de esos sedimentos en el fondo. Esta acumulación y estabilización de sedimentos permite que en ocasiones *Thalassia* forme terrazas que alcanzan hasta un metro sobre el nivel del fondo que no tiene hierbas. Se atrapan y estabilizan tanto sedimentos inorgánicos como otros de origen orgánico, siendo importante el origen, calidad y cantidad de los aportes de sedimentos de las diferentes fuentes. Se pueden distinguir en los sedimentos asociados a estos sistemas los fragmentos de algas calcáreas como *Halimeda* y las conchas de caracoles y almejas. Estos, entre otros, enriquecen el sustrato de carbonato cálcico. Los sedimentos más

finos que se retienen impiden la fácil circulación del agua. Esto y la actividad metabólica de los descomponedores favorecen la formación de una zona anóxica a muy poca profundidad. Esta zona anóxica muchas veces muestra un color oscuro y tiene una alta concentración de sulfuro de hierro (García, 2001).

Fenchel (1970) sugiere que la aportación principal de recursos alimenticios de las praderas de *Thalassia* a los ecosistemas costeros es a través de la producción de detrito. Vicente (1977 en García, 2001) propone que en los trópicos, contrario a lo que parece ocurrir en latitudes altas, el pastoreo es un mecanismo importante en la transferencia de energía a otros niveles tróficos. A pesar de que muchos autores afirman lo contrario, las hierbas marinas son consumidas directamente por muchos animales. McRoy y Helfferich (1980) presentan una lista de 154 especies de animales, de las que existe evidencia de que consumen directamente a las hierbas. Entre éstos están varias especies de anélidos, moluscos, crustáceos, equinodermos como los erizos *Diadema antillarum*, *Echinometra lucunter*, *Tripneustes ventricosus* (Figuras 21 y 22A) y *Lytechinus variegatus*, muchas especies de peces, especies de aves, reptiles y mamíferos.

En las zonas de más denso follaje las plantas deben servir como atenuadores del movimiento del agua, creando condiciones apropiadas para el establecimiento de muchos organismos y facilitando la precipitación de material de poca densidad con valor nutritivo. Asimismo las hierbas ofrecen protección contra el exceso de luz. Esta es disminuida por el follaje, lo que crea un hábitaculo apropiado para especies crípticas o que busquen refugio. Las hojas sirven de cobertura, sirviéndoles a los habitantes del

fondo como protección de los rayos del sol. En los lugares donde durante la marea baja queda expuesta la pradera, éstas sirven a los organismos asociados como protección contra la desecación (Kikuchi y Peres, 1977). También le sirven de "criadero" a muchas especies (García, 2001).



A



B

Figura 22. A: *Tripneustes ventricosus* en las praderas de *Thalassia testudinum*
B: *Thalassia testudinum*

(de cuwww.upr.clu.edu/~cgarcia/ecologiacostanera/Clase/Tha-001/THALASIA.98.htm).

II.4.3. ALIMENTACIÓN

Al analizar el contenido intestinal de *Tripneustes ventricosus*, se observó que está constituido por desperdicios vegetales o de fragmentos aglutinados que forman

pequeñas bolas de los depósitos sobre las cuales vive el erizo (Caso, 1974a).

Moore y McPherson (1965 en Ogden, 1980) calcularon la ingestión de *Thalassia* en *Lytechinus variegatus* y *T. ventricosus* entre tres a seis gramos de peso húmedo diario por individuo. Este alto promedio de ingestión no puede interpretarse como una alta tasa de transferencia de energía de la pradera a los erizos. La eficiencia en la absorción de materia orgánica por los erizos, al comparar la ingerida con la presente en las heces, está alrededor del 19% y si se considera la razón de crecimiento con relación a lo ingerido, está entre 3 y 3.8% en individuos adultos (Moore *et al.*, 1963 en García, 2001).

II.4.4. CRECIMIENTO

Tripneustes ventricosus crece rápidamente el primer año, pudiendo llegar a crecer de 65mm a 75mm, alcanzando en esas tallas su maduración sexual (Scheibling y Mladenov, 1988; Smith y Koester, 2001). McPherson (1965) observó que *T. ventricosus* creció aproximadamente 15 mm de diámetro a más de 50 mm en seis meses, observando que los primeros 6 a 10 meses son cuando crecen más rápidamente (Scheibling y Mladenov, 1988). Lewis (1958) reportó que el crecimiento corporal de *T. ventricosus* es relativamente rápido durante los meses de otoño e invierno, pero lento durante primavera y verano cuando maduran las gónadas, lo que se correlaciona con lo obtenido por Moore *et al.* (1963 en Lawrence, 2001) quienes descubrieron que el crecimiento corporal y gonadal son negativamente correlacionados con la temperatura

(Lewis, 1958). Sin embargo, Sebens (1987 en Lawrence, 2001) ha reportado que la velocidad de crecimiento de los erizos de mar es variable. Lilly (1979) observó que la tasa de crecimiento depende de la disponibilidad de alimento. También la época de reproducción y la talla de la primera madurez dependen de las condiciones ambientales, así como del alimento disponible (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996). La longevidad de esta especie es de 3 años aproximadamente (Smith y Koester, 2001).

II.4.5. TAMAÑO DE POBLACIÓN Y VARIACIÓN

Haley y Solandt (2001) realizaron un estudio de población de *Diadema antillarum* y *Tripneustes ventricosus* durante cinco años, en Discovery Bay, Jamaica (1995-2000). Ellos reportaron que en un año, la densidad de *T. ventricosus* se incrementó 10 veces más que los años anteriores y el siguiente año regresó a su densidad normal. Este evento efímero fue observado dos veces durante cinco años de investigación. Los autores proponen que este cambio brusco de la población de *T. ventricosus* ocurre por una combinación de eventos de reclutamiento, depredación y migración local. Sin embargo, esos argumentos son poco aceptados.

Otra causa que ha sido mencionada en la variación de población de los erizos es la muerte masiva, como la de *Diadema antillarum* en 1984 en el océano Atlántico (Knowlton, 2001; Engman, 2002). En 1996, se reportó una muerte masiva del *T. ventricosus*, en el suroeste de Puerto Rico durante enero y febrero del 1995, donde murieron miles de individuos de esta especie, lamentablemente no se tomaron muestras

para estudios histológico y/o epidémico. Muchos erizos, aún vivos, flotaban cerca de la superficie, al parecer su cuerpo estaba lleno de gases. Otros individuos adheridos al fondo, perdieron sus espinas aborales y su coloración cambió hacia un tono más oscuro, casi negro. Un evento similar a este había ocurrido durante septiembre a noviembre de 1990, en el suroeste de Puerto Rico, atribuible a que la temperatura máxima del agua fue mayor a la normal o por la exposición de individuos al aire (Williams *et al.*, 1996).

En St. Lucia, después del huracán David en 1979 y huracán Allen en 1980, la población del erizo *T. ventricosus* se redució extremadamente. La recolonización fue lenta, sin embargo, el número de organismos sólo se incrementó notablemente hasta 1986. La segunda declinación de esta población fue en 1994, coincidiendo con el paso de la tormenta tropical Debbie. La población de *T. ventricosus* fue incrementando lentamente durante 5 años, hasta que hubo un fuerte reclutamiento en el 2000, resultando un gran incremento de abundancia en 2001. Un incremento similar se ha reportado en Barbados, St. Vicent y los Grenadines. El reclutamiento de muchos invertebrados puede ser extremadamente variable cada año, y esta variabilidad se ha observado también en otras especies de erizo, sin embargo, todavía se siguen investigando las causas y el mecanismo de estas fluctuaciones (Smith y Koester, 2001).

II.4.6. ESPECIES ASOCIADAS Y TASA DE MORTALIDAD

Entre los parásitos que han sido hallados frecuentemente, pueden citarse varias especies de infusorios ciliados tales como: *Metopus circumlabens*, *Anophrys elongata* y

Cohnilembus caeci (Caso, 1974a). Otra especie asociada con *Tripneustes ventricosus* es el camarón *Gnathophylloides mineri* que vive entre las espinas del erizo y se alimenta de las epidermis de esas espinas (Patton *et al.*, 1985).

Con respecto a los depredadores, el principal depredador de *T. ventricosus* es el caracol *Cassia tuberosa* (Figura 23), un gasterópodo de gran tamaño que se alimenta de erizos en las praderas de hierbas marinas, en especial de los géneros *Tripneustes* y *Lytechinus*. Estos caracoles perforan el esqueleto de los erizos y usando su larga proboscis se alimentan de las partes blandas internas de su presa excepto el contenido intestinal. Además, el 95 % de sus espinas son retiradas por este organismo. Así, en ocasiones se encuentran sobre la pradera, los esqueletos blancos y esféricos de los erizos mostrando la perforación de 0.5 cm de diámetro aproximadamente (Hughes y Hughes, 1971; García, 2001) (Figura 24). Siendo los erizos los principales consumidores directos de las hierbas vivas, deben considerarse como elementos importantes en la regulación del desarrollo de las praderas. Los depredadores de erizos, a pesar de ser un grupo menos numeroso (también muy afectado por la sobrepesca), afectan el tamaño y diversidad de la comunidad de estos erizos, y por lo tanto, indirectamente, de la pradera. En áreas de alta densidad de *Cassia*, Engstrom (1976 en García, 2001) encontró una fauna de erizos menos variada que en zonas de baja densidad. En otra localidad, Rivera (1979 en García 2001) encontró que *Cassia* y algunas aves parecen ser responsables de cerca del 20% de la mortalidad total de *Lytechinus* (erizo verde) y *Tripneustes* (erizo blanco). Entre otros depredadores de erizos de mar se incluyen algunos peces, gasterópodos y algunas estrellas de mar. Las tasas de mortalidad por predación varían dependiendo del tamaño de los organismos; los

erizos pequeños son más vulnerables a ser consumidos por los predadores que los erizos adultos (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996).



A

B

Figura 23. A: *Tripneustes ventricosus* y *Cassis tuberosa* B: *Tripneustes gradilla* y *Cassis tuberosa* (de A: biology.bangor.ac.uk/~bss122/HelmetShells.html B: oceanwideimages.com.au/categories.asp?cID=67).



Figura 24. Esqueleto de *Tripneustes ventricosus* depredado por *Cassis tuberosa*.

Otra causa de mortalidad son las presiones ambientales. Tanto *Lytechinus* como *Tripneustes* se encuentran con frecuencia en las áreas someras de las praderas de *Thalassia*. Así, más del 50% de las muertes de estos parecen deberse a alteraciones ambientales físicas tales como desecación por la exposición durante mareas bajas extremas, o por ser arrastrados a la orilla por un fuerte oleaje (García, 2001).

II.5. PESQUERÍA DE ERIZO Y SOBREEXPLOTACIÓN

Actualmente las gónadas de erizo alcanzan alta cotización en el mercado internacional de productos marinos, causando la expansión mundial del recurso, cuyos volúmenes de producción están alrededor de las 60,000 toneladas anuales. Las gónadas de erizo son altamente apreciadas en Europa (Francia) y Asia (Japón y Corea) donde se explotan 14 especies y otras se importan de otros países (Rusia, Chile, Corea del norte y sur, China, entre otros (BC Shellfish Growers Association, 2004: www.bcsqa.ca/bcsgirs/urchin/urchin.htm)), donde la extracción del recurso es poco regulada. Se considera que en la actualidad la mayoría de poblaciones de erizos comerciales son sobreexplotadas (Gómez, 2002).

En el mundo se pescan intensivamente las siguientes especies: *Echinus esculentus* y *Paracentrotus lividus* en Europa (Francia, Dinamarca, Irlanda e Islandia); *Strongylocentrotus droebachiensis*, *S. intermedius*, *S. purpuratus*, *S. nudus* en el Pacífico norte (Japón, Rusia, China, Corea, Canadá y Estados Unidos) y *Loxechinus albus* en el Pacífico sur (Chile). En el mar Caribe (Barbados) se sobreexplotó la especie

Tripneustes ventricosus cuyas poblaciones casi colapsaron (Gómez, 2002).

Por ejemplo, La Columbia Británica donde se inició el comercio del erizo en los 70's. Los erizos fueron recolectados uno por uno manualmente, principalmente las especies *Strongylocentrotus droebachiensis* (erizo verde) y *Strongylocentrotus franciscanus* (erizo rojo). Este comercio se expandió rápidamente entre 1990 y 1992, cuando sucedió la máxima captura de erizos ya que después fue introducida una nueva ley para controlar la pesca. En 1992, cerca de 13,000 toneladas de erizo rojo fueron capturados dando un valor total de ocho millones seis cientos mil dólares aproximadamente. Y también 978 toneladas de erizo verde fueron capturados (cuatro millones quinientos mil dólares) (BC Shellfish Growers Association, 2004: www.bcsga.ca/bcsgirs/urchin/urchin.htm).

II.5.1. PESQUERÍA DE ERIZO EN MÉXICO

En México, la pesquería del erizo se inició en 1965 en Baja California, principalmente del erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*), como complementaria a la del abulón (Cifuentes *et al.*, 1997). Pero fue hasta 1972 cuando es explotada a nivel comercial con una captura de 93 toneladas de peso entero (Malagrino, 1972 en SAGARPA y INP, 2001). De acuerdo con el cálculo efectuado en ese trabajo, se señala que un kilogramo de gónada corresponde a siete individuos (Cifuentes *et al.*, 1997). En la actualidad, el erizo rojo representa una de las principales pesquerías en el estado de Baja California, por concepto de exportación de gónadas, genera un promedio de siete millones de dólares anuales. La producción de gónada se exporta al Japón, principal

consumidor de gónada de erizo en el mundo (Palleiro *et al.*, 1996; SAGARPA y INP, 2001).

El número de embarcaciones para esta pesca se ha incrementado; en el periodo 1979 a 1985, participaban menos de 100 embarcaciones, pero a partir de 1982 se incrementó drásticamente a 220; en 1986 se registraron 250 equipos de pesca y actualmente se ha mantenido alrededor de 300 embarcaciones explotando este recurso (SAGARPA y INP, 2001).

Las capturas han disminuido su nivel desde 1986 y actualmente la pesquería se encuentra administrada bajo un enfoque precautorio (Cota *et al.*, 1997 y Solana, 1997 en SAGARPA y INP, 2001; Diario Oficial, 2000). Desde 1997 se establecieron un reglamento de la pesquería de erizo para llevar a cabo la recuperación de las poblaciones de esta especie de erizo (Cota *et al.*, 1997 y Solana, 1997 en SAGARPA y INP, 2001).

Reglamento de la pesquería de erizo: (Palleiro-Nayar *et al.*, 1996; Diario Oficial, 2000; SAGARPA y INP, 2001)

- 1) Talla mínima legal de 80 mm de diámetro.
- 2) Época de veda del 1º de marzo al 30 de junio.
- 3) Zona de veda.
- 4) Cuotas de captura por temporada.
- 5) Una tolerancia de 5% de erizos por abajo de la talla mínima legal.
- 6) Entrega de una Bitácora de Pesca por los Permisionarios.

II.5.2. PESQUERÍA Y UTILIDAD DE *Tripneustes ventricosus*

La gónada de los erizos del mar (*Tripneustes ventricosus*) se ha considerado como un alimento delicado por siglos en el mar Caribe; como en Barbados, Cuba, Jamaica, St. Lucía y entre otros (Caso, 1974a; Gómez, 2002).

Sin embargo, las capturas han disminuido su nivel desde finales de los 80s (Barbados marine trust, 2004: www.barbadosmarinetrust.com/sea-eggs.htm). Por su hábitat de pocas profundidades y cercanía a la costa, esta especie es muy vulnerable (Smith y Berkes, 1990; Smith y Koester, 2001). Actualmente la pesquería se encuentra administrada bajo un enfoque precautorio (Barbados marine trust, 2004: www.barbadosmarinetrust.com/sea-eggs.htm).

En Barbados, en los mediados de los años setenta se observó que los erizos del mar se conseguían más pequeños y a mediados de los años ochenta se encontraban individuos difícilmente en los alrededores de Barbados. En un esfuerzo de dar al erizo de mar una oportunidad de recuperarse, fue impuesta una veda contra la pesca entre 1987-1989 y desde el 2001, la pesca de los erizos es ilegal. Sin embargo, se siguen capturando ejemplares de *T. ventricosus* en esta región. En el mercado negro de Barbados, el medio litro de gónada de esta especie tiene un valor de 35 a 50 dólares (Barbados marine trust.com, 2004: www.barbadosmarinetrust.com/sea-eggs.htm).

En St. Lucía, una veda contra la pesca de los erizos de mar fue impuesta entre 1987 a 1989. Durante esta época, se llevó acabo un programa de monitoreo sobre

abundancia, desarrollo y reclutamiento de *T. ventricosus*. Desde 1989, se reinició la pesca de este erizo, bajo un control. Sin embargo, en 1995 se volvió a cerrar, para llevar a cabo la recuperación de las poblaciones que se encontraban en niveles muy bajos (Smith y Koester, 2001).

II.5.2.1. USO DE *Tripneustes ventricosus* EN MÉXICO

En México, también las gónadas de esta especie son consumidas, pero es poco común (Caso, 1978). Sin embargo, por lo general el erizo *Tripneustes ventricosus* se captura y procesa de forma artesanal para su venta. Se utiliza el esqueleto en la elaboración de lámparas y adornos en general (Solís, 1998; Gómez, 2002) (Figura 25).

Las actividades artesanales en el Puerto de Veracruz son un atractivo turístico, pero desafortunadamente, son muestra del mal uso de los recursos marinos, pues no existen normas locales para estas actividades (Vargas-Hernández *et al.*, 1993). Este tipo de comercio local, conlleva a una sobreexplotación de alguna especie en particular, como es el caso de *T. ventricosus* (Gómez, 2002).



Figura 25. Utilización de *Tripneustes ventricosus* como artesanía en el malecón del Puerto de Veracruz, Ver.

III. ANTECEDENTES

Diversos estudios sobre *Tripneustes ventricosus* se han realizado en el mundo, lo que permite tener una serie de referencias acerca de varios aspectos de la especie. Entre los diversos trabajos se encuentran:

Tommasi (1962) realizando una investigación sobre los equinodermos del litoral de San Pablo, Brasil, registrando a *Tripneustes ventricosus* (Lamarck). McPherson (1965) hace una contribución a la biología de la especie, estudiando el crecimiento bajo diferentes métodos; el autor descubrió que el crecimiento de los erizos durante el primer año es sumamente rápido y cuando están sexualmente maduros, ya no hay crecimiento corporal en la época de la maduración de gónadas. Hughes R. y H. Hughes (1971) reportaron a un gasterópodo depredador (*Cassia tuberosa*) que se alimenta de erizos; ellos observaron que el erizo blanco, *Tripneustes ventricosus*, es uno de los favoritos de este gasterópodo. Lilly (1975) trabajó en su tesis doctoral con *Tripneustes ventricosus*, sobre la influencia de dieta sobre el consumo de oxígeno y posteriormente (1979) escribe sobre la influencia de dieta sobre el consumo de oxígeno, de los erizos *Tripneustes ventricosus* y *Strongylocentrotus droebachiensis*; en este trabajo da dos tipos de alimento a *T. ventricosus*, *Sargassum* sp. y *Thalassia testudinum*, sus resultados mostraron que cuando *T. ventricosus* se alimenta de *Sargassum* sp. se requiere más oxígeno que cuando se alimenta de *T. testudinum*.

Keller (1983) se refiere a la coexistencia de *Tripneustes ventricosus* y *Lytechinus variegatus*, los que habitan en la pradera de *Thalassia tetudinum*. El supuso

que hay una competencia ente estas dos especies, sin embargo, no hubo evidencia significativa de una competencia interespecífica. Patton *et al.* (1985) realizan un estudio sobre el camarón *Gnathophylloides mineri*, que habita entre las espinas de *Tripneustes ventricosus*; el camarón se alimenta del epitelio del erizo y siempre se encuentran trece o más individuos en cada erizo. Scheibling y Johnson (1985) han trabajado sobre diversos aspectos de *Tripneustes ventricosus* en Barbados, como la pesca, la densidad, tamaño, estructura y condición reproductiva; en 1986 Scheibling y Mladenov, realizan un trabajo sobre las causas y consecuencias de la declinación poblacional y la relación entre pesca y consumidores. Colón-Jones (1993), en su tesis de maestría realiza un estudio sobre los factores que controla la distribución de *T. ventricosus* y su tamaño poblacional; menciona la muerte masiva de especímenes que ocurrió de septiembre a noviembre de 1990 en el suroeste de Puerto Rico; el concluyó que este evento fue causado por la exposición al aire de estos organismos o por la temperatura del agua que fue mucho más alta que la normal. Otros estudios más recientes son los de Williams *et al.* (1996), también sobre la muerte masiva del erizo *T. ventricosus* en Puerto Rico. Vass y Nappi (1998) se refieren al platelminto *Syndisyrinx collongistyla* que habita en los erizos *Lytechinus variegatus* y *Tripneustes ventricosus*; para este estudio fueron recolectados doscientos individuos de *T. ventricosus* en diferentes localidades de Discovery Bay, Jamaica y reportaron que ninguno de los especímenes recolectados fueron infectados por el platelminto. Moses y Bonem (2001) tratan sobre la dinámica de la población de *Diadema antillarum* y *Tripneustes ventricosus* en la costa norte de Jamaica. La muerte masiva de *D. antillarum* en 1983, redujo la población de esta especie hasta casi su total desaparición y aún en 1998, la población de la costa norte de Jamaica había recuperado solamente 5 a 10 % de su densidad original, por su parte, la

población de *T. ventricosus* que también tuvo un descenso notable empezó crecer poco a poco desde 1996 hasta 1998.

Haley y Solandt (2001) consideran las fluctuaciones de la población de los erizos *Diadema antillarum* y *Tripneustes ventricosus* en Discovery Bay, Jamaica, el trabajo fue realizado desde el 1995 hasta el 2000, muestreando el número de individuos de estas dos especies. Ellos observaron, dos veces, que la población de *T. ventricosus* crece diez veces más que el año anterior y al siguiente año regresaba a la densidad normal. Smith y Koester (2001) hablan sobre la pesca de erizos en Laborie, St. Lucia, donde explican la historia, pesca, manejo y legislación de *Tripneustes ventricosus*.

En lo que respecta a México, se han realizado algunas investigaciones sobre esta especie como el estudio de Caso (1961) donde elabora una descripción de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck). Posteriormente, en 1974, en su artículo "Contribución al estudio de los equinodermos de México" la misma autora realiza un trabajo sobre morfología y ecología ampliando la descripción anterior. En este mismo año, Caso realiza un estudio comparativo entre *T. ventricosus* de la costa Atlántica y *T. depressus* de la costa Pacífica, en el que describe las semejanzas y diferencias entre estas dos especies. La misma autora en su trabajo sobre "El estado actual del estudio de los equinodermos de México", publicado en 1976, habla ampliamente sobre esta especie.

T. ventricosus también fue reportada en el estudio sobre comunidades bentónicas del arrecife de Isla Lobos, Ver., por Chávez *et al.* (1970). Ellos la observaron

en las praderas de *Thalassia testudinum* y *Halimeda opuntia* y en zonas del coral *Diploria clivosa*. Gamboa (1978) hace una descripción de la morfología de *T. ventricosus* en su trabajo sobre la fauna de equinodermos de la costa norte del estado de Veracruz. Worbis (1986) también realiza una descripción morfológica, en su trabajo de los equinoideos de la costa de Tamaulipas y norte del estado de Veracruz. San Juan Ruiz (1988) hace un estudio descriptivo de la morfología externa de *T. ventricosus* y *Lytechinus variegatus*, a partir de ejemplares recolectados en el arrecife de Isla Lobos, dando una diagnosis y una descripción detallada de los caracteres morfológicos externos. Oliva *et al.* (2000), mencionan la abundancia del erizo blanco en el sur de banco Chinchorro, Quintana Roo.

IV. OBJETIVOS

IV.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer el tamaño de la población del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Echinodermata: Toxopneustidae), su variación y distribución en la laguna del arrecife de Isla Verde, Veracruz, México; en el período de junio del 2001 a octubre de 2002.

IV.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

IV.2.1. Analizar la distribución y abundancia del *T. ventricosus* en la laguna del arrecife.

IV.2.2. Analizar, en algunos de los organismos observados, su desplazamiento en un período de 24 horas.

IV.2.3. Analizar el uso económico que se le está dando a esta especie en el Puerto de Veracruz, Ver.

V. ÁREA DE ESTUDIO

V.1. GOLFO DE MÉXICO

El golfo de México es un cuerpo de agua circunscrito a una línea costera arqueada de 4,000 km desde la bahía de Florida hasta cabo Catoche, Yucatán (Espejel, 1991). A este golfo penetra la corriente de Yucatán por el estrecho del mismo nombre, con aguas cálidas y salinas (36.7 ups), y sale por el estrecho de Florida casi sin mezclarse, salvo una reducción del máximo de salinidad. Esta corriente se convierte en la corriente de Lazo debido a la forma que adopta, ya que al penetrar en el golfo va formando un meandro en forma de pera invertida (De la Lanza, 1991; Zizumbo, 1995; Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002).

En el golfo de México hay dos ascensos y dos descensos de la marea al día, uno de cada periodo es de menor amplitud que el otro (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 (Grijalva, 1971 en Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002).

Desde el punto de vista de la biota costera, para una misma latitud, existe un alto grado de homogeneidad de las comunidades de organismos habitantes de los extremos occidental y oriental del golfo (Espejel, 1991). En el gradiente latitudinal no es así, debido a que las costas del norte tienen clima templado y están fuertemente sometidos a aportes de sedimento terrígeno, mientras que las costas del sur, presentan

clima tropical y una gran influencia de carbonatos biogénicos (Britton y Morton, 1989; Espejel, 1991).

V.2. SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO (SAV) (Figura 26)

Dentro del golfo de México, en la costa de Veracruz se encuentran alrededor de 30 arrecifes que están divididos en tres grupos:

- A) 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) (Secretaría de Gobernación y Secretaría de Marina, 1987, en Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).
- B) 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).
- C) El tercer grupo, separado del segundo por 226 km (Hernández-Aguilera *et al.*, 2004), representa el límite occidental de la distribución de los arrecifes del océano Atlántico (Morelock y Koenig 1967; Kühlmann 1975 en González, 2000). Este sistema de arrecifes se subdivide en dos secciones: Norte y Sur, separados por 10.9 km debido a la desembocadura del Río Jamapa (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Gutiérrez *et al.*, 1993; Noriega, 2001; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

- 1) NORTE: se encuentra frente al puerto de Veracruz (Punta Gorda, Gallega,

Galleguilla, Anegada de Adentro, Verde, Sacrificios, Bajo Mersey, Bajo Paducah, Blanquilla, Ingeniero, Hornos y Pájaros), esta sección de los arrecifes en el área del cuadrante está definido por los 19°15' a los 19°10' de latitud norte, y de los 96°10' a los 96°02' de longitud oeste (Espejel, 1991; Vargas-Hernández *et al.*, 2002; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

- 2) SUR: se encuentra frente a punta Antón Lizardo (Punta Coyol, Giotte, Blanca, Chopas, Cabezo, Polo, Rizo, Enmedio, Anegada de Afuera, Anegadilla, Topatillo y Santiaguillo) (Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002; Vargas-Hernández *et al.*, 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).

Estos arrecifes son de alta relevancia ecológica, ya que funcionan como reservorio, puente y puntos de diseminación de especies entre las áreas arrecifales caribeñas y las de Florida (Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Tello, 2000).

Por su cercanía al puerto de Veracruz, uno de los puertos de carga más importantes del país, los arrecifes del SAV se han visto seriamente afectados por las actividades humanas, a tal grado que se consideran entre los más amenazados del océano Atlántico. Durante años se permitió el turismo sin restricciones en estos lugares y en consecuencia hubo deterioro considerable del ambiente (Horta-Puga y

Vargas-Hernández, 2000).

En 1992, el Sistema Arrecifal Veracruzano es considerado un área natural protegida con el carácter de Parque Marino Nacional (Diario Oficial, 1992; Tello, 2000; Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

V.2.1. ORIGEN

El SAV está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental (PEMEX y Secretaría de Marina, 1987; Tello, 2000) que se elevan desde profundidades cercanas a los 40 m. Está construido en un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al Pleistoceno reciente, y es producto del descenso en el nivel de mar, debido a la última glaciación (Emery, 1963; 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; Kühlmann 1975 en González, 2000; Noriega, 2001).

V.2.2. SEDIMENTO

Emery (1963) describió que 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 esta cubierto por lodos y arenas grises ricos en materia orgánica (Emery, 1963; Espejel, 1991; Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002).

V.2.3. CLIMA

Las variaciones climáticas que se presentan para los arrecifes que se encuentran frente al Puerto de Veracruz se registran en las estaciones climatológicas del Puerto de Veracruz. El tipo de clima según Köpen modificado por García (1964) es $Aw^2(w)(i')$: 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 de 28 °C y en los meses más fríos de 18 °C (Espejel, 1991). Desde septiembre hasta abril es un periodo caracterizado por una escasa precipitación, temperaturas ambientales bajas y frecuentes invasiones de masas de aire polar conocida como “nortes”, por cuya fuerza pueden ser desde vientos frescos hasta violentos y huracanados (Suárez-Caabro, 1965; Villalobos, 1971; Espejel, 1991; Zizumbo, 1995; González, 2000). 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 (Ferre-Dámare, 1985 en 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 una y velocidades de 12 a 45 km/h, con rachas hasta de 110 a 120 km/h (Servicio Meteorológico Nacional para 1991 en Zizumbo, 1995; smn.cna.gob.mx/SMN.html).

De mayo a agosto se enmarca un periodo cálido caracterizado por temperaturas elevadas (Zizumbo, 1995), hay altas precipitaciones en junio, julio y agosto, provenientes de los vientos alisios de la zona ecuatorial y vientos débiles del sureste (periodo de lluvias) (Villalobos, 1971; Espejel, 1991).

Son tan drásticas las modificaciones producidas durante el invierno, que la recuperación de los elementos de la biota arrecifal que se inicia en marzo, sólo culmina hasta junio y julio donde las poblaciones alcanzan el máximo de su desarrollo (Villalobos, 1971).

V.2.4. CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS

Las formas de los arrecifes es de características similares, como son el alargamiento en el sentido NW a SE debido a la dirección del oleaje (Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Tello, 2000). Alcanzan una profundidad de 25 a 40 m y en general, se encuentran a no más de 22 km de la línea de costa (Morelock y Koenig 1967; Kühlmann 1975 en González, 2000; Noriega, 2001).

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).

Aldeco y Aguilar-Sánchez (1989 en Aldeco-Ramírez y Sánchez-Juárez, 2002), encontraron salinidad promedio de 33.6 ups y dos clases de salinidad más frecuentes, una por debajo de 31.5 ups y la otra por arriba de 34.5 ups, lo cual atribuyen 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 (Secretaría de Marina, 1978 en Zizumbo, 1995).

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) (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 cada uno de los arrecifes del SAV se pueden reconocer cuatro zonas estructurales, cada una de las cuales presenta varias subzonas: sotavento, laguna (planicie) arrecifal, cresta arrecifal y arrecife frontal (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).

- A) SOTAVENTO: se caracteriza por poco movimiento del agua, baja energía del oleaje y constante aporte de sedimentos terrígenos, los que provocan turbiedad y

alta depositación. La sedimentación es la principal presión de selección en las especies que caracterizan el lugar. El rango de profundidad es de 3-24 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).

B) LAGUNA (PLANICIE) 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, reducido movimiento del agua. La intensidad luminosa es elevada, diversos tipos de algas y del pasto marino *Thalassia testudinum* cubren grandes áreas, que 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).

B.a.) Transición de sotavento.

B.b.) Subzona de parches: Es la parte menos profunda, de 0.5 a 1.0 m; no hay pendiente y existen numerosos parches de pastos marinos, arena y esqueletos de coral. 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* spp. y moluscos como *Tridachia crispata*, *Pinna* sp y *Cerithium literatum* (Gutiérrez *et al.*, 1993).

C) CRESTA ARRECIFAL: Soporta la máxima energía de oleaje, que en general es muy alta, sobre todo en la época de "nortes". La profundidad varía entre 0 y 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 abundantes crecimientos algales. Su extensión es muy variable dependiendo del tamaño del arrecife, conformando casi todo el plano arrecifal en las estructuras de menor tamaño. Una caracterización distintiva de las demás zonas (y de otros arrecifales del mundo) es la gran densidad del erizo *Echinometra lucunter* con hasta 45 individuos por m², siendo común a todos los arrecifes del SAV. Se reconocen 3 subzonas (Gutiérrez *et al.*, 1993).

- D) ARRECIFE FRONTAL (BARLOVENTO): La pendiente de barlovento se distingue por presentar macizos y canales. Esta zona se desarrolla hasta los 12 m de profundidad en arrecifes bordeantes (Hornos, Mocambo y Giote), o bien, hasta 40 m en arrecifes exteriores (Anegada de Afuera, Anegadilla, Santiaguillo y Anegada de Adentro). 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). Los arrecifes del SAV poseen un borde o barrera coralina del lado ENE, 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).

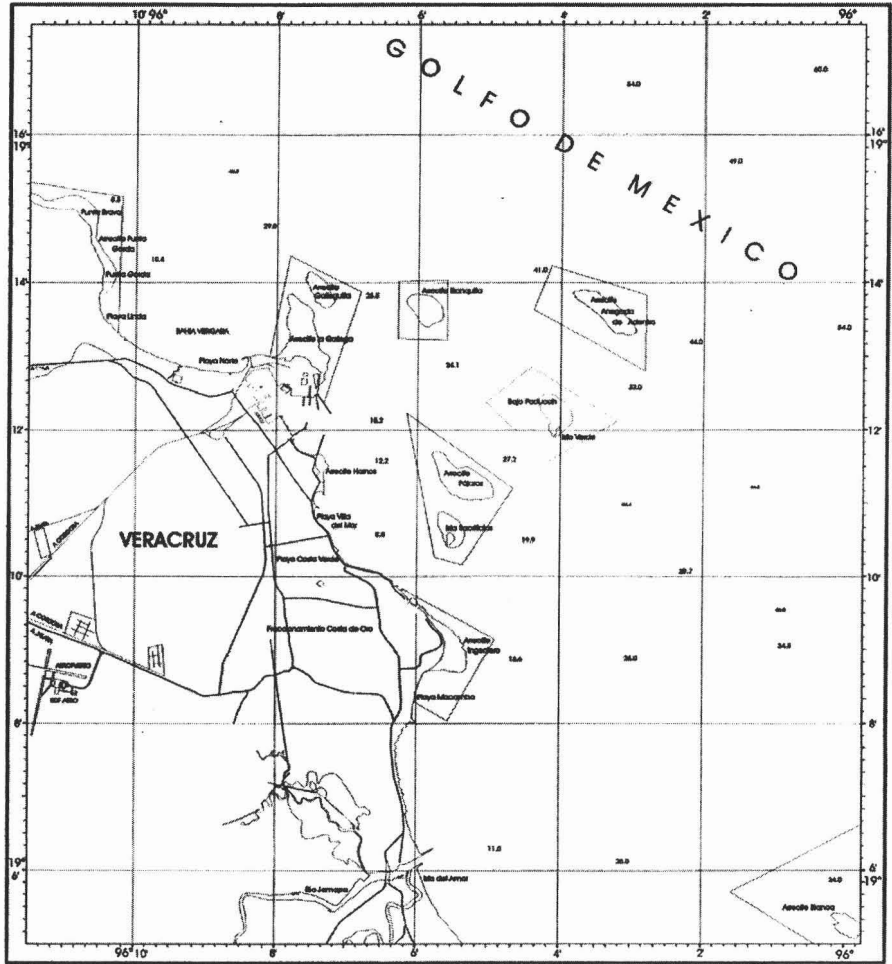


Figura 26. Sistema Arrecifal Veracruzano – Sección norte frente al Puerto de Veracruz.

V.3. ARRECIFE DE ISLA VERDE

El arrecife de la Isla Verde se encuentra ubicado a 5.37 km de la costa más cercana. Es un arrecife de tipo plataforma (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) y se ubica geográficamente en los 19°11'50" N y 96°04'06" W. Su eje más largo está en dirección NW-SE con 1.12 km y su parte más ancha mide 750 m; en su extremo sur presenta un pequeño cayo de 225 m de longitud por 125 m de anchura, la profundidad media de la laguna es de 0.8m. (Carricart-Ganivet, 1993; Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Zizumbo, 1995; González, 2000; Tello, 2000; Noriega, 2001). El cayo está formado principalmente por arena producto de la erosión de los esqueletos coralinos y las conchas de otros organismos invertebrados que viven sobre el arrecife, además presenta una gran cantidad de vegetación (Tello, 2000).

V.3.1. LAGUNA ARRECIFAL DE ISLA VERDE

La laguna arrecifal de Isla Verde es una zona de alta sedimentación, con baja cobertura coralina y el crecimiento algal es superior al de los corales, tiene un área de 55 hectáreas con una porción emergida en la parte sur de 2.6 hectáreas (Tello, 2000) (Figura 27). En ella se encuentran seis tipos de biotopos acuáticos, reconocibles cada uno por el elemento visual dominante (Resúmenes I CNAC, 2000). De las cuales 41.09 % esta cubierto por arena, 21.42 % por *Thalassia*, 16.41 % por coral muerto,

15.26 % por algas, 4.10 % por coral vivo, el 0.86 % por erizos y el 0.86 % otros (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 junto con el de Sacrificios y el de la Isla de Enmedio dentro del SAV, son los que tienen la mayor cobertura de estos pastos marinos en la planicie (PEMEX y Secretaría de Marina., 1987; Tello, 2000), sin embargo, en varios arrecifes del SAV es común encontrar densas praderas de ésta fanerógama (Raymond, 1982 y Nelson, 1991 en Tello, 2000).

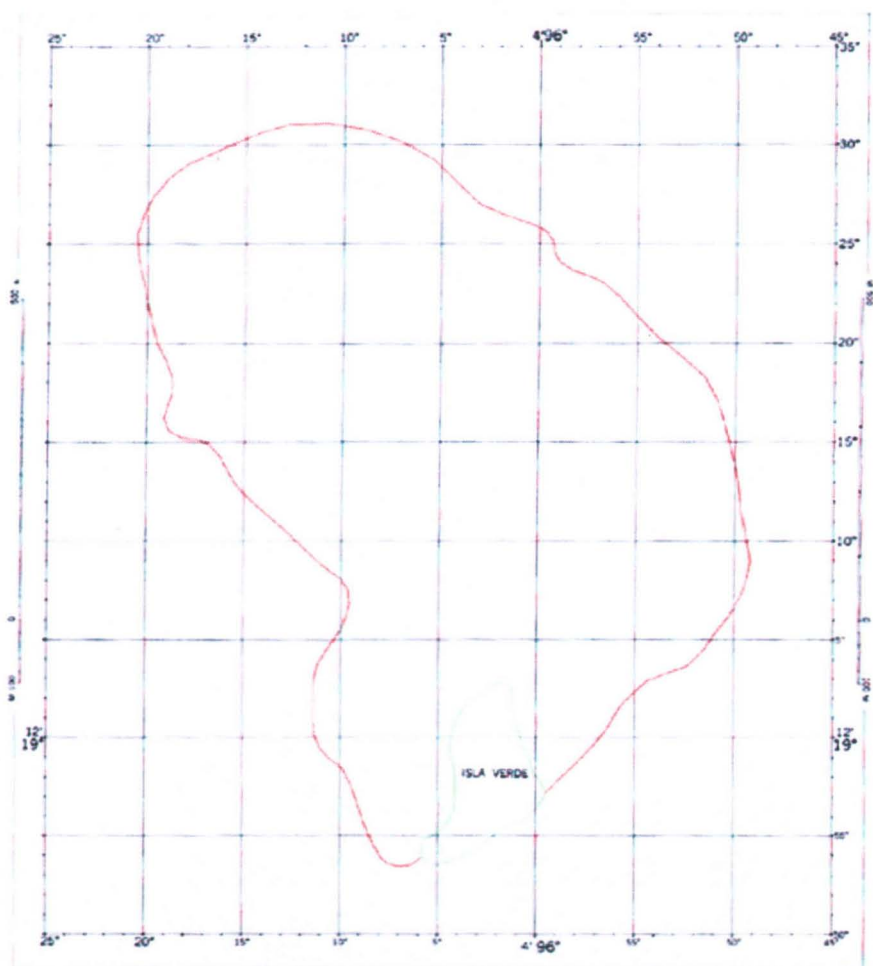


Figura 27. Delimitación geográfica de la laguna del arrecife Isla Verde, Veracruz, Méx (de Hernández-Aguilera *et al.*, 2004).

VI. MÉTODO

Con el propósito de conocer el tamaño de la población del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Echinodermata: Toxopneustidae), su variación y distribución en la laguna del arrecife de Isla Verde, Veracruz, se realizaron cuatro muestreos (2/junio/01, 12/octubre/01, 18-19/abril/02 y 10-11/octubre/02).

En cada muestreo se realizaron búsquedas al azar de especímenes de *Tripneustes ventricosus*, en toda la laguna del arrecife en profundidades menores a 3 m, sobre fondos con *Thalassia testudinum* o en arena. Al encontrar cada espécimen se tomaron datos de su posición geográfica utilizando un GPS portátil marca Garmin, sustrato y profundidad donde se encontraba cada organismo y la temperatura del agua superficial utilizando termómetro de mercurio. Posteriormente, se registraron todos los individuos encontrados durante el muestreo en cada punto de observación (Tabla 1). Además se ubicaron en un mapa, los puntos de encuentro de los erizos de acuerdo a la información obtenida con el GPS (Figura 28).

Para saber la talla de los individuos, se tomaron datos merísticos como diámetro y altura (sin tomar en cuenta las espinas), utilizando vernier (0.1 mm apreciación), regla o flexómetro, para todos los individuos que fueron localizados durante los muestreos. Además se tomaron medidas de peso de cada erizo, utilizando un dinamómetro, todos los ejemplares fueron regresados al medio. Los datos fueron registrados en una libreta de campo.

Para el estudio de desplazamiento, se observó y registró el movimiento de cada erizo de acuerdo a su posición inicial, identificándolos de manera visual, después de 24 horas aproximadamente del primer registro (excepto en el primer muestreo: 02/jun/01).

Con relación a las actividades artesanales, se revisó el mercado de artesanías del puerto en donde se comercializan los esqueletos de erizos. Se tomaron datos como, su presentación (para qué los utilizan?), cantidad (cálculo aproximado) y su valor comercial en pesos. Para distinguir la estructura del esqueleto de *T. ventricosus*, se realizó una revisión bibliográfica, y posteriormente, en el campo, se tomó una muestra de esta especie y se preservó en seco.

Para preservar el esqueleto en seco, se narcotizó al espécimen colocándolo boca abajo, en una charola (de plástico de color oscuro) con agua de mar, que sobrepasó levemente la altura del ejemplar, logrando con esto que se extendieran todo lo posible sus pies ambulacrales y pedicelarios. Una vez hecho lo anterior se procedió a agregar con una cuchara de plástico pequeñas dosis de Sulfato de Magnesio al agua que contenía al organismo. Se le colocó en un recipiente adecuado a su tamaño y se agregó formol al 4 % (preparado con agua de mar). Se dejó en esta solución por un periodo de tiempo no mayor a 24 horas, ya que el formol tiende a diluir las estructuras calcáreas (Solís-Marín y Mata, 2000).

Una vez fijado, se secó a temperatura ambiente en un lugar sombreado y bien ventilado sobre un papel secante o periódico, por 2 días (Solís-Marín y Mata, 2000).

Se realizaron una serie de entrevistas con las personas relacionadas con esta especie (pescadores, artesanos y autoridades locales de SEMARNAT y Secretaría de Marina).

VII. RESULTADOS

En los muestreos realizados en la laguna del arrecife de Isla Verde, se ubicaron 29 especímenes de un total de 28 puntos geográficos de encuentro. La profundidad en que fueron localizados varió de 0.3 a 2.5 m, en una temperatura del agua de 27 a 29 °C (Figura 28 y Tabla 1).

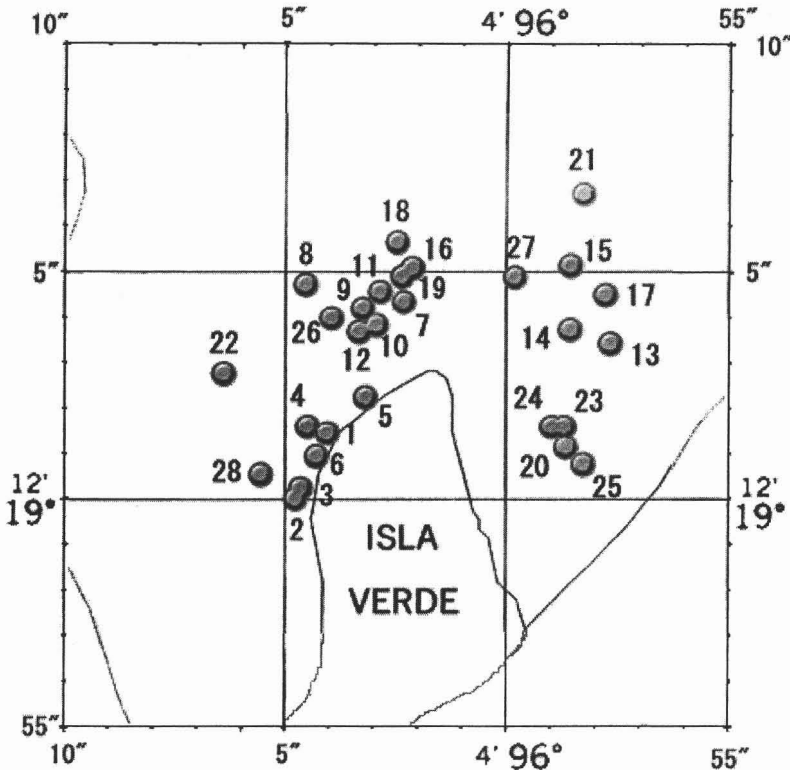


Figura 28. Puntos geográficos donde se localizaron especímenes de *Tripneustes ventricosus*, en la laguna arrecifal de Isla Verde, Ver. (el número indica la secuencia de encuentro en cada espécimen).

PTO. DE LOCAL.	FECHA	LATITUD N	LONGITUD W	SUSTRATO	PROF. (m)	TEMP. (°C)
1	2-Jun-01	19°12' 01.4"	96° 04' 04.2"	<i>Thalassia</i>	1.1	*
2		19°12' 00.0"	96° 04' 04.8"	<i>Thalassia</i>	1.2	
3		19°12' 00.5"	96° 04' 04.7"	<i>Thalassia</i>	1	
4		19°12' 01.7"	96° 04' 04.5"	<i>Thalassia</i>	0.6	
5		19°12' 01.9"	96° 04' 03.5"	<i>Thalassia</i>	0.8	
6		19°12' 01.1"	96° 04' 04.3"	<i>Thalassia</i>	0.6	
7		19°12' 04.3"	96° 04' 02.2"	Arena	2.5	
8	12-Oct-01	19°12' 04.8"	96° 04' 04.5"	<i>Thalassia</i>	1	29
9		19° 12' 04.2"	96° 04' 03.5"	<i>Thalassia</i>	0.8	
10		19° 12' 03.7"	96° 04' 03.0"	<i>Thalassia</i>	0.5	
11		19° 12' 04.5"	96° 04' 03.1"	<i>Thalassia</i>	0.8	
12		19° 12' 03.6"	96° 04' 03.2"	<i>Thalassia</i>	0.8	
13		19° 12' 03.4"	96° 03' 57.6"	<i>Thalassia</i>	0.5	
14		19° 12' 03.8"	96° 03' 58.6"	<i>Thalassia</i>	1	
15		19° 12' 05.1"	96° 03' 58.5"	<i>Thalassia</i>	0.3	
16		19° 12' 05.0"	96° 04' 02.0"	<i>Thalassia</i>	0.9	
17		19° 12' 04.5"	96° 03' 57.8"	<i>Thalassia</i>	1	
18	18-Abr-02	19° 12' 05.4"	96° 04' 02.4"	<i>Thalassia</i>	1	27
19	19-Abr-02	19° 12' 04.9"	96° 04' 02.2"	<i>Thalassia</i>	0.8	
20	10-Oct-02	19° 12' 01.1"	96° 03' 58.6"	<i>Thalassia</i>	0.3	29
21		19° 12' 06.5"	96° 03' 58.4"	<i>Thalassia</i>	0.3	
22		19° 12' 02.8"	96° 04' 06.4"	<i>Thalassia</i>	0.4	
23		19° 12' 01.6"	96° 03' 58.6"	<i>Thalassia</i>	0.4	
24		19° 12' 01.6"	96° 03' 58.7"	<i>Thalassia</i>	0.4	
25		19° 12' 00.6"	96° 03' 58.2"	<i>Thalassia</i>	0.5	
26	11-Oct-02	19° 12' 03.9"	96° 04' 03.9"	<i>Thalassia</i>	0.7	
27		19° 12' 04.9"	96° 03' 59.7"	Arena	1	
28		19° 12' 00.5"	96° 04' 05.4"	<i>Thalassia</i>	0.3	

Tabla 1. Datos de localización de especímenes de *T. ventricosus* en la laguna del Arrecife de Isla Verde.

VII.1. DISTRIBUCIÓN

La población de *Tripneustes ventricosus* fue ubicada en general cerca de la costa insular (cayo emergido), en un perímetro no mayor a los 150 m, que es zona caracterizada por el biotopo de pastos marinos. La distribución tuvo una tendencia hacia el noroeste, norte y noreste, entre los 19°12'00" y 19°12'07" N y 96°03'57" y 96°04'07" W (Figura 28).

El 93 % de los individuos ubicados fueron encontrados sobre el pasto marino *Thalassia testudinum* y el resto de los individuos fueron encontrados sobre arena (Figuras 29 y 30). Sin embargo, en otras zonas que se ubican a más de 150 m de distancia de la costa o en la parte suroeste de la isla, los erizos de *T. ventricosus* no fueron localizados.

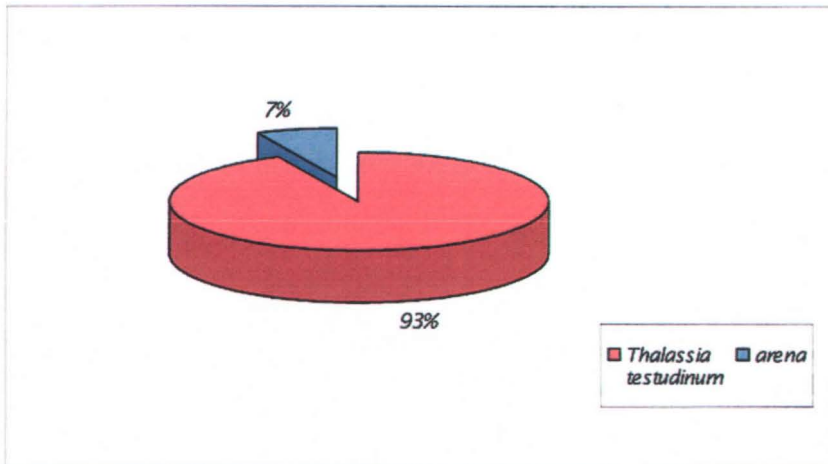


Figura 29. Sustrato donde fueron localizados ejemplares de *T. ventricosus* en la laguna arrecifal de Isla Verde.

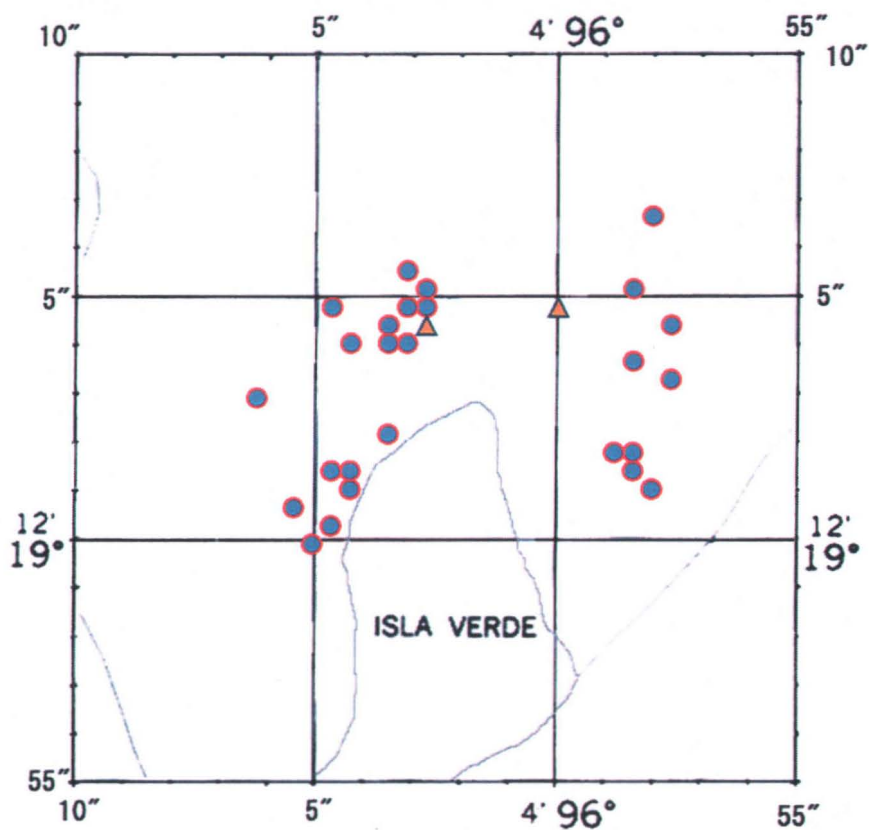


Figura 30. Sustrato donde fueron localizados los especimenes de *T. ventricosus* en la laguna arrecifal de Isla Verde.

- *Thalassia testudinum*
- ▲ arena

VII.2. ABUNDANCIA

En los muestreos, el máximo de individuos localizado fue de 10 en el otoño de 2001, coincidiendo con el otoño de 2002 (10 individuos). Por el contrario en primavera (abril del 2002), tan sólo se encontraron 2 individuos y en verano (junio de 2001) se ubicaron 7 ejemplares (Figuras 31 y 32, Tablas 1 y 2).

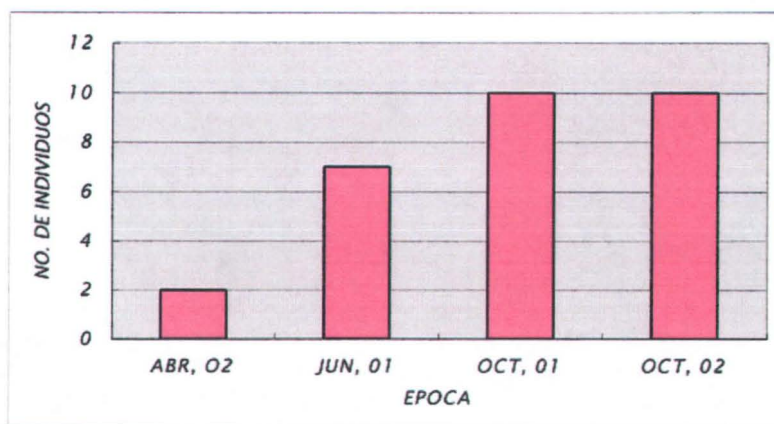


Figura 31. Número de individuos de *T. ventricosus* localizados por mes de observación en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

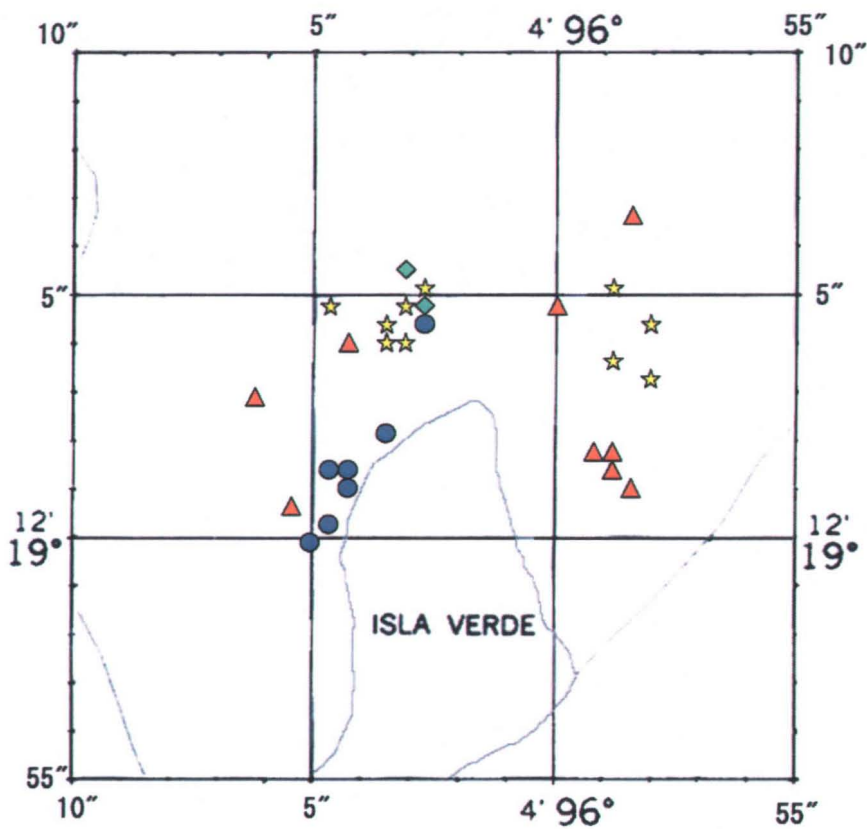


Figura 32. Distribución de individuos de *T. ventricosus* localizados por mes de observación en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

- ◆ Abril, 2002 (primavera)
- Junio, 2001 (verano)
- ★ Octubre, 2001 (otoño)
- ▲ Octubre, 2002 (otoño)

PTO. DE LOCAL.	NO. ORG. UBICADOS	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	PESO (gr)	DESPLAZAMIENTO EN 24 HRS (cm)
1	1	3	5.5	<100	*
2	1	5	12	800	
3	1	3.5	8	100	
4	1	4	9	100	
5	1	6.5	13	600	
6	1	6.2	13	500	
7	1	4.5	12	600	
8	1	2.7	4	<100	
9	1	4.4	7.7	100	0
10	1	4.2	6.8	100	150
11	1	5.9	8.1	200	300
12	1	4.7	7.9	150	no ubicado
13	1	5	11.5	400	no ubicado
14	1	5.5	7.8	150	no ubicado
15	1	2.8	5.4	<100	no ubicado
16	1	2	5	<100	Recolectado
17	1	3	5	<100	Recolectado
18	1	4.5	9	700	1100 (en 3 horas) 1150 (en 3hrs45min) 1500 (en 24 horas)
19	1	5	12	800	200
20	1	2.5	4	<100	no ubicado
21	1	2.8	6	<100	6.5
22	2	3.5	6.5	<100	0
		5.1	9.4	210	25
23	1	3.4	7.6	<100	400
24	1	3.5	6.2	<100	350
25	1	2.5	4.5	<100	70
26	1	4.2	7.5	150	no ubicado
27	1	2.5	5	<100	no ubicado
28	1	2.3	5	<100	no ubicado

Tabla 2. Número de especímenes localizados de *T. ventricosus* con sus datos merísticos y observación de desplazamiento en la laguna del arrecife de Isla Verde.

Con relación al peso de los especímenes, más de la mitad de los organismos encontrados pesan alrededor de 100 gr (Figuras 33 y 34, Tabla 2) y tienen un diámetro de 4 a 7.5 cm (Figuras 35 y 36, Tabla 2), es decir que la mayoría de los organismos encontrados fueron de talla pequeña.

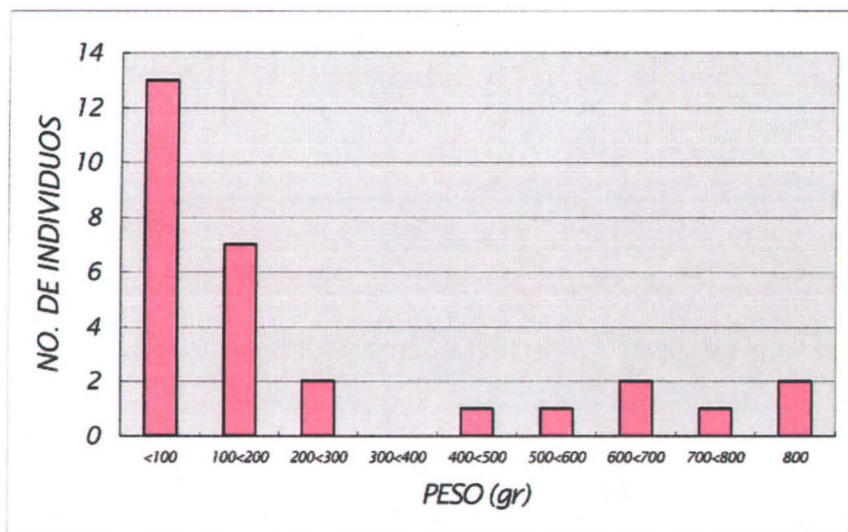


Figura 33. Peso de los organismos de *T. ventricosus* localizados en la laguna arrecifal de Isla Verde, en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

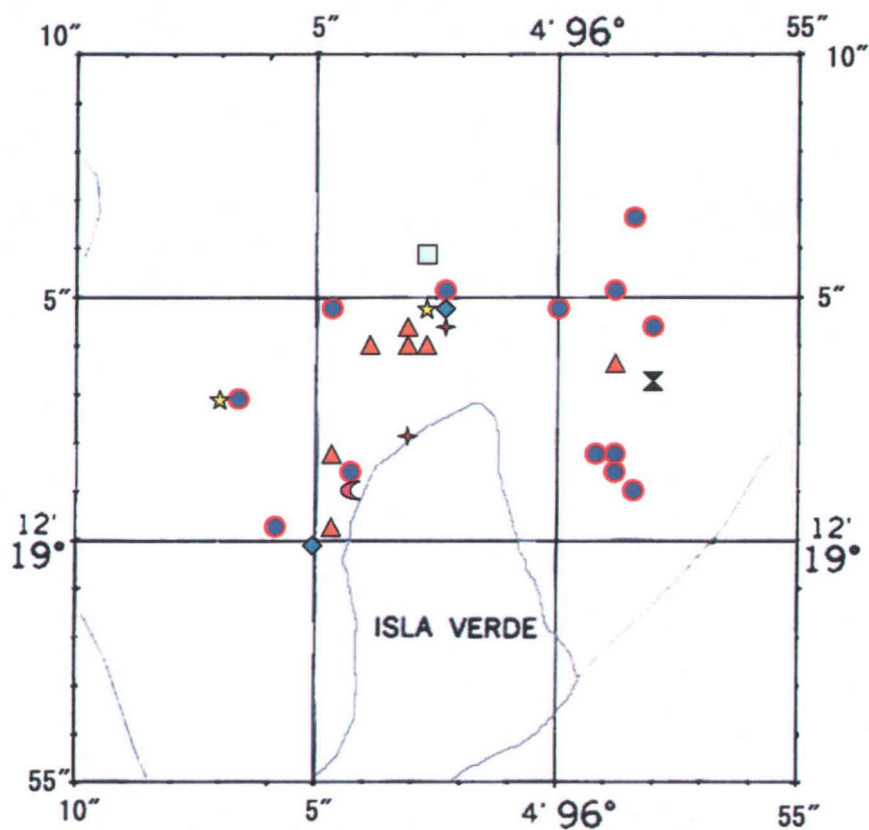


Figura 34. Distribución geográfica por su peso, de los organismos de *T. ventricosus* localizados en la laguna arrecifal de Isla Verde, en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

- < 100 gr
- ▲ 100 .199 gr
- ☆ 200 ≤299 gr
- ⌘ 400 ≤499 gr
- ☾ 500 ≤599 gr
- ⊕ 600 ≤699 gr
- 700 ≤799 gr
- ◆ 800 gr ≤∞

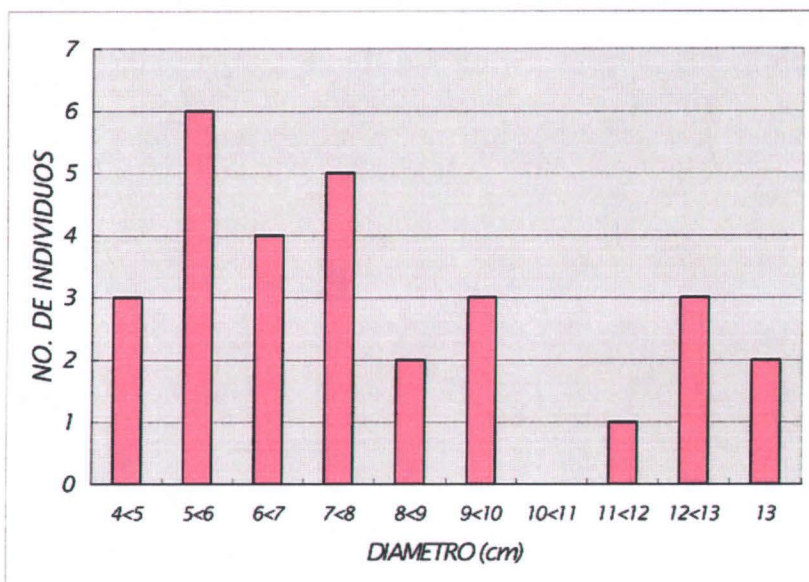


Figura 35. Diámetro de los organismos de *T. ventricosus* localizados en la laguna arrecifal de Isla Verde, en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

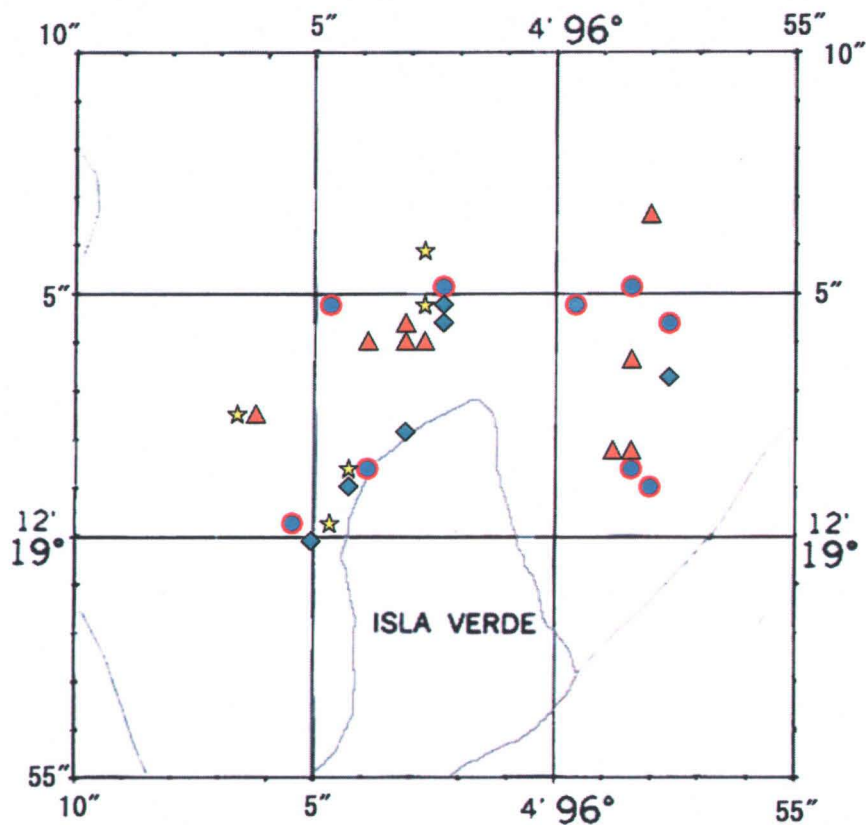


Figura 36. Distribución geográfica por su diámetro, de los organismos de *T. ventricosus* localizados en la laguna arrecifal de Isla Verde, en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

- $4 \leq 5.9$ cm
- ▲ $6 \leq 7.9$ cm
- ★ $8 \leq 9.9$ cm
- ◆ $10 \leq \infty$ cm

La talla promedio que se tiene del muestreo en primavera es de 750 gr de peso y 10.5 cm de diámetro; en verano de 397.1 gr de peso y 10.4 cm de diámetro. En cambio, la talla promedio de los dos muestreos efectuados en otoño es de 142 gr y 100 gr de peso con un diámetro de 6.9 cm y 6.2 cm (Figura 37).

El organismo de talla máxima fue encontrado en verano con un diámetro de 13 cm, 6.5 cm de altura y 600 gr de peso. Sin embargo, en primavera y verano se localizaron especímenes que pesan 800 gr, y su diámetro fue de 12cm y 5cm de altura. En cambio, el de menor talla fue un ejemplar que pesó menos de 100 gr, 4 cm de diámetro y 2.5 cm de altura, encontrado en otoño (Tabla 2).

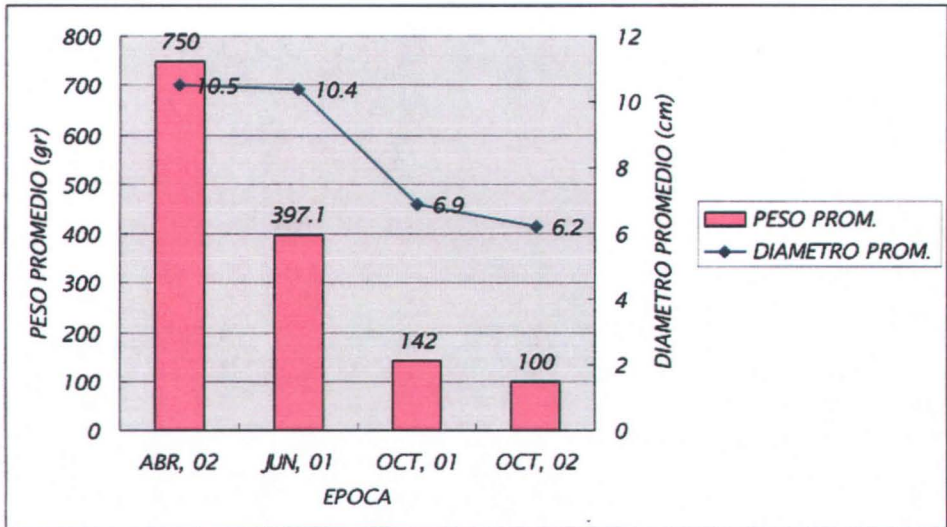


Figura 37. Relación peso-diámetro de *T. ventricosus* en el arrecife de Isla Verde en los meses de muestreo.

Así entonces, se nota que en la época primavera-verano se encuentran individuos de mayor talla, pero pocos ejemplares y por el contrario se ubican en otoño mayor número de individuos de talla muy pequeña (Figura 38).

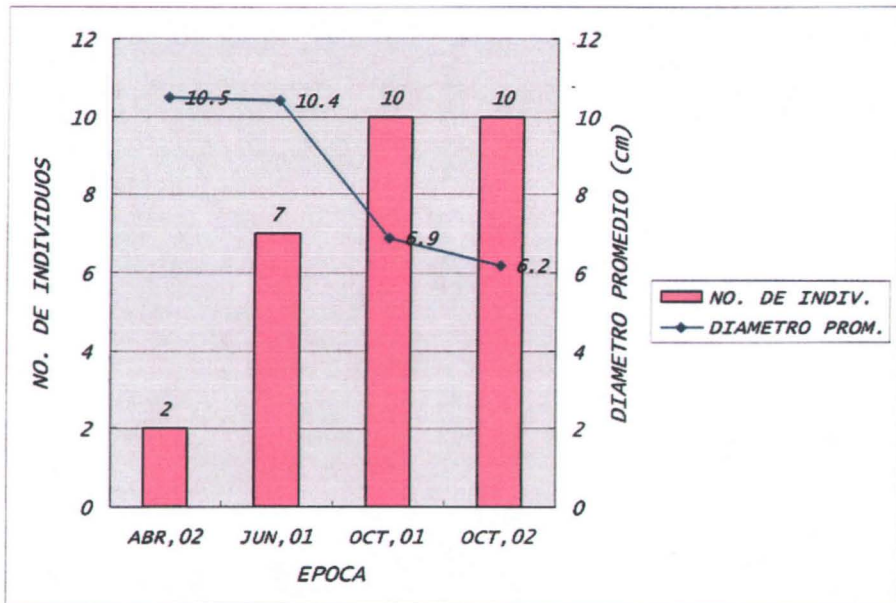


Figura 38. Relación diámetro-número de individuos de *T. ventricosus* en los meses de muestreo.

VII.3. DESPLAZAMIENTO (Figuras 39 y 40)

De los 20 ejemplares de erizos que fueron utilizados para observar el desplazamiento, 8 individuos no fueron reubicados después de 24 horas. Esto puede

quizás indicar que su desplazamiento fue mayor a 1100 cm (ya que la búsqueda máxima fue de 1100 cm de su posición inicial) o que los especímenes fueron depredados durante el período de la observación.

De los 12 individuos que si se pudieron encontrar después de 24 horas, hubo 2 ejemplares que su desplazamiento fue de 0 cm. En los 10 individuos restantes, el desplazamiento fue muy variable.

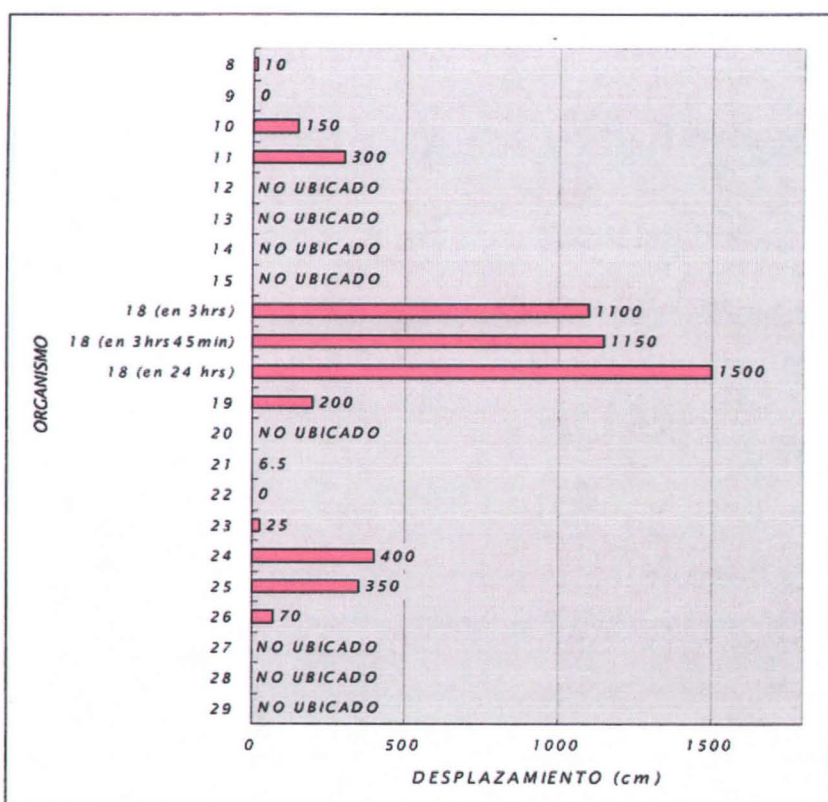


Figura 39. Desplazamiento de 20 ejemplares de *T. ventricosus* en la laguna de arrecife de Isla Verde, Ver.

El desplazamiento promedio en 24 horas fue de 250.96 cm, por lo que la velocidad promedio fue de 10.46 cm/hr. Sin embargo, hubo un individuo que se desplazó 1,100 cm en tres horas (12:00 a 14:57) aproximadamente, y en los próximos 45 minutos se desplazó 50 cm más. En este caso, en particular, podemos decir que su velocidad máxima fue de 366.67 cm/hr.

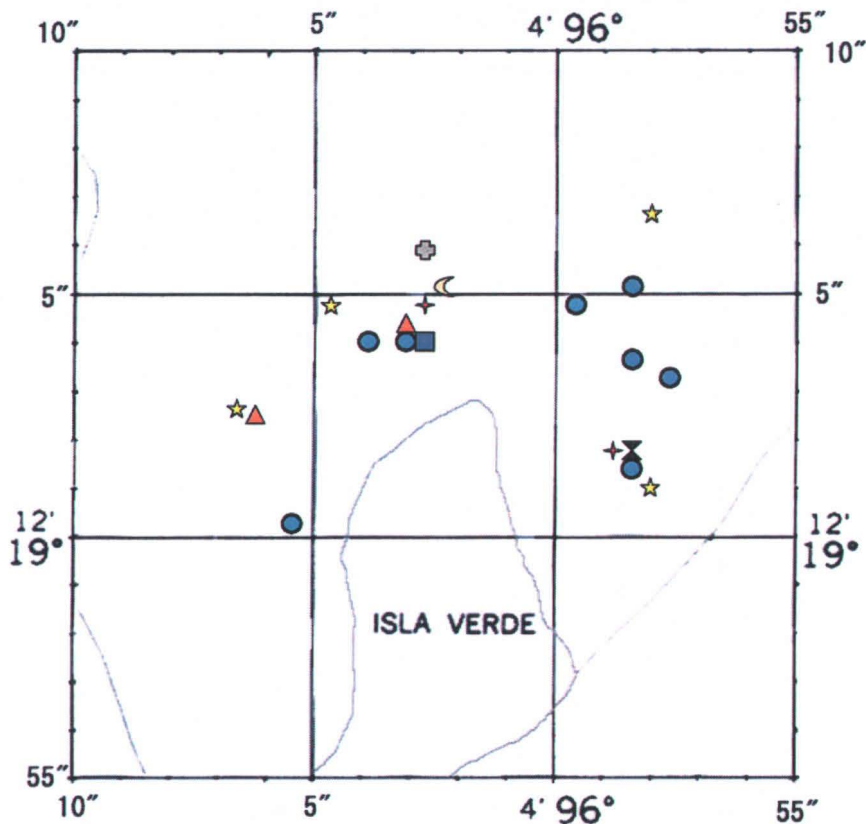


Figura 40. Distribución por desplazamiento, de los 20 ejemplares de *T. ventricosus* en la laguna arrecifal de Isla Verde, Ver.

- No ubicado
- ▲ 0 cm
- ☆ $0 \leq 99$ cm
- $100 \leq 199$ cm
- ☾ $200 \leq 299$ cm
- ✦ $300 \leq 399$ cm
- ⊠ $400 \leq 499$ cm
- ⊞ $1000 \text{ cm} \leq \infty$

VII.4. USO ECONÓMICO

De acuerdo a las entrevistas realizadas con los pescadores, la mayoría de ellos refieren que el erizo *Tripneustes ventricosus* lo utilizan para hacer artesanías (utilizando el esqueleto), aunque también utilizan las gónadas, con el nombre de “jugo de erizo”, para consumo humano. Este jugo tiene un valor aproximado de 25.00 pesos un litro (4 erizos de 15 cm de diámetro).

En el malecón del Puerto de Veracruz, es donde se está llevando a cabo la venta de los esqueletos de varios animales como artesanía (lámparas, adornos, etc.) incluyendo a *T. ventricosus*, se pudo observar una gran cantidad de esqueletos de *T. ventricosus* en estos puestos, mucho más de los que pudimos encontrar en la laguna arrecifal de Isla Verde. El precio de venta de los esqueletos de esta especie depende de su presentación y varía mucho entre cada puesto (Tablas 3 y 4).

En junio del 2001, se contaron 179 esqueletos de *T. ventricosus* utilizados como artesanía en los puestos del malecón. De la misma manera, en octubre del 2001 se observaron 198 esqueletos y en octubre del 2002, 172 esqueletos a la venta. Esta es una cantidad muy grande y explica que hay una depredación humana de gran importancia sobre esta especie (Figuras 41 y 42).

<i>FECHA</i>	<i>PRESENTACIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>VALOR (pesos) (por presentación)</i>
<i>2 y 3 de Junio, 2001</i>	Lámpara con 1 erizo	23	50
		3	60
		18	70
		15	75
		4	80
	Lámpara con 2 erizos	10	200
	Lámpara con 3 erizos	4	180
		4	320
	Adorno (arreglo floral)	1	50
	Adorno (tortuga)	8	25
	Esqueletos (sólos)	12	15
		17	20
19		25	
15		30	
<i>12 y 13 de Octubre, 2001</i>	Lámpara con 1 erizo	48	50 a 80
	Lámpara con 2 erizos	10	200
	Lámpara con 3 erizos	12	210
		5	320
	Adorno (tortuga, arreglo floral, etc.)	19	25 a 50
Esqueletos (sólos)	Aprox. 60	15 a 30	
<i>10 y 11 de Octubre, 2002</i>	Lámpara con 1 erizo	11	45
		8	50
		8	60
		5	65
		2	70
		22	80
	Lámpara con 1 erizo y moluscos	2	150
	Lámpara con 1 erizo y 4 erizos de otra especie	3	180
	Lámpara con 3 erizos	6	150
		9	180
	Esqueletos (sólos)	6	10
49		20	
11		25	

Tabla 3. Presentación artesanal en diferentes puestos de esqueletos de *T. ventricosus* en el Puerto de Veracruz y su valor comercial, en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

<i>PRESENTACIÓN</i>	<i>CANTIDAD DE T. ventricosus UTILIZADO POR PRODUCTO</i>	<i>NÚMERO DE INDIVIDUOS DE T. ventricosus UTILIZADOS</i>	<i>VALOR (por presentación)</i>	<i>VALOR PROM. (pesos)</i>
<i>Lámparas con 1 erizo</i>	1	167	45 a 80	64.6
<i>Lámparas con 2 erizos</i>	2	40	200	200
<i>Lámparas con 3 erizos</i>	3	120	150 a 320	279
<i>Otros tipos de lámparas</i>	1	5	150 a 180	168
<i>Adornos</i>	1	28	25 a 50	34.7
<i>Esqueletos</i>	1	189	10 a 30	21.9

Tabla 4. Presentación, número de ejemplares utilizados de *T. ventricosus* en el mercado de artesanías del Puerto de Veracruz observados en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

En las entrevistas realizadas con los artesanos del Puerto de Veracruz, ellos refieren que la utilización de los erizos como artesanías en especial como lámparas es un buen negocio. Sin embargo, consideran que han tenido que aumentar los precios por falta de erizos. Algunas de ellos mencionaron que existe un periodo de veda (octubre 2002), sin explicar de cuanto tiempo es ni si se cumple.

Se les interrogó si existía algún control o permiso para vender estos animales ya que provienen de una zona protegida, y refirieron que no tenían ninguno, únicamente el permiso para vender en el mercado por las autoridades locales.

Al mismo tiempo, reflejaron su inconformidad acerca del estudio y la entrevista ya que pensaban que se les acusaba de la disminución de erizos en la zona.

En las entrevistas efectuadas con autoridades locales de SEMARNAT y Secretaría de Marina, se les interrogó acerca de la situación de los arrecifes, de los erizos y su comercialización, sin embargo, ellos refirieron saber poco o ignorar esas situaciones.



Figura 41. Presentación de lámparas en la utilización del esqueleto de *T. ventricosus* como artesanía, en el malecón del Puerto de Veracruz, Méx., en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

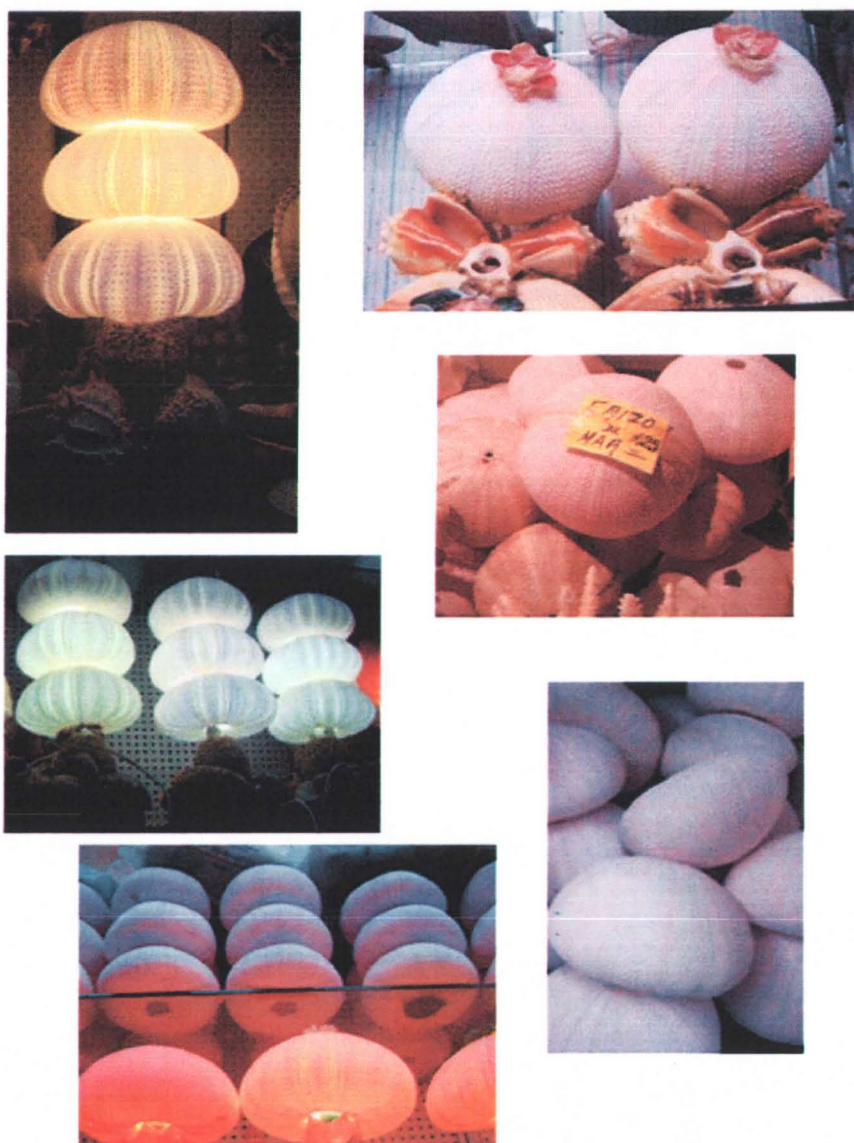


Figura 42. Diversas presentaciones en la utilización del esqueleto de *T. ventricosus* como artesanía, en el malecón del Puerto de Veracruz, Mex., en el periodo de junio del 2001 a octubre del 2002.

VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

VIII.1. DISTRIBUCIÓN

La mayor parte de la población del *Tripneustes ventricosus* en Isla Verde, se encontró en el biotopo del pasto marino *Thalassia testudinum* (Figuras 29 y 30). Este resultado obtenido concuerda con los datos de Kikuchi y Peres (1977), McRoy y Helfferich (1980), Lessios (1995) y García (2001) ya que la *Thalassia* ofrece zonas de reproducción, criadero, alimentación y protección contra el exceso de luz y contra la desecación.

La ubicación de la población cerca de la costa insular, también coincide con los estudios de Smith y Berkes (1990) y Smith y Koester (2001) quienes mencionan que el hábitat de esta especie es cercano a la costa, donde para el ser humano es accesible y es por eso que es vulnerable. La causa de esta distribución cercana a la costa, podría ser por una mezcla de varios factores físico-químicos. Como por ejemplo, las corrientes fuertes que existen, por los depredadores o por el alimento que está en su disposición.

VIII.2. ABUNDANCIA Y TALLA

De acuerdo a las entrevistas realizadas con los pescadores del Puerto de Veracruz, la población de *Tripneustes ventricosus* hace 15 años aproximadamente era grande, sin

embargo actualmente es difícil de encontrarlos, observándose una disminución importante en comparación con otras especies de erizo. Así mismo, refieren que anteriormente se les encontraba cerca de los arrecifes cercanos al Puerto de Veracruz, pero ahora para encontrarlos necesitan ir hasta los arrecifes cercanos a Antón Lizardo. Una de las causas principales de la disminución de erizos *T. ventricosus* es posible que se deba a la indiscriminada explotación de estos animales, aumento de la contaminación y porque no existe un control de veda. Refieren que ellos pueden pescar en las zonas de arrecifes aunque sea una zona protegida y no tienen ningún control de la caza de estos animales, ni apoyan las actividades de preservación.

Como resultado de los muestreos efectuados, observamos que la abundancia de *T. ventricosus* en la laguna del arrecife de Isla Verde es muy escasa (Figura 31 y Tabla 1), por lo que probablemente será difícil recuperar la población original. Las causas de estos pueden ser varios factores, no sólo sobrepesca, sino también eventos como; variabilidad climatológica, patógenos y estrés ambiental, entre otros.

Aún cuando la mayoría de los erizos tienen una tasa de fecundación muy alta, si la población es pequeña, los individuos tienden a estar más dispersos como lo muestran los encuentros con los especímenes en este estudio, por lo que la probabilidad de fecundación cuando alcanzan la madures sexual es baja y la recuperación de su población original es mucho más lenta.

Por lo general, según mencionan Ruppert y Barnes (1996) y Smith y Koester (2001) los óvulos y espermatozoides de *T. ventricosus* se liberan en el agua entre abril y

agosto, teniendo como consecuencia la fecundación; y la larva equinopluteus va hundiéndose hasta el fondo durante septiembre y octubre para empezar la metamorfosis. Se considera entonces que es por eso que en la época primavera-verano encontramos individuos de mayor talla (la talla promedio en primavera: 750 gr de peso y 10.5 cm de diámetro; en verano: 397.1 gr y 10.4 cm), ya sexualmente maduros; tal vez en el segundo o tercer año de su vida (Figura 37). Aunque en esta época, también debió de haber individuos con un diámetro alrededor de 0.1 a 5.5 cm que son de menos de un año de su ciclo vital.

La mayoría de los erizos encontrados en octubre (2001 y 2002) tienen diámetros alrededor de 4 a 7.5cm (Figura 37, Tablas 1 y 2), por lo que estos erizos pueden ser del primer año de su ciclo de vida, con excepción de algunos erizos que serían del segundo o tercer año. De acuerdo a las investigaciones efectuadas por McPherson (1965), Schibling y Mladenov (1988) y Smith y Koster (2001) ellos afirman que los erizos jóvenes de *T. ventricosus* crecen rápidamente y en el primer año pueden llegar a crecer hasta 6.5 a 7.5 cm, alcanzando su maduración sexual.

La razón por la cual sólo encontramos organismos de talla muy chica (talla promedio de los dos muestreos efectuados en octubre: 121 gr de peso con un diámetro de 6.55 cm) y casi ninguno de talla grande en otoño (Figura 37), puede ser por causa de depredación humana para el uso comercial, ya que para la elaboración de artesanías necesitan esqueletos de tallas grandes. De la misma forma, se pudo notar que en general los erizos de mayor talla son poco abundantes en comparación a los individuos de talla chica que pesan alrededor de 100 gr con diámetros alrededor de 4 a 7.5 cm (Figura 38).

Según Scheibling y Mladenov (1988), en Barbados los especímenes de *T. ventricosus* de talla pequeña (4.5 a 5.5 cm) fueron abundantes en enero y en febrero. Además, también encontraron unos erizos de 7 a 9 cm de diámetro, que son de segundo año. En junio, la población consistía de individuos grandes (alrededor de 8 cm de diámetro) y la talla máxima que fue encontrada fue de 10.5 cm aproximadamente. Si se comparan con nuestros datos, se puede notar que existen ciertas diferencias en cuanto a la talla de los organismos. Estas diferencias se notan más con la talla máxima que fue encontrada en Barbados comparada con la de Isla Verde que fue de 13 cm; podemos pensar que, tal vez, los *T. ventricosus* de Isla Verde son de mayor talla que los *T. ventricosus* de Barbados.

Lessios (1995) afirma que existen algunos ejemplares que llegaron a medir hasta 15 cm de diámetro por 8 cm de altura. Sin embargo, Smith y Koester (2001) reportan que por lo general alcanzan a una talla de 13 cm aproximadamente, por lo tanto, se puede decir que algunos, pero muy pocos, de los individuos de *T. ventricosus* distribuidos alrededor de Isla Verde, si llegan a alcanzar su talla máxima.

De acuerdo a los datos de Hughes (1994), hay un incremento significativo de la talla máxima de individuos cuando no hay competencia intraespecífica. Es decir, cuando el número de individuos de una población es bajo, la talla máxima de individuos es más grande que el normal. Sin embargo, en este estudio, a pesar de que la población fue muy chica, no observamos este fenómeno.

VIII.3. DESPLAZAMIENTO

La velocidad promedio obtenida fue de 10.46 cm/hr, lo que si entra en el intervalo que menciona James (2000) en su investigación. Según James, el desplazamiento promedio en los erizos es de 6.6 a 11.7 cm/hr, dependiendo del sitio y hora del día.

Si se analiza la información sin tomar en cuenta los datos del organismo que avanzó 1,100 cm en 3 horas (Figura 39), el desplazamiento promedio en 24 horas sería 137.41 cm y por lo tanto la velocidad promedio es 5.73cm/hr, resultado ligeramente menor a lo que menciona James (2000).

Sin embargo, no es posible decir que todos los organismos se desplazaron en línea recta, del punto inicial hasta donde los encontramos después de 24 horas. Así que el desplazamiento y velocidad de nuestro cálculo es tan sólo aproximado.

VIII.4. USO ECONÓMICO

El resultado que se obtuvo de las entrevistas realizadas con los pescadores del Puerto de Veracruz, si coincide con lo que menciona Caso (1978) en su estudio. Ellos refieren que en México, las gónadas de *T. ventricosus* son consumidos por el humano, pero que es poco común. Además, Solís (1998) y Gómez (2002) mencionan que los erizos son generalmente capturados y procesados artesanalmente para su venta local,

aquí se utiliza el esqueleto en la realización de lámparas y adornos en general; que también concuerda con los datos obtenidos.

El mayor problema que existe en el caso de la sobreexplotación de *T. ventricosus*, es la falta de planeación en la explotación y procesamiento de los recursos, ya que no existen normas para la pesca de estos organismos. Como lo mencionan algunos autores (Vargas-Hernández *et al.*, 2002), Veracruz muestra una tendencia a depender de la captura costera por ser más económica y ágil en la operación.

IX. CONCLUSIONES

La mayor parte de la población de *Tripneustes ventricosus* en el arrecife de Isla Verde se encuentra en las praderas de *Thalassia testudinum*, sólo cerca de la costa del cayo, no más allá de los 150 m de distancia y con una tendencia del Noroeste hacia el Noreste.

En la laguna del arrecife de Isla Verde, *T. ventricosus* es actualmente muy escaso, con una variación en cuanto a la talla dependiendo de las épocas del año.

El desplazamiento promedio de los 12 especímenes seguidos tuvo un promedio de 10.46 cm/hr.

El esqueleto de *T. ventricosus* es frecuentemente requerido en el Puerto de Veracruz para la elaboración de artesanías para su venta local, con precios que oscilan desde 10 pesos hasta 320 pesos dependiendo de la presentación.

Con el fin de lograr un mejor aprovechamiento de la fauna arrecifal, sin perturbar el ecosistema, se sugiere que se tomen, lo antes posible, medidas para la conservación de especies en el SAV.

Para esto es indispensable contar con una evaluación específica de los recursos que se utilizan en artesanías e integrar los conocimientos disponibles; la elaboración de normas por entidades correspondientes para determinar las especies ecológicamente

más importantes, cuyo uso en artesanías debe ser definitivamente prohibido, determinar las especies cuyas características biológicas permiten un uso sostenido y los lugares de extracción y que se aplique un uso rotativo para permitir la recuperación de las poblaciones y determinar sanciones por el incumplimiento de las normas que se establezcan; vigilar estrictamente la extensión y número de permisos para la explotación de la fauna con fines artesanales.

X. LITERATURA CITADA

1. Aldeco-Ramírez J. y J. M. Sánchez-Juárez, 2002, Ambiente marino y estuarino, *En: 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 pp.
2. Andrew N. L. y L. J. Stocker, 1986, Dispersion and phagokinesis in the echinoid *Evechinus chloroticus* (Val.), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 100: 11-12.
3. Britton J. C. y B. Morton, 1989, Shore ecology of the gulf of Mexico, University of Texas Press, Austin, Texas, 387 pp.
4. Brusca R. C. y G. J. Brusca, 2003, Invertebrates, Ed. Sinauer Associates, Inc., USA, 936 pp.
5. Buitrón-Sánchez B. E. y F. A. Solís-Marín, 1993, La Biodiversidad en los Equinodermos Fósiles y Recientes de México, *En: Diversidad biológica de México, Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol. XLIV (especial): 209-231.
6. Carpenter R. C., 1984, Predator and population density control of homing behavior in the Caribbean echinoid *Diadema antillarum*, *Marine Biology*, 82: 101-108.
7. Carricart-Ganivet, J. P. y G. J. Horta-Puga, 1993, Arrecifes de Coral en México, p.81-92, *En: Biodiversidad marina y costera de México*, S. I. Salazar-Vallejo y González, N. E. (eds.), Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
8. 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.

9. Caso M. E., 1961, Los Equinodermos de México, Tes. Doct. Fac. Cienc., UNAM, 338 pp.
10. Caso M. E., 1974a, Contribución al estudio de los equinoideos de México. El género, *Tripneustes* Agassiz. Morfología y ecología de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck), *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 1(1): 1-24.
11. Caso M. E., 1974b, Contribución al estudio de los equinodermos 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, UNAM*, 1(1): 25-40.
12. Caso M. E., 1976, El estado actual del estudio de los equinodermos de México, *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 3(1): 1-56.
13. Caso M. E., 1978, Ciencia y técnica de los Equinodermos en relación con el hombre, primera parte; aspecto científico, *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*, 5(1): 255-286.
14. Cifuentes L. J., P. Torres-García y M. Frías, 1997, El océano y sus recursos, x pesquerías, "Pesquería del erizo de mar".
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/087/htm/sec_18.htm
15. Colón-Jones D. E., 1993, Size (age) specific factor controlling the distribution and population size of the white-spined sea urchin, "*Tripneustes ventricosus*" (Lamarck, 1816), Tes. M. S. Colegio de Artes y Ciencias.
<http://www.uprm.edu/wacad/cescima.htm>
16. Chávez E., E. Hidalgo y M. L. Sevilla, 1970, Datos acerca de las comunidades bentónicas del arrecife de Lobos, Veracruz, *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 30: 211-280.
17. 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, UNAM*, 15(1): 167-176.

18. Dawes C. J., 1986, *Botánica Marina*, Editorial Limusa, México, 673 pp.
19. De la Lanza E. G., 1991, *Oceanografía de mares mexicanos*, AGT Editors S.A. México, D. F., 569 pp.
20. Diario Oficial de la Federación, 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, Diario Oficial de la Federación, lunes 24 de agosto de 1992, 6-15.
21. Diario Oficial de la Federación 457, 1992, 17:4-13.
22. Diario Oficial de la Federación, Tomo: DLXIII No.20, México D.F., lunes 28 de agosto de 2000, Segunda sección: Carta Nacional Pesquera 2000, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca-Instituto Nacional de la Pesca.
23. Dix T. G., 1970, Covering response of the Echinoid *Evechinus chloroticus* (Val.), *Pacific Science*, 24: 187-194.
24. Emery K. O., 1963, Estudios regionales. Arrecifes coralinos en Veracruz, México. *Geofísica Internacional*, 3(1): 11-17.
25. Engman J., 2001, Mass Mortality in *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinoidea): A Large-Scale Natural Experiment in Herbivore Removal, Henderson State University.
<http://jrscience.wcp.muohio.edu/FieldCourses00/PapersMarineEcologyArticles>
26. 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, Tes. Maest. Fac. Cienc., UNAM.
27. Fenchel T., 1970, Studies on the decomposition of organic detritus derived from the turtle grass *Thalassia testudinum*, *Limnology and Oceanography*, 15: 14-20.

28. Figueras A., 2001, Los erizos de mar son extraordinariamente abundantes en el litoral de Galicia, IIM: Mar y Pesca.
http://www.iim.csic.es/MaryPesca/Diciembre2000_2/Pagina2.html
29. Foster S. A., 1987, The relative impacts of grazing by Caribbean coral reef fishes and *Diadema*: effects of habitat and surge, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 105: 1-20.
30. Gamboa J. A., 1978, Estudio preliminar acerca de la fauna de equinodermos de la costa norte del estado de Veracruz, Tes. Lic., Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.
31. García M. E., 1964, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Ofset Larios, México, 252 pp.
32. García M. E., 1973, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Inst. Geol., UNAM.
33. García M. A., 1992, Moluscos bentónicos del arrecife coralino Anegada de Adentro, Veracruz, México, Tes. Prof. Fac. Cienc., UNAM, 65 pp.
34. García R. C., 2001, Praderas de Hierbas Marinas.
<http://cuhwww.upr.clu.edu/~cgarcia/ecologiacostanera/Clase/Tha-001/THALASIA.98.htm>
35. Gob. Fed., 1992, Diario Oficial de la Federación 457, 17: 4-13.
36. Gómez G. A., 2002, Abundancia de erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck) en la costa norte, este y oeste de la Isla de Margarita (Venezuela), *Acta Científica Venezolana*, 53: 15-20.
37. González A. X., 2000, Reclutamiento y mortalidad parcial de *Acropora palmata* (Cnidaria, *Scleractinia*) del arrecife Isla Verde, Veracruz, México, Tes. Lic. (Biología), UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala.

38. Graver D., 1992, The NAUI textbook II, National Association of Underwater Instructors.
39. Guilcher A., 1988, Coral Reef Geomorphology, John Wiley & Sons, 228 pp.
40. Gutiérrez D., C. García-Sáenz, M. Lara y C. Padilla, 1993, Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo, p.787-806, *En: Biodiversidad Marina y Costera de México*, S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.), Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, 865 pp.
41. Guzmán H. M. y J. Cortés, 1993, Arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Tropical: Revisión y perspectivas, *Revista de Biología Tropical*, 41(3): 535-557.
42. Haley M. P. y J. L. Solandt, 2001, Population Fluctuations of the Sea Urchins *Diadema antillarum* and *Tripneustes ventricosus* at Discovery Bay, Jamaica: a Case of Biological Succession ?, *Caribbean Journal of Science*, 37(3-4): 239-245.
43. Harrold C. y D. C. Reed, 1985, Food availability, sea urchin grazing, and kelp forest community structure, *Ecology*, 66(4): 1160-1169.
44. Hay M. E., 1984, Patterns of fish and urchin grazing on Caribbean coral reefs: are previous results typical ?, *Ecology*, 65(2): 446-454.
45. Helprin A., 1890, The Corals and the Corals Reefs of the Western Waters of the Gulf of Mexico, *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 42: 303-316.
46. Hernández-Aguilera J. L., R. E. Toral-Almazán, 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, *En: IV reunión internacional Alejandro Villalobos*, 21-22 de octubre de 2004, Samuel Gómez (coordinador del comité), Instituto de Biología, UNAM.
47. Holme N. A. y A. D. McIntyre, 1984, *Methods for the study of Marine Benthos*, Blackwell Scientific Publications.

48. 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)
49. Hughes R. N. y H. P. Hughes, 1971, A study of the Gastropod *Cassia tuberosa* (L.) preying upon sea urchins, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 7: 305-314.
50. Hughes T. P., 1994, Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef, *Science*, 265: 1547-1551.
51. Jácome L., 1992, Análisis de las comunidades malacológicas asociadas al arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México, Tes. Prof. Fac. Cienc., UNAM, 62 pp.
52. James D. W., 2000, Diet, movement, and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in the Gulf of California, México, *Marine Biology*, 137: 913-923.
53. Jordán-Dahlgren E., 1993, El Ecosistema Arrecifal Coralino de Atlántico Mexicano, *En: Diversidad biológica de México, Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol. XLIV (especial): 157-175.
54. Keller B. D., 1983, Coexistence of sea urchins in seagrass meadows: an experimental analysis of competition and predation, *Ecology*, 64(6): 1581-1598
55. Kikuchi T. y J. M. Peres, 1977, Consumer ecology of seagrass beds, *En: Sea grass Ecosystems*, p.147-193, McRoy C. P. y C. Helfferich (eds.), A Scientific Perspective, Marcel Dekker, Nueva York.
56. Knowlton N., 2001, Sea Urchin recovery from mass mortality: New hope for Caribbean coral reef ?, *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA*, 98(9): 4822-4824.
57. Lara M., 1989, Zonación y caracterización de los escleractinios en el arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México, Tes. Prof. Fac. Cienc., UNAM.

58. Lawrence J. M., 2001, Conflict between somatic and gonadal growth in sea urchins: a review, Department of Biology, University of South Florida, Tampa, Florida 33620, USA.
<http://crdpm.cus.ca/oursin/PDF/LAWR.PDF>
59. Lees D. C. y G. A. Carter, 1972, The covering response to surge, sunlight, and ultraviolet light in *Lytechinus anamesus* (Echinoidea), *Ecology*, 53(6): 1127-1133.
60. Lessios H. A., 1995, Shallow Water Echinoids of Cayos Cochinos, Honduras.
<http://www.ots.duke.edu/tropibiojnl/honduras>
61. Lilly G. R., 1975, The influence of diet on the growth and bio-energetics of the tropical sea urchin, *Tripneustes ventricosus* (Lamarck), Tes. Doc. Department of Zoology, University of British Columbia, 216 pp.
<http://www.mcgill.ca/bellairs/publications/theses/>
62. Lilly G. R., 1979, The influence of diet on the oxygen uptake of the sea urchins, *Tripneustes ventricosus* and *Strongylocentrotus droebachiensis*, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 62A: 463-470.
63. Lissner A. L., 1983, Relationship of water motion to the shallow water distribution and morphology of two species of sea urchin, *Journal of Marine Research*, 41: 691-709.
64. López M., 1992, Diagnósis taxonómica de las esponjas de las estructuras arrecifales de Antón Lizardo y Puerto de Veracruz, Tes. Prof. Fac. Cienc., UNAM, 88 pp.
65. Lot-Helgueras A, 1971, Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver., *Anales del Instituto de Biología, UNAM* 42, Ser. Bot. 1: 1-48.
66. Margalef R., 1980, Ecología, Omega, Barcelona.
67. Mather P., 1984, A coral reef handbook, The Australian coral reef society.

68. Mattison J. E., J. D. Trent, A. L. Shanks, T. B. Akin y J. S. Pearse, 1977, Movement and feeding activity of red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest, *Marine Biology*, 39: 25-30.
69. McPherson B. F., 1965, Contributions to the biology of the sea urchin *Tripneustes ventricosus*, *Bulletin of Marine Science*, 15(1): 228-244.
70. McRoy C. P. y C. Helfferich, 1980, Applied aspects of Seagrass, p.297-343, *En: Handbook of Seagrass Biology*, Phillips R. C. y C. P. McRoy (eds.), Garland STPM Press, Nueva York.
71. Morelock J. y K. J. Koenig, 1967, Terrigenous sedimentation in a shallow water coral reef environment, *J. Sediment. Petrol.*, 37(4): 1001-1005.
72. Moses C. S. y R. M. Bonem, 2001, Recent population dynamics of *Diadema antillarum* and *Tripneustes ventricosus* along the north coast of Jamaica, W. I., *Bulletin of Marine Science*, 68(2): 327-336.
73. Nelson B. V. y R. R. Vance, 1979, Diel foraging patterns of the sea urchin *Centrostephanus coronatus*, *Marine Biology*, 51: 251-258.
74. Noriega E. E., 2001, Metales pesados en *Thalassia testudinum* (pasto marino) en el Sistema Arrecifal Veracruzano, Tes. Lic. (Biología) UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala.
75. Ogden J. C., 1980, Faunal relationships in Caribbean seagrass beds, p.174-198, *En: Handbook of Seagrass Biology*, Phillips R. C. y C. P. McRoy (eds.), Garland STPM Press, Nueva York.
76. Oliva J., T. Valtierra, G. de la Fuente, N. Quintero y V. Valencia, Abundancia del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* (Lamarck) (Echinodermata: Toxopneustidae), en el Sur de Banco Chinchorro, Quintana Roo, *Universidad y Ciencia*, 16(31): 67-
<http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia/ciencia.html>
77. Padilla C., 1989, Estructura comunitaria de escleractinios del arrecife Cabezo, Veracruz, Tes. Prof. Fac. Cienc., UNAM.

78. Palleiro-Nayar J. S., D. Aguilar-Montero y J. M. Romero-Martínez, 1996, Equinodermos: Erizo de Mar. p.313-335. *En: Pesquerías relevantes de México, XXX Aniversario del INP. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. Vol. 1, 555 pp.*
79. 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(4): 616-626.
80. 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 pp.
81. Pizaña F. J., 1990, Moluscos arrecifales de Antón Lizardo, Veracruz, Un enfoque biogeográfico, Tes. Prof. Fac. Cienc., UNAM.
82. Resúmenes de los trabajos presentados en el I Congreso Nacional de Arrecifes Coralinos, junio 28 a julio 1 de 2000, Veracruz, México.
83. Romeu E., 2002, El arrecife como recurso, Biodiversitas No.3, CONABIO.
84. Rosado J. C., 1990, Patrones de distribución, diversidad y utilización del espacio de las anémonas y zoantidos (Zoantharia: Coelenterata) de Veracruz, Tes. Prof. Fac. Cienc., UNAM, 56 pp.
85. Ruppert E. E. y R. D. Barnes, 1996, Zoología de los Invertebrados, Ed. McGraw-Hill Interamericana, México.
86. Russo A. R., 1979, Dispersion and food differences between two populations of the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*, *Journal of Biogeography*, 6: 407-414.
87. SAGARPA y Instituto Nacional de la Pesca, 2001, Sustentabilidad y Pesca Responsable en México; Evaluación y Manejo 1999-2000.

88. San Juan R. S., 1988, Estudio descriptivo de la morfología externa de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck) y *Lytechinus variegatus* (Lamarck), (Echinoidea: Echinodermata), colectados en el arrecifes de Lobos, Veracruz. México, Tes. Lic. Fac. Biol., Universidad Veracruzana.
89. Scheibling R. E. y S. C. Johnson, 1985, Stock assessment of sea eggs (*Tripneustes ventricosus*) on traditional fishing grounds in Barbados. Report to Fisheries Division, Ministry of Agriculture, Food and Consumer Affairs, Barbados.
<http://myweb.dal.ca/rescheib/publications3.html>
90. Scheibling R. E. y P. V. Mladenov, 1986, Causes and consequences of the decline of the sea egg (*Tripneustes ventricosus*) fishery in Barbados: a survey of fishermen and consumers. Report to Fisheries Division, Ministry of Agriculture and Natural Resources, Barbados.
<http://myweb.dal.ca/rescheib/publications3.html>
91. Scheibling R. E. y P. V. Mladenov, 1988, Distribution, abundance and size structure of *Tripneustes ventricosus* on traditional fishing grounds following the collapse of the sea urchin fishery in Barbados, *En: Equinoderm Biology*, Burke R., P. Mladenov, P. Lambert y R. Parsley, A. A. Balkema/ Rotterdam.
92. 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(2): 309-313.
93. Shunula J. P. y V. Ndibalema, 1986, Grazing preferences of *Diadema setosum* and *Heliocidaris erythrogamma* (echinoderms) on an assortment of marine algae, *Aquatic Botany*, 25: 91-95.
94. Smith A. H. y F. Berkes, 1990, Solutions to the "Tragedy of the Commons": Sea Urchin Management in St. Lucia, West Indies.
95. Smith A. H. y S. Koester, 2001, A description of the sea urchin fishery in Laborie, St. Lucia., CANARI LWI Project Document no.4. CANARI Technical Report no. 294: 8 pp.

96. 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. XLIV (especial):3-17.
97. Solís F., 1998, Los equinodermos de México, *Biodiversitas, Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad de México*, 4(18).
98. Solís-Marín F. A., M. D. Herrero-Pérezrul, A. Laguarda-Figueras y J. Torres-Vega, 1993, Asteroideos y Equinoideos de México (Echinodermata), p.91-105, *En: 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 pp.
99. Solís-Marín F. A. y E. Mata, 2000, Curso-taller taxonomía de Equinodermos, Inst. Cienc. Mar y Limnol. y Facultad de Ciencias.
100. Suárez-Caabro J. A., 1965, Datos meteorológicos hidrográficos y planctónicos del litoral de Veracruz, Veracruz., *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, 36: 25-46.
101. Tello J. L., 2000, Distribución de biotopos en la zona de la planicie arrecifal de isla verde, Veracruz, México, Tes. Lic. (Biología) UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala.
102. Tommasi L. R., 1962, Equinodermos del litoral de San Pablo. Sobre el hallazgo de *Tripneustes ventricosus* Lamarck, *Neotropica*, 8(26): 59-60.
<http://www.geocities.com/RainForest/Canopy/2662/equinod.html>
103. Tsuchiya M. y M. Nishihara, 1986, Re-colonization process of two types of the sea urchin, *Echinometra mathaei* (Blainville), on the Okinawan reef flat, *Galaxea*, 5: 283-294.

104. Vargas-Hernández J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra, 1993, Sistema Arrecifal Veracruzano, p.559-575, *En: 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 pp.
105. Vargas-Hernández J. M., M. L. Jiménez-Badillo y Arenas-Fuentes V., 2002, El Sistema Arrecifal Veracruzano y las pesquerías asociadas, *En: 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 Univ. Veracruzana.
106. Vass E. y A. J. Nappi, 1998, Occurrence and distribution of the Rhadocoel Flatworm *Syndisyrinx collongistyla* in the Sea Urchins *Lytechinus variegatus* and *Tripneustes ventricosus* in Discovery Bay, Jamaica, *Caribbean Journal of Science*, 34(1-2): 137-141.
107. Vicente V. P., L. R. Almodovar, J. A. Rivera y D. Corales, 1980, An Ecological evaluation of the Seagrasses in Guayanilla Bay, *Science-Ciencia*, 7(3): 76-88.
108. 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.
109. Wells J. W., 1957, Coral reefs, *En: J. W. Hedgpeth (ed.), Treatise on marine ecology and paleoecology*, *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 67(1): 609-631.
110. Williams E. H., L. Bunkley-Williams, R. J. Bruckner, A.W. Bruckner, E. Ortíz-Corps, W. A. Bowden-Kerby y E. D. Colon-Jones, 1996, Recurring Mass Mortalities of the White-spined Sea Urchin, *Tripneustes ventricosus*, (Echinodermata: Echinoidea) in Puerto Rico, *Caribbean Journal of Science*, 32(1): 111-112.
111. Worbis H., 1986, Introducción al conocimiento de los equinodermos (Echinodermata: echinoidea) de la costa de Tamaulipas y norte del estado de Veracruz México, Tes. Lic., Universidad del Noroeste, Escuela de Ciencia Biología.

112. Zigler K. S. y H. A. Lessios, 2003, Evolution of Bindin in the Pantropical Sea Urchin *Tripneustes*: Comparisons to Bindin of Other Genera, *Molecular Biology and Evolution*, 20(2): 220-231.
113. Zizumbo L. E., 1995, Estudio ficoflorístico de las macroalgas bénticas del arrecife coralino isla verde, Veracruz, México, Tes. Lic. (Biología) UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala.
114. Urchin Culture in British Columbia, BC Shellfish Growers Association.
www.bcsga.ca/bcsgirs/urchin/urchin.htm
115. Sea Urchin
<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/indexmag.html?http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artjul00/urchin1.html>
116. Fundação André Tosello, Base de Dados Tropical.
www.bdt.fat.org.br/zoologia/echinodermata/echinoideaclass
117. "To Preserve, Protect and Enhance Marine Life", Barbados Marine Trust-Sea Eggs.
www.barbadosmarinetrust.com/sea-eggs.htm
118. www.nhm.ac.uk/palaeontology/echinoids/GE...EU/TRIPNEU5.HTM
119. ITIS (Integrated Taxonomic Information System). www.itis.usda.gov
120. Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/SMN.html>