



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Efecto del erizo *Echinometra lucunter* sobre la diversidad de algas
de la zona intermareal: análisis de su dieta en Montepío, Veracruz,
México.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

María Fernanda Ayhllon Osorio



**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Fernando Álvarez Noguera
Ciudad Universitaria, Cdd. Mx., 2018**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de datos del jurado

1. Ayhllon
Osorio
María Fernanda
55 13 38 23 59
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
306048579

2. Datos del tutor
Dr.
Fernando
Álvarez
Noguera

3. Datos del sinodal 1
Dr.
Francisco Alonso
Solís
Marín

4. Datos del sinodal 2
Dr.
José Luis
Godínez
Ortega

5. Datos del sinodal 3
M. en C.
David
Salinas
Torres

6. Datos del sinodal 4
M. en C.
Gema Yolanda
Armendáriz
Ortega

7. Datos del trabajo escrito
Efecto del erizo *Echinometra lucunter* sobre la diversidad de algas de la zona intermareal:
análisis de su dieta en Montepío, Veracruz, México.
56 pp
2018

"EL AMOR POR TODAS LAS CRIATURAS VIVIENTES
ES EL MÁS NOBLE ATRIBUTO DEL HOMBRE".

CHARLES DARWIN



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor Dr. Fernando Álvarez por abrirme las puertas del taller de Invertebrados marinos, por compartirme sus conocimientos, sus anécdotas pero sobre todo agradezco su paciencia, gracias Fer por aguantarme tantas décadas. Gracias por todo el apoyo brindado hasta el final. Nunca olvidaré tus bromas, tus chistes y tus sarcasmos que me hacían sufrir.

Al Dr. José Luis Godínez, ya que sin su asesoramiento en la identificación de algas, este trabajo no habría sido posible. Gracias Doc por abrirme las puertas de su laboratorio, por su tiempo y su paciencia, por compartirme sus conocimientos y hacerme ver la importancia de este trabajo, así como forjarme gusto por las algas. Lo admiro mucho, muchas gracias.

A la M. en C. Gema Armendáriz, por motivarme siempre a seguir trabajando en mi tesis y hacerme creer en mi misma. Por escucharme, regañarme, aconsejarme, apoyarme guiarme y compartirme sus conocimientos todo este tiempo, gracias por tus ocurrencias que hicieron esto más liviano. Te quiero Gema.

Al Dr. Francisco Solís, gracias por su tiempo y sus conocimientos compartidos, por su asesoramiento y su buena disposición.

Al M. en C. David Salinas, por su apoyo en la revisión de este trabajo, por sus comentarios tan alentadores, por escucharme y compartirme un poco de su tiempo y de sus conocimientos.

A Susana Guzmán del Laboratorio de Microscopia y Fotografía de la Biodiversidad del IBUNAM, por su apoyo con el microscopio multifocal para la toma de fotos de este trabajo.

A todos los profesores que me han guiado todos estos años. Mi admiración y respeto para todos.

Quiero agradecer también a la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de desarrollarme académicamente, así como permitirme gozar de sus bellas instalaciones y poder pasar los mejores de años de mi vida.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Al ser más bueno que existe sobre la Tierra, mi madre. A quien le debo más que la vida y voy a pagarle todo hasta el final de mis días. Soy lo que soy gracias a ti. Gracias madre por tu apoyo, tu complicidad, tu amor, tus enseñanzas, por ese corazón tan grande que tienes hacia todos. Gracias por tantos años de esfuerzo. Eres mi orgullo y mi ejemplo a seguir. Te amo con todo mi ser.

A mi papi, que sé que me acompaña en cada paso que doy. Gracias por tu amor, por la educación que me diste, por el esfuerzo y el trabajo que hiciste cada día para hacerme valiente. Te llevo en mi corazón siempre. Gracias por siempre mamá y papá.

A mis hermanos, Toño, Nidya, Carlos y César, simplemente esta vida no sería la misma sin ustedes. Gracias por estar siempre al pendiente de mí, por apoyarme, escucharme, alentarme, regañarme, solaparme, enseñarme. Gracias por hacer esta vida tan divertida. Los amo con todo mi corazón.

A mis sobrinos André, Ita, Aranza y Mateo por ser personitas tan buenas, por inspirarme a hacer las cosas bien. Siempre estaré para ustedes. Los amo mucho.

A mis otras tres madres Yiya, Ranita y Crayola, a quienes también les debo la vida. Gracias por enseñarme a ser mejor cada día, por darme de comer tanto y hacer mi vida más alegre. Gracias por su apoyo incondicional y cariño inmensurable. Las amo siempre.

A Said por su apoyo incondicional, por ser un ejemplo a seguir y dar todo sin esperar nada a cambio. Por tu peculiar forma de ser que me ha enseñado tanto. Gracias Astu por aguantarme y estar cerquita después de tantos años. Te quiero tanto.

A mis amigos de la carrera, Rodri, Raúl, Bibi, Daf, Blanquito, Sandrita, Sandrito, Ikal, Andy, Alejo, Nelia, Olinka, Jesús, sin ustedes la universidad no habría sido la misma. Gracias por compartir un cachito de su vida conmigo, por estar cuando más los necesité, por sus buenos, malos y divertidos consejos. Los adoro.

Gracias a mis compañeros del laboratorio de Invertebrados marinos, Rachel, Ia, Adonis, Olinka, Gus, Chucho, Janet por hacer tan divertidas las prácticas de campo y ayudarme a realizar las colectas para este trabajo. Al Dr. Pepin, al cual admiro mucho, y le

agradezco los conocimientos compartidos en cada clase que me dio. A Sergio Abdiel por ayudarme a tomar algunas fotitos y a resolver pequeñas dudas.

También agradezco a mis demás amistades por estar y por formar parte de mi vida. No cabe duda que los amigos son los que le dan sazón a la vida.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
Características de <i>Echinometra lucunter</i>	3
JUSTIFICACIÓN	13
ANTECEDENTES.....	14
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS PARTICULARES.....	17
ÁREA DE ESTUDIO	18
MATERIAL Y MÉTODO	19
Trabajo de campo	19
Trabajo de gabinete	21
RESULTADOS.....	22
Descripción de las algas consumidas por <i>E. lucunter</i>	30
DISCUSIÓN	35
CONCLUSIONES	41
Lámina 1.....	42
Lámina 2.....	44
Lámina 3.....	46
REFERENCIAS	49

RESUMEN

Los erizos marinos cumplen un papel muy importante dentro de los océanos ya sea como consumidores o como recurso alimenticio para otros animales. Dentro de la zona intermareal rocosa propician la formación de microhábitats, fungen como removedores de sedimentos y controlan las vastas comunidades de algas, las cuales, son el alimento principal de muchos invertebrados. Sin embargo, la luz, la temperatura, el tipo de sustrato y la salinidad de estos sitios favorecen el crecimiento de grandes comunidades algales. Por lo tanto, la importancia de este estudio, radica en la predominancia del erizo *Echinometra lucunter* y en que éstos ayudan a controlar la abundancia de algas. Como una primera aproximación sobre esta interacción se realizó un trabajo de campo en la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz para conocer la dieta de *E. lucunter*. Se realizaron dos muestreos durante el año 2013 y uno en el año 2014, un muestreo exclusivamente de algas y otros dos, tanto de algas como de erizos, colectando 30 erizos en cada muestreo. En la colecta de algas, las Rhodophyta (13 spp.) fue la división con mayor riqueza florística, seguido de las Chlorophyta (6 spp.) y por último las Ochrophyta (4 spp.), predominando los géneros *Dictyota*, *Padina* y *Laurencia*. Se resalta la presencia de 11 nuevos registros de macroalgas para la localidad de Montepío. Respecto al material encontrado como contenido estomacal de los 60 erizos, Rhodophyta (7 spp.) fue la división más consumida, seguido de las Ochrophyta (3 spp.) y por último las Chlorophyta (2 spp.). Se encontraron otros organismos dentro de los contenidos estomacales como angiospermas, briofitas, hepáticas, moluscos, crustáceos, anélidos, poríferos, briozoarios y cnidarios. Las algas resultaron ser las más consumidas, aunque sólo una cuarta parte de las algas colectadas se encontraron dentro de los contenidos estomacales. *Pterocladia capillacea* e *Hypnea spinella*, ambas algas pertenecientes a la división Rhodophyta y los géneros *Padina* y *Dictyota* pertenecientes a la división Ochrophyta encabezan la lista de las algas que más consume *E. lucunter*. En un futuro estudio, usaría el método de cuadrantes en las diferentes estaciones del año, con el fin de obtener resultados más precisos respecto a la alimentación de estos equinodermos.

INTRODUCCIÓN

La palabra “Echinodermata” proviene de dos vocablos griegos, “echinos” (= espina) y “derma” (= piel), debido a la estructuras calcáreas espinosas presentes en la piel de estos organismos. Los equinodermos son animales exclusivamente marinos, deuterostomados, que se caracterizan por poseer una simetría pentarradial, a veces enmascarada en una simetría bilateral; un esqueleto de carbonato de calcio (calcita) compuesto por placas intradérmicas independientes y articuladas o espículas calcáreas, y un sistema vascular acuífero (SVA) único que regula la alimentación, locomoción y otras funciones (Hyman, 1955; Pawson, 2007; Brusca y Brusca, 2005). El phylum Equinodermata consta de más de 7 000 especies vivientes descritas hasta el momento y 13 000 especies fósiles (Pawson, 2007).

Los equinodermos son un componente importante de la biomasa béntica y de la productividad secundaria marina. Muchas especies son abundantes en las comunidades someras de arrecifes rocosos, coralinos, y también en los fondos arenosos y mixtos de los mares tropicales donde tienen un papel determinante en la estructura y el funcionamiento del ecosistema (Alvarado y Chiriboga, 2008). Asimismo son considerados removedores primarios de sedimentos y detritus en el mar, lo que hace suponer, que desempeñan un papel importante en el ciclo de los metales pesados (Eisler, 1981). También tienen un papel importante en el balance de los océanos y de los arrecifes de coral, ya sea como grandes consumidores de otros animales, algas, plantas marinas y detritos orgánicos, y como recurso alimenticio para otras especies de vertebrados e invertebrados (Birkeland, 1989). Donde son abundantes pueden ejercer una considerable influencia en los ecosistemas: una densa población de erizos puede desnudar vastas regiones de algas y pastos marinos, controlando las poblaciones de las mismas (Hendler *et al.* 1995). Asimismo, los erizos son responsables, en cierta medida, de la bioerosión, produciendo grandes cantidades de sedimento fino que recubre esas zonas del piso marino y que fácilmente es removido con los movimientos y corrientes

marinas. Esta acción es ocasionada por el trabajo que realizan con su aparato masticador al alimentarse (Hendler *et al.* 1995).

Echinometra lucunter es una especie de erizo que prefiere puntos expuestos donde hay rompientes de ola, ya que en esta zona hay muchas macroalgas y reside la mayor oferta de plancton, debido al recambio y movimiento continuo del agua. Sus hábitos excavadores son bien reconocidos (Ogden, 1977; Hoskin y Reed 1985; Bak 1990), en especial, sobre litorales rocosos carbonatados (Hoskin y Reed, 1985). Las perforaciones que crea esta especie, sirven como pequeños microhábitats para albergar diferentes cohabitantes (Schoppe, 1996). Al funcionar como consumidores primarios, secundarios e incluso depredadores, están muy ligados a los procesos de bioerosión, reclutamiento coralino y transferencia de energía en zonas arrecifales (Zamorano y Leyte-Morales, 2005), Por otra parte, son claves para el reciclaje de los elementos minerales y su incorporación al ciclo de los nutrientes, degradando la materia orgánica hasta un nivel que pueda ser nuevamente aprovechado por los productores primarios (Lawrence, 1975).

E. lucunter (Linnaeus, 1758) llega a ser muy común y alcanza densidades elevadas en el sublitoral rocoso, por lo que su influencia sobre la comunidad arrecifal debe ser notable (Álvarez y Angulo, 1955; Aguilar, 1981; Beltrán *et al.*, 1988; Ablanado *et al.*, 1990).

Características de *Echinometra lucunter*

E. lucunter tiene una estructura pedicelaria globular, así como un eje oblícuo (Lima *et al.*, 2009). Presenta simetría pentarradial y está protegido por un endoesqueleto formado por placas calcáreas, a veces con espinas o púas. Poseen un aparato ambulacral, el cual es un sistema de canales por el que circula el agua y que termina en apéndices eréctiles en forma de tubo; dispuestos en series radiales que terminan en ventosas, las cuales utilizan para desplazarse (Brusca y Brusca, 2005).

El cuerpo puede dividirse en un hemisferio oral y otro aboral con las partes dispuestas radialmente en torno al eje polar. En el primero se encuentra la zona oral, es portador de la boca y se halla dirigido contra el sustrato. La boca está rodeada de una membrana peristómica, la cual posee pequeños osículos de sostén enclavados, y en la superficie se advierten gran número de estructuras diferentes dispuestas de manera radial. Poseen cinco pares de pies modificados cortos y fuertes, llamados bucales y cinco pares de prolongaciones peludas, que reciben el nombre de branquias (Fig 1a). En el segundo hemisferio se encuentra la región aboral o periprocto; dicho periprocto es una pequeña membrana circular que alberga el ano, usualmente al centro y un número variable de placas enclavadas (Fig. 1b). La superficie corporal globosa puede dividirse en 10 secciones radiales que se extienden entre los polos oral y aboral. Cinco secciones poseen pies tubulares y se llaman placas ambulacrales, entre éstas existen secciones desprovistas de pies y se llaman interambulacrales (Fig. 1b) (Barnes, 1987).

Se alimenta principalmente de algas que ingiere al raspar con los dientes el sustrato donde se encuentra y tiene depredadores como aves, peces y caracoles, además tiene un ciclo reproductivo bien definido, en el cual, se ha reportado uno o dos periodos de desove, dependiendo de la población (Lima *et al.*, 2009).

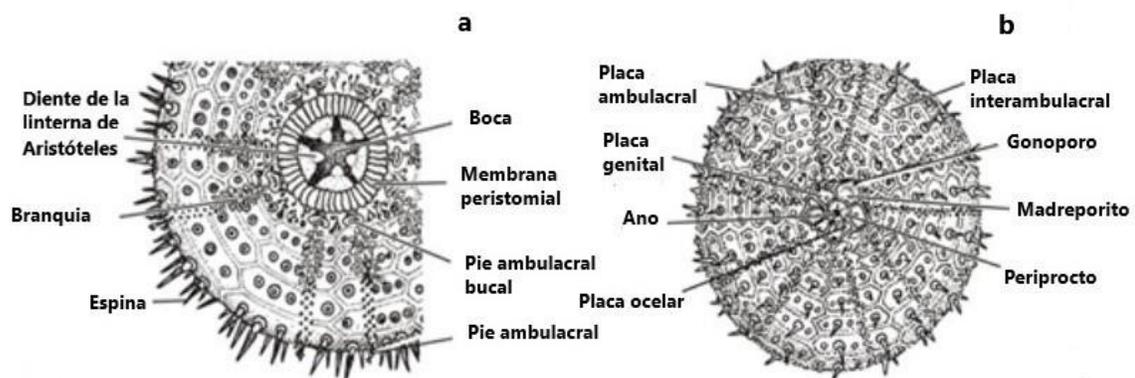


Figura 1. Morfología general de un erizo: a) hemisferio oral, b) hemisferio aboral. (Tomado de: <http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/erizos.php>).

Las estrategias alimentarias de los equinoideos abarcan diversas formas desde herbívoros, suspensívoros, detritívoros, hasta pocos casos de depredación.

En los erizos regulares la alimentación depende fundamentalmente del funcionamiento de un complejo aparato masticador situado inmediatamente tras la boca, llamado linterna de Aristóteles (Brusca, y Brusca, 2005) (Fig. 2).

La linterna de Aristóteles consiste en un complejo conjunto de músculos y placas duras que controlan la protección, retracción y movimientos de raspado de los cinco dientes. Con la ayuda de este aparato muchas especies pueden horadar las rocas del piso intermareal, enterrarse en el sedimento y alimentarse de partículas orgánicas; este tipo de organismos utilizan sus pies ambulacrales para separar la materia alimenticia y acarrearla hasta la boca (Solís-Marín, 2007). La boca está constituida de cinco grandes placas calcáreas llamadas pirámides, cada una de las cuales, tiene forma de cabeza de flecha con púas cuya punta se proyecta hacia la boca (Fig. 3a). Las pirámides están dispuestas radialmente por medio de fibras musculares transversales (Barnes, 1987).

Los dientes salen por la contracción de los músculos protactores, en forma de hoja, que se originan alrededor de la boca, en las áreas interambulacrales del esqueleto interno, y se insertan en la epífisis, cerca del extremo aboral de cada pirámide (Fig. 3b). Su funcionamiento ejerce presión sobre la linterna en sentido oral, a la vez que separan los dientes. Los músculos retractores tienen su origen en unas placas ambulacrales engrosadas llamadas aurículas, y se insertan en el extremo oral de la linterna (Brusca y Brusca, 2005). El movimiento de éstos sirven para llevar a cabo la acción excavadora y masticadora (Gardiner, 1978).



Figura 2. Linterna de Aristóteles de *Paracentrotus lividus* (Tomado de: <http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/erizos.php>).

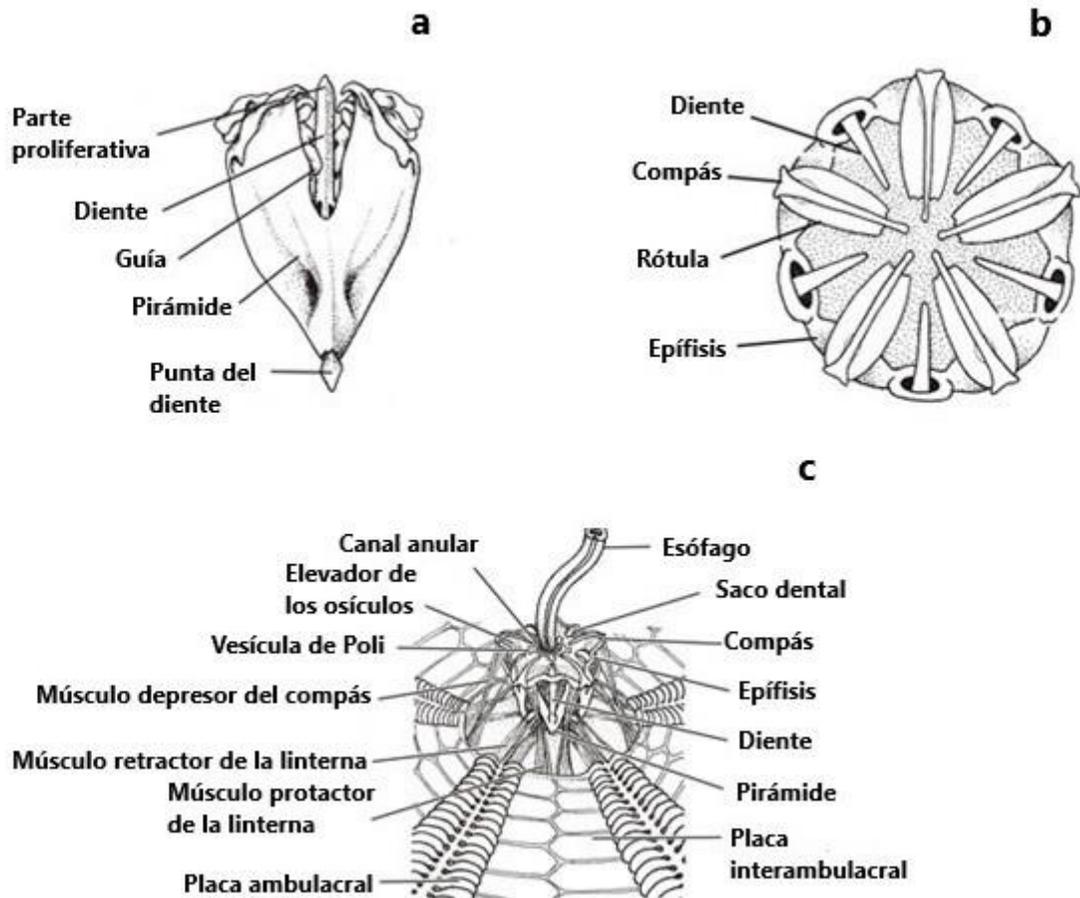


Figura 3. Morfología interna del aparato masticador de un equinoideo: a) esquema de la pirámide, b) vista inferior de la linterna, c) linterna de Aristóteles vista desde el interior del caparazón (Tomado de <http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/erizos.php>).

El sistema digestivo empieza con la linterna de Aristóteles y termina en el periprocto (ano). En el interior de la linterna de Aristóteles se encuentran una cavidad bucal y una faringe, la cual asciende por este aparato y se continúa con el esófago. Este último órgano desciende a lo largo del borde externo de la linterna y se une al intestino, entre éste y el esófago se forma una bolsa o ciego. El intestino es muy largo y puede dividirse en un intestino delgado proximal y otro grueso distal. El primero da una vuelta completa alrededor del lado interno de la pared del caparazón, el cual está suspendido; después se continúa con el intestino grueso aboral, que da a su vez una vuelta completa en dirección opuesta, asciende y se une al recto, el cual termina en el periprocto (Fig. 4) (Barnes, 1987). Paralelamente al estómago, poseen un tubo llamado sifón por el cual expulsan el agua acumulada en el estómago (Fig. 5) (Barnes, 1987).

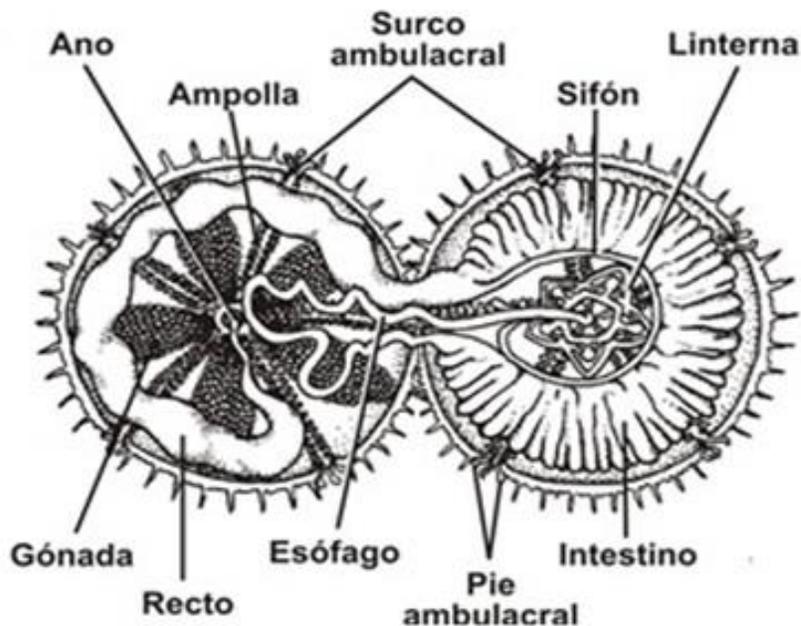


Figura 4. Esquema interno de un erizo (Tomado de: <http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/erizos.php>).

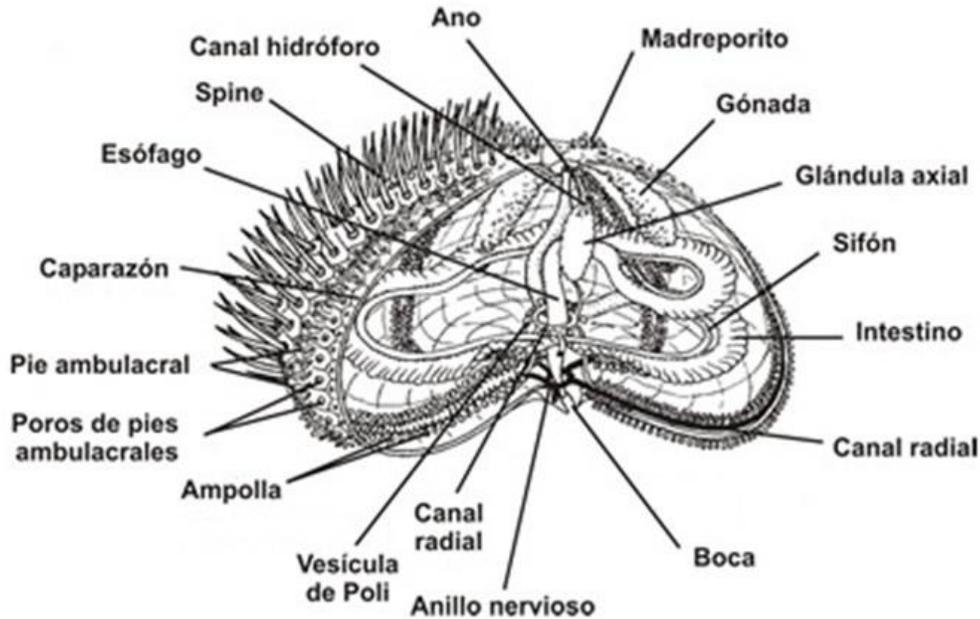


Figura 5. Anatomía interna. Esquema completo de un erizo (Tomado de: <http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/erizos.php>).

Echinometra lucunter (Fig. 6) es una especie dioica, carece de dimorfismo sexual, tienen las gónadas dispuestas en la cara interna del caparazón directamente bajo las placas interambulacrales, existiendo por tanto cinco gónadas. La maduración sexual se desarrolla aproximadamente cuando el diámetro del individuo llega a 21 mm (McPherson, 1969; Lima *et al.*, 2009). De cada gónada parte un gonoducto corto que se extiende aboralmente para abrirse por un gonoporo localizado sobre una de las cinco placas genitales. Los huevos y espermatozoos son depositados en el agua por contracción de las capas musculares de las gónadas, y la fecundación, tiene lugar en la columna de agua (Barnes, 1987). Posterior a la fecundación, se origina una gástrula de la cual surge una larva equinopluteus (Fig. 7).

Debido a la destrucción y pérdida de los litorales rocosos y de los arrecifes de coral en los últimos años (ya sea por causas antrópicas o naturales), se crea la necesidad de conocer aspectos ecológicos y biológicos de los erizos regulares. Entre los aspectos relevantes está la preferencia de sustrato que muestran estos organismos, ya que la asociación de sustrato que presentan los equinoideos regulares está sumamente relacionada con su alimentación, aunado a que son

especies claves en la ecología de estos ambientes (Birkeland 1989). Es también relevante entender cuánto de la biodiversidad de algas en cada sitio puede ser explotada por las especies de erizos presentes.



Figura 6. Larva equinopluteus (Tomado de: http://echinoblogspot.mx/2012_09_01_archive.html).



Figura 7. *Echinometra lucunter*
(Tomado de: <http://www.fossilienjaeger.de/index.php/8-abhandlungen/25-laterna-aristotelis-der-kauapparat-der-seeigel>).

Las algas

Las algas son un grupo de plantas que se conocen desde las antiguas civilizaciones. El término “alga” fue introducido por primera vez por Linneo en 1753 y fue A. L. de Jussieu (1789) quien clasificó las plantas y delimitó las algas del resto del mundo vegetal a su estado actual. Son organismos autótrofos, en su mayoría acuáticos y algunos son terrestres. El cuerpo de la planta va desde estructuras unicelulares hasta multicelulares sin sistema vascular y poca diferenciación en diversos sistemas tisulares, por lo que se denominan talofitos que carecen de verdaderas raíces, tallos y hojas. Puede haber una sola célula tan pequeña como las algas de 1 μm a grandes que pueden crecer hasta más de 60 m (Fritsch 1935, 1945). Se caracterizan por ser fotosintéticas, generar oxígeno y

estar estrechamente relacionadas con los ambientes acuáticos dulceacuícolas o marinos (González-González, 1994; Arenas, 2009; Graham *et al.*, 2009). Sin embargo existen excepciones, ya que se han encontrado especies que pueden llegar a ser heterótrofas, a pesar de contar con un sistema fotosintético. El oxígeno generado por la fotosíntesis de las algas verde azules (Cyanobacterias), y posteriormente, por las algas eucariotas es el que formó la atmósfera actual. Actualmente, las algas realizan cerca del 50% de la fotosíntesis del planeta, además de intervenir activamente en el proceso de fijación de bióxido de carbono en el planeta y de ser parte fundamental en la base de las cadenas tróficas, por ser organismos autótrofos y productores primarios (Ortega *et al.*, 1989; Van den Hoek *et al.*, 1995; Robledo, 1997; Hallmann, 2007; Lee, 2008; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Graham *et al.*, 2009; Bonilla *et al.*, 2013; Medina *et al.*, 2012).

En los sistemas modernos de clasificación, las algas comprenden más de la mitad de las divisiones del Reino Vegetal o están representadas por cerca de 20 clases correspondientes a tres reinos Plantae, Chromista y Protozoa. Se estima que se conocen más de 36 000 especies de algas eucarióticas que representan el 17% del total de plantas conocidas hasta el presente. (John, 1994; Acleto y Zuñiga, 1998).

Los litorales rocosos son ambientes con características muy particulares que propician el desarrollo de comunidades de organismos que presentan adaptaciones para sostenerse y sobrevivir en superficies verticales, para resistir periodos prolongados de desecación, para soportar cambios fuertes de salinidad y temperatura, y aguantar el fuerte impacto de las olas (Little y Kitching, 1996).

En el ambiente marino, las algas son de dos tipos: planctónicas, las que están en suspensión y constituyen el fitoplancton y las bentónicas que están fijadas al sustrato inerte o sobre los organismos. Las algas planctónicas son organismos microscópicos o submicroscópicos que constituyen el primer eslabón de la cadena de los alimentos que se dan en el mar y son los encargados de la transformación

de las sustancias inorgánicas en materia orgánica, gracias al proceso de la fotosíntesis. Existen factores ecológicos que juegan un rol determinante sobre las funciones fisiológicas del fitoplancton, entre los más importantes están la temperatura, iluminación y salinidad (Acleto y Zuñiga, 1998).

Las algas bentónicas tienen la ventaja adicional de poder utilizar los nutrimentos que las corrientes les acercan, mientras que las especies planctónicas se deben sumergir o bien cambiar de posición en la columna de agua para renovar la microcapa de agua próxima a la célula a partir de la cual recuperan sus nutrimentos (Darley, 1987).

La temperatura y la luz determinan la distribución latitudinal de las algas marinas y por tanto su distribución geográfica; asimismo influyen en la composición, variación y periodicidad de las poblaciones en los niveles intermareal y submareal (Santelices, 1977). Otros factores tales como el tipo de sustrato y las mareas determinan la composición florística y abundancia de cada comunidad (Dawes, 1986).

Según su naturaleza, el sustrato está representado por una roca masiva, por cantos rodados, guijarros, arena, lodo y por sustratos vivos como plantas y animales diversos. La presencia o ausencia de algas bentónicas en sustratos definidos está determinada por distintas causas. Así en sustratos rocosos lisos y muy expuestos a la acción mecánica de las olas, la vegetación epilítica no es frecuente por la dificultad que experimentan las estructuras reproductivas para fijarse y desarrollar en nuevas plantas, o por la dificultad de las plantas juveniles para resistir la fuerza de las olas y desarrollar normalmente. Por el contrario, la vegetación es abundante en los sustratos rocosos ásperos o con fisuras (Acleto y Zuñiga, 1998).

Según Darley (1987), la comunidad epilítica se desarrolla por lo general en áreas donde los movimientos del agua son suficientemente fuertes para impedir

que se acumulen sedimentos finos; los arroyos y ríos y las costas rocosas son los hábitats que se han estudiado mejor. Las algas que aquí se encuentran tienen varios mecanismos de fijación bien desarrollados que incluyen: series de filamentos postrados que soportan filamentos erectos ramificados, extensiones rizoidales de la célula basal, pies de fijación relativamente indiferenciado en los filamentos verdes no ramificados, además de la secreción de un cojín, pedúnculo o tubo de material gelatinoso por muchas especies de diatomeas.

Los organismos que habitan en zonas rocosas se enfrentan recurrentemente a condiciones ambientales extremas que condicionan su supervivencia. Pueden estar determinadas por factores físicos como la amplitud de la marea, la acción de las olas, el tipo de sustrato, la temperatura, la salinidad, los vientos, o factores biológicos como la presencia de asociaciones vegetales o competencia por la superficie de fijación y de alimentación (Vallejo, 2007). Pero *E. lucunter* es un caso peculiar pues generalmente prefiere puntos expuestos donde hay rompiente de ola, ya que en esta zona abundan las macroalgas y reside la mayor oferta de plancton debido al recambio y movimiento continuo del agua. Sus hábitos excavadores son bien reconocidos (Ogden 1977, Hoskin y Reed, 1985; Bak 1990), en especial, sobre litorales rocosos carbonatados (Hoskin y Reed 1985).

Chapman (1992) mencionó que la presencia de vegetación en la zona rocosa favorece el incremento del número de especies y con ello el hábitat se vuelve complejo y diverso.

JUSTIFICACIÓN

Es importante conocer el efecto de *Echinometra lucunter* sobre la comunidad de algas, para destacar la importancia ecológica de la especie dentro de la zona intermareal rocosa. Así como la realización de un inventario de algas de Montepío, Veracruz.

El efecto del erizo *Echinometra lucuter* sobre la comunidad de algas se considera que debe ser muy grande, como para moldear la estructura de la comunidad de algas dentro de la zona intermareal rocosa. Para examinar el efecto del forrajeo del erizo sobre las algas se diseñó un estudio en el cual se analiza el contenido estomacal y la oferta de algas en la zona intermareal. Tanto el papel ecológico del erizo como el inventario de macroalgas en esta playa son dos temas que no se han estudiado y que aportan nuevos datos sobre cómo es la estructura de esta comunidad que en ciertas épocas del año puede volverse muy compleja.

E. lucunter es un organismo clave dentro de los ecosistemas de litoral rocoso del Caribe ya que modifican la topografía del sustrato por bioerosión, y las cavidades formadas sirven de refugio a otros organismos, lo cual incrementa la diversidad local en dicho ecosistema (Bak, 1994; Schoppe y Werding, 1996; Monroy-López y Solano, 2005).

ANTECEDENTES

El estudio de los equinodermos del Pacífico mexicano ha sido muy importante para determinar la diversidad de la fauna marina de nuestro país (Honey-Escandón *et al.*, 2008). Además, la elaboración de listas faunísticas de equinodermos ha contribuido a las evaluaciones de zonas con prioridad para su protección (Solís-Marín, 1997). El Pacífico central de México, así como el Golfo de California, presentan una considerable diversidad de equinodermos.

La riqueza específica y abundancia de organismos en sustratos duros se utiliza para conocer ciclos de perturbación y regeneración, el estado de salud de la comunidad, así como para identificar zonas de diversidad alta (Moran y Reaka, 1988,1991; Benedetti-Cecchi, 2006; Duffy y Stachowicz, 2006; Leno *et al.*, 2006; Raffaelli, 2006; Stachowicz y Byrnes, 2006; Zhuang, 2006).

Nordase (1999) realizó un estudio en un arrecife de la Habana, con el fin de comprender el tipo de relación que se establece entre el tamaño de los erizos, su distribución y factores abióticos como la anfractuosidad del sustrato y las

precipitaciones. Nordase trabajó con cuatro estratos, cada uno sometido a diferentes factores y argumenta que la densidad, la estructura y la dinámica de las poblaciones de *E. lucunter* están determinadas por tres factores abióticos: el oleaje, las precipitaciones y la anfractuosidad del sustrato. Se encontró una estrecha relación, entre la abundancia de *E. lucunter* y las precipitaciones, puesto que se observó una mayor densidad de individuos durante el periodo de lluvia, esto puede deberse al aumento de materia orgánica a consecuencia de los escurrimientos terrígenos que elevan la disponibilidad de alimento (Hermelin *et al.*, 1981). También, el autor menciona que la talla de los erizos varía notablemente dependiendo de la profundidad y de la anfractuosidad del sustrato, pues en los casos que ésta disminuyó, la medida de la testa de los erizos era más pequeña, esto los hacía más abundantes porque tenían más posibilidad de colonizar hasta los espacios más pequeños

Monroy y Solano (2003), realizaron un estudio del estado poblacional y la fauna acompañante de *E. lucunter* en el litoral rocoso del Caribe colombiano, en el cual encontraron que en las zonas en donde había rocas metamórficas y sedimentarias, la especie era más abundante, ya que éstas son más fáciles de perforar y van creando oquedades que permiten la formación de microhábitats, favoreciendo así a otros invertebrados como gastrópodos, ofiuros, platelmintos, poliplacóforos, decápodos e incluso peces que encuentran refugio y protección en estas oquedades. La gran abundancia de macroalgas como *Dictyota* sp., *Chaetomorpha* sp., *Laurencia* sp. y *Sargassum* también estuvo relacionada con la gran abundancia de erizos, así como los sitios expuestos al oleaje y la poca presencia de depredadores. Por el contrario, en las zonas en donde la densidad de erizos disminuía hallaron diversos factores que podían estar afectando la sobrevivencia de éstos, entre ellas, la acción del oleaje, la exposición a la marea, la descarga de aguas continentales, el espacio, la oferta de alimento, la presencia de depredadores y la contaminación antropogénica.

La distribución de los erizos regulares así como su alimentación está íntimamente relacionada con el tipo de sustrato. Como lo mencionan Monroy y Solano (2003), el sustrato rocoso es el preferido de *E. lucunter*, pero no sólo es el sustrato rocoso, sino que también existe una preferencia por cierto tipo de roca y el tipo de macroalgas que ahí se generan. De la misma manera, Celaya-Hernández *et al.*, (2007) realizaron un estudio en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz para conocer el tipo de sustrato que prefieren las especies de erizos que encontraron, las cuales fueron siete en total: *Eucidaris tribuloides tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Centrostephanus longispinus rubicingulus*, *Echinometra lucunter lucunter*, *E. viridis*, *Lytechinus variegatus* y *Tripneustes ventricosus*, de los cuales se encontró que *E. tribuloides tribuloides* y *C. longispinus rubicingulus* están asociadas a los sustratos coralino-rocoso y rocoso. *Lytechinus variegatus* y *T. ventricosus* están más relacionadas con la presencia de praderas de pastos marinos y *D. antillarum*, *E. lucunter lucunter* y *E. viridis* están más relacionadas a sustratos coralino-rocosos, rocosos y arenosos.

En contraste con las escasas publicaciones sobre la dieta de *E. lucunter*, se tiene el estudio de Cabanillas (2009) sobre la ecología y el estatus trófico de *Diadema antillarum* en los fondos rocosos de las Islas Canarias en el que se analiza el papel trófico de *D. antillarum* bajo diferentes condiciones. Se encontró que en los diferentes blanquiales el constituyente principal de la dieta de *D. antillarum* fue el alga roja *Laurencia* sp. En los blanquiales desarrollados o maduros, los géneros *Colpomenia*, *Padina*, *Sargassum*, *Hypnea*, y *Jania* fueron los constituyentes más importantes de la dieta, de la misma manera pero en los blanquiales menos desarrollados, los géneros *Dictyota*, *Zonaria*, *Liagora*, *Lobophora*, y *Stypocaulon* fueron también importantes. Cabanillas (2009) también menciona que el diámetro del erizo disminuye a medida que se incrementa la profundidad y esto va de la mano con diversos estudios en los que se ha encontrado que entre mayor profundidad el alimento es un elemento que va escaseando.

El último trabajo registrado relacionado con la dieta de *Echinometra lucunter*, lo realizaron Reyes-Luján *et. al.*, (2015), en donde se colectaron mensualmente erizos y macroalgas entre junio de 2010 y agosto de 2011 en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. En la colecta de algas identificaron 45 organismos pertenecientes al phylum Rhodophyta, 15 al Chlorophyta y 11 al Heterokontophyta, predominando *Halimeda opuntia*, *Acanthophora spicifera*, *Sargassum vulgare*, *Centroceras clavulatum* y *Dictyota bartayresiana*. Respecto al contenido estomacal de *E. lucunter*, identificaron 31 especies de macroalgas, distribuidas en 16 organismos pertenecientes al phylum Rodophyta, 12 a Chlorophyta, tres a Heterokontophyta y dos especies de Cyanobacteria. Predominaron las algas filamentosas *Sphacelaria* sp., *Herposiphonia* sp. y la foliácea *Dictyota* sp. También se encontraron algunos invertebrados, predominando los poríferos, seguido de los crustáceos cirrípedos y por último los bivalvos.

En México no se han registrado estudios acerca del contenido estomacal de *E. lucunter*, y existen muy pocos estudios sobre el inventario de algas de la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición de la dieta de los erizos *Echinometra lucunter* en la zona intermareal de Montepío, Veracruz para evaluar su importancia ecológica como estructurador de la comunidad de algas.

OBJETIVOS PARTICULARES

- I. Determinar la dieta de *E. lucunter* a partir del análisis de los contenidos estomacales.
- II. Analizar la importancia de las algas en la dieta de *E. lucunter*.
- III. Realizar un inventario de algas en la zona intermareal rocosa.
- IV. Identificar la diversidad de algas que se incluyen en la dieta de *E. lucunter*.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio pertenece a la zona intermareal rocosa de Montepío, ubicado en el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz (18°28'31" N, 95°17'58" W). (Fig.7). Presenta un clima tropical y su régimen térmico es cálido regular, con temperatura media anual de 24.6°C con gran precipitación pluvial (Andrle, 1964; Soto, 1976). En la zona, la temperatura de la superficie marina promedio es de 24 a 25°C en invierno y de 28 a 28.5°C en verano, con una precipitación anual de más de 4 500 mm. Aun cuando llueve todo el año, hay una época de lluvias que va de junio a febrero; una época de secas de marzo a mayo y otra en que se generan frentes fríos conocidos como "nortes" de octubre a marzo (Hernández *et al.*, 2010). El régimen de mareas en esta región es mixto y diurno (Salas-De León y Monreal-Gómez, 1997; Wilkinson *et al.*, 2009), con una amplitud máxima de cerca de 30 cm.

Es una zona costera formada por la desembocadura de los ríos Col y Máquinas. En esta zona el aporte de materia orgánica se sedimenta sobre roca basáltica proveniente del volcán San Martín (Álvarez *et al.*, 1999), por lo tanto, la zona es rica en nutrientes, aunque el agua presente turbidez por la influencia de los ríos (Hernández y Álvarez, 2007). Los estudios geológicos describen los materiales más antiguos en la zona como arcillas, tobáceas y areniscas, de grano mediano a grueso, con altos porcentajes de material volcánico, provenientes del Oligoceno (Ríos-Macbeth, 1952). Esta área presenta un relieve rocoso provocado por la actividad volcánica de siete centros de erupción que rodean el área, los cuales favorecen la formación de microhábitats entre las formaciones rocosas.



Figura 7. Área de estudio Montepío, Veracruz, México.

MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de campo

Muestras

Se realizaron cuatro muestreos de erizos y de algas en la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz en los meses de mayo agosto y noviembre del 2013 y febrero del 2014.

En mayo de 2013 las colectas se realizaron a las 12 p.m., en agosto de 2013 y febrero de 2014 se cambió la hora de colecta a las 6 a.m., porque los erizos se alimentan de noche y así el contenido se encontraría menos procesado. En

noviembre de 2013 la colecta no se pudo realizar por condiciones ambientales no favorables.

Erizos

En cada muestreo se colectaron 30 erizos manualmente, con ayuda de guantes gruesos y espátulas. Se colocaron en cubetas para trasladarlos a los congeladores de la estación "Los Tuxtlas", UNAM. Posteriormente se trasladaron a la Colección Nacional de Crustáceos en la Cd. de México para realizar la disección.

Algas

Todas las algas se colectaron de la misma forma, se extrajeron manualmente de la misma zona de colecta que los erizos, con ayuda de espátulas se desenterraron desde el rizoide y se colocaron en cubetas con agua de mar para trasladarlas al laboratorio de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas". La única colecta que no se pudo realizar porque el clima no fue favorable fue la de noviembre 2013.

En la bitácora se registró el lugar y la hora de colecta, los colectores y el tipo de sustrato del que se tomó cada alga.

- MAYO 2013 (Colecta 1) - Las colectas se realizaron a la 1 p.m. Se colectaron algas al azar desde el rizoide y 30 erizos manualmente, éstos se colocaron en cubetas con agua de mar para trasladarlos a los congeladores de la estación de la UNAM "Los Tuxtlas".
- AGOSTO 2013 (Colecta 2) - Las colectas se realizaron a las 6 a.m. Se colectaron algas al azar y 30 erizos con el mismo método de la colecta 1.
- NOVIEMBRE 2013 (Colecta 3) - El clima no permitió realizar las colectas.

- FEBRERO 2014 (Colecta 4) - Las colectas se realizaron a las 6 a.m. Se colectaron algas al azar y 30 erizos con el mismo método de la colecta 1.

Trabajo de gabinete

Erizos.

La disección de los organismos se realizó de forma horizontal alrededor de todo el erizo con ayuda de las tijeras de disección. Se extrajo el contenido estomacal y se colocó en viales con alcohol al 70% los cuales fueron etiquetados con números en el orden en el que se disecaban.

La revisión de los contenidos estomacales se realizó sobre una caja de Petri, con ayuda de un microscopio estereoscópico. El contenido útil se separó en viales y para su análisis se colocó cada muestra sobre un portaobjetos, cubierto por una gota de agua de mar, seguido de un cubreobjetos el cual se colocó en el microscopio óptico.

Algas

Para la preservación de las algas, se utilizaron dos métodos diferentes, la herborización y la fijación. La primera consistió en colocar cada alga sobre una charola con una delgada capa de agua marina para facilitar la limpieza con ayuda de un pincel, éste método requiere que el alga se encuentre totalmente limpia y extendida. Posteriormente se colocó sobre una cartulina ya etiquetada con la fecha, los colectores y el lugar de colecta y sobre ésta se colocó un lienzo, seguido de papel secante y por último una hoja de papel periódico. La segunda, consistió en limpiar cada alga con ayuda de un pincel y de agua marina para retirar el exceso de arena y se colocaron en frascos con formol al 4% perfectamente etiquetados con la fecha, el lugar de colecta y los colectores.

El formol al 4% se preparó de la siguiente manera, se utilizaron 960 ml de agua marina y 40 ml de formol, adicionada una pizca de borato de sodio. Éste último sirvió para disminuir la acidez de la solución y con ello evitar que los tejidos se dañaran.

La identificación de las algas provenientes de los contenidos estomacales y de las poblaciones naturales se realizó con ayuda del libro “Caribbean reef plants” (Littler y Littler, 2000). En algunos ejemplares se realizaron cortes histológicos por medio del micrótopo de congelación, esto se logró colocando una gota de agua marina sobre el ejemplar para su congelación, seguido del corte a 20 μm , los cortes se colocaron en un portaobjetos, se tiñeron con anilina azul al 1% y se montaron con una gota de miel Karo-fenol (70/3 %), para posteriormente observarlo al microscopio (Tsuda y Abbot, 1985). Las fotografías del material estudiado fueron realizadas con un microscopio óptico compuesto Zeiss, equipado con cámara digital Canon PowerShot G6. Las fotografías fueron digitalizadas con el programas Axio Vision 4.8.2.

La identificación de los erizos se basó en Hendler *et al.*, (1995).

La nomenclatura y actualización de las algas se basó en Guiry y Guiry (2017). La lista de algas fueron ordenadas en el sistema filogenético de Kamiya *et al.* (2017), Leliaert *et al.* (2015) y Reviere *et al.* (2015).

RESULTADOS

Echinometra lucunter (Linnaeus, 1758), es un erizo de mar, perteneciente a la Clase Echinoidea, Orden Echinoidea y de la Familia Echinometridae. Se distribuye por todo el Caribe y Atlántico este hasta el sur de Brasil (Lewis y Storey, 1984).

Este erizo alcanza un diámetro de 150 mm, posee una testa alargada y ovalada rodeada de espinas cortas y largas anchas en la base y más delgadas en la punta. El color de la testa y las espinas suele ser de colores oscuros (verde oliva, violeta verdoso, verde oliva oscuro) aunque se pueden encontrar individuos de color marrón rojizo (Hendler *et al.*, 1995).

Se colectaron e identificaron 26 muestras en la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz pertenecientes a 3 divisiones, 3 clases, 11 órdenes, 13 familias, 19 géneros y 22 especies (Tabla 1).

TABLA 1. Lista de macroalgas de Montepío, Veracruz, asociadas a *Echinometra lucunter*

Taxa / Estación	Secas	Lluvias	Nortes	Nuevo registro	Referencia
<i>Colecta y fecha</i>	Col. 1 (mayo 2013)	Col. 2 (agosto 2013)	Col. 4 (febrero 2014)		
División Rhodophyta					
Clase Florideophyceae					
Orden Nemaliales					
Familia Liagoraceae					
<i>Titanophycus</i> Huisman, G.W. Saunders & A.R. Sherwood					
<i>Titanophycus validus</i> (Harvey) Huisman, G.W. Saunders & A.R. Sherwood	X				Ortega <i>et al.</i> (2001)
Orden Corallinales					
Familia Corallinaceae					
<i>Amphiroa</i> J.V. Lamouroux					
<i>Amphiroa beauvoisii</i> J.V. Lamouroux		X		X	
<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux		X			Ortega <i>et al.</i> (2001)
<i>Jania</i> J.V. Lamouroux					
<i>Jania subulata</i> (Ellis & Solander) Sonder	X		X		Ortega <i>et al.</i> (2001)
Orden Ceramiales					
Familia Rhodomelaceae					
<i>Chondria</i> C. Agardh					
<i>Chondria</i> cf. <i>cnicophylla</i> (Melvill) De Toni	X		X	X	
Digenea C. Agardh					
<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C. Agardh		X			Ortega <i>et al.</i> (2001)
<i>Laurencia</i> J.V. Lamouroux					
<i>Laurencia</i> cf. <i>obtusata</i> (Hudson) J.V. Lamouroux	X	X	X		Ortega <i>et al.</i> (2001)
<i>Palisada</i> K.W. Nam					
<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W. Nam	X				Ortega <i>et al.</i> (2001)
Orden Gigartinales					
Familia Cystocloniaceae					
<i>Hypnea</i> J.V. Lamouroux					
<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützing	X				Ortega <i>et al.</i> (2001)
Orden Rhodymeniales					
Familia Lomentariaceae					
<i>Ceratodictyon</i> Zanardini					
<i>Ceratodictyon planicaule</i> (W.R. Taylor) M.J. Wynne		X	X	X	

<i>Ceratodictyon variable</i> (J. Agardh) R.E. Norris			X	X	
Familia Rhodymeniaceae					
<i>Rhodymenia</i> Greville					
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i> (J.V. Lamouroux) P.C. Silva	X			X	
División Ochrophyta					
Clase Phaeophyceae					
Orden Dictyotales					
Familia Dictyotaceae					
<i>Dictyota</i> J.V. Lamouroux					
<i>Dictyota friabilis</i> Setchell	X	X	X	X	
<i>Padina</i> Adanson					
<i>Padina gymnospora</i> (Kützinger) Sonder	X		X	X	
Orden Ectocarpales					
Familia Scytosiphonaceae					
<i>Colpomenia</i> (Endlicher) Derbès & Solier					
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbès & Solier	X				Ortega et al. (2001)
Orden Fucales					
Familia Sargassaceae					
<i>Sargassum</i> C. Agardh					
<i>Sargassum natans</i> (Linnaeus) Gaillon			X	X	
División Chlorophyta					
Clase Ulvophyceae					
Orden Bryopsidales					
Familia Caulerpaceae					
<i>Caulerpa</i> J.V. Lamouroux					
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh			X	X	
Orden Cladophorales					
Familia Anadyomenaceae					
Anadyomene J.V. Lamouroux					
<i>Anadyomene stellata</i> (Wulfen) C. Agardh	X	X	X		Ortega et al. (2001)
Familia Cladophoraceae					
<i>Cladophora</i> Kützinger					
<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kützinger		X		X	
<i>Chaetomorpha</i> Kützinger					
<i>Chaetomorpha antennina</i> (Bory de Saint-) Kützinger	X		X		Ortega et al. (2001)
Orden Ulvales					
Familia Ulvaceae					
<i>Ulva</i> Linnaeus					
<i>Ulva flexuosa</i> Wulfen			X		Ortega et

					al. (2001)
<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus			X	X	

De las algas colectadas de las poblaciones naturales, *Anadyomene stellata*, *Laurencia* cf. *obtusa* y *Dictyota friabilis* fueron las únicas especies que estuvieron presentes en las tres colectas. *Chaetomorpha anteninna*, *Padina gymnospora*, *Jania subulata* y *Chondria cnicophylla* estuvieron presentes en dos colectas, mayo 2013 y febrero 2014, al igual que *Ceratodictyon planicaule* estuvo presente en agosto 2013 y febrero 2014. A diferencia de éstas, el resto de las algas varió en cada muestreo.

En la primera colecta (secas, mayo 2013), se identificaron 14 algas en total: *Padina gymnospora*, *Palisada perforata*, *Caulerpa racemosa*, *Colpomenia sinuosa*, *Chaetomorpha antennina*, *Amphiroa beauvosii*, *Rhodymenia pseudopalmata*, *Jania subulata*, *Titanophycus validus*, *Anadyomene stellata*, *Laurencia* cf. *obtusa*, *Chondria cnicophylla*, *Hypnea spinella* y *Dictyota friabilis*.

En la segunda colecta (lluvias, agosto 2013), se encontraron siete especies de algas: *Digenea simplex*, *Cladophora laetevirens*, *Amphiroa fragilissima*, *Dictyota friabilis*, *Ceratodictyon planicaule*, *Anadyomene stellata*, y *Laurencia* cf. *obtusa*.

En la cuarta colecta (nortes, febrero 2014), se identificaron 14 especies de algas: *Ulva flexuosa*, *Ulva intestinalis*, *Laurencia* cf. *obtusa*, *Anadyomene stellata*, *Ceratodictyon variable*, *Sargasum natans*, *Chondria* cf. *cnicophylla*, *Dictyota friabilis*, *Jania subulata*, *Ceratodictyon planicaule*, *Chaetomorpha antennina*, *Padina gymnospora*, *Caulerpa racemosa* y *Amphiroa beauvoisii*.

De acuerdo a Ortega *et al.* (2001) se encontraron 11 nuevos registros de algas para la localidad de Montepío, los cuales son *Amphiroa beauvoisii*, *Chondria* cf. *cnicophylla*, *Ceratodictyon planicaule*, *Ceratodictyon variable*, *Rhodymenia pseudopalmata*, *Dictyota friabilis*, *Padina gymnospora*, *Sargassum natans*, *Caulerpa racemosa*, *Cladophora laetevirens* y *Ulva intestinalis*.

Se examinaron 60 erizos en total, de los cuales 58 (96.6 %) tuvieron contenido de interés y dos (3.3%) no presentaron material que pudiera ser identificado. Dentro del contenido de interés encontramos principalmente tres divisiones de algas (Rhodophyta, Chlorophyta y Ochrophyta) con 3 clases, 8 órdenes, 11 familias, 12 géneros y 12 especies, así como organismos de otros phyla, entre ellos, crustáceos, moluscos, anélidos, poríferos, briozoarios, cnidarios, angiospermas y briofitas (tabla 2).

Tabla 2. Grupos representativos en los 60 erizos de acuerdo a su frecuencia de aparición.

Taxón	Número de individuos en los que se presentó
Rhodophyta	32
Ochrophyta	18
Clorophyta	4
Porifera	4
Bryophyta	1
Hepaticophyta	1
Angiosperma	1
Mollusca	2
Crustacea	1
Annelida	1
Bryozoa	1
Cnidaria	1

En la segunda colecta de erizos realizada en agosto del 2013, se encontraron 12 diferentes tipos de algas dentro del contenido estomacal de éstos, siendo el género *Dictyota* el más abundante, presente en 24 organismos, seguido del género *Hypnea* presente en siete organismos, *Anadyomene* en cinco, *Padina* sp. en dos y por último *Pneophyllum*, *Centroceras*, *Sphacelaria*, *Laurencia* y *Cladophora* encontrándose únicamente en un organismo (Fig. 8) (Tabla 3).

En la cuarta colecta, realizada en febrero del 2014, se encontraron siete algas diferentes dentro de los estómagos de los erizos. *Pterocliadiella capillacea* fue la

más abundante encontrándose en 20 erizos de los 30 colectados, seguida del género *Dictyota* sp. con 11 organismos, *Centroceras clavulatum* que se encontró en siete erizos igual que *Anadyomene* y las que se encontraron en un solo organismo fueron *Cladophora laetevirens*, *Gelidiella acerosa*, *Laurencia* cf. *obtusa*, y *Ceramium* sp. A diferencia de la segunda colecta, en ésta se observa una mayor diversidad de organismos, pues se encontraron restos de plantas y animales, entre ellos, restos de esponjas en cuatro erizos una bryophyta sin identificar en un erizo (Anexo 2. Fig. A), una hepática en un erizo (*Lophocolea* sp.) (Anexo 2. Fig. E), un pasto marino en tres erizos diferentes (*Thalassia testudinum*), dos gasterópodos en dos erizos (*Mitrella ocellata*), un anfípodo, un poliqueto, briozoarios y cnidarios (Anexo 2. Fig. D) (Fig. 9) (Tabla 3).

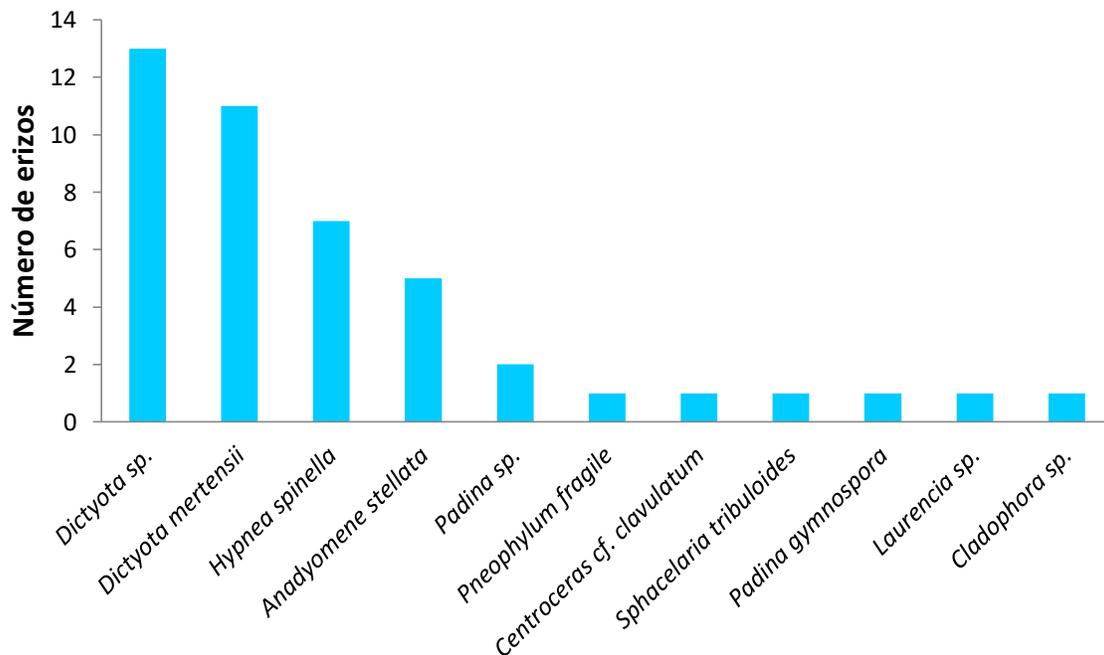


Figura 8. Especies de algas encontradas en el contenido estomacal de los erizos en la colecta 2 (agosto 2013).

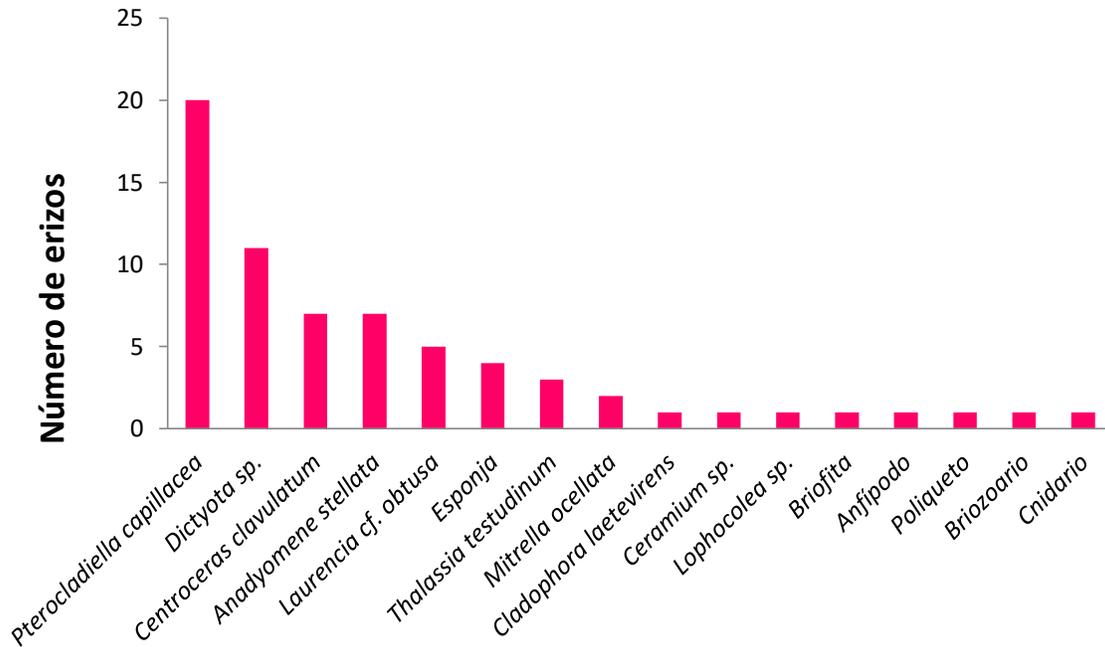


Figura. 9 Presencia de organismos encontrados dentro de los erizos en la colecta 4 (febrero 2014).

Tabla 3. Taxonomía de los organismos presentes en el contenido estomacal de *Echinometra lucunter* obtenido en las colectas 2 y 4.

División Rhodophyta
 Clase Florideophyceae
 Orden Corallinales
 Familia Corallinaceae

Pneophyllum Kützing
Pneophyllum fragile Kützing

Orden Ceramiales
 Familia Callithamniaceae

Centroceras Kützing
Centroceras cf. *clavulatum* (C. Agardh) Montagne

Ceramium Roth

Ceramium sp.

Familia Rhodomelaceae

Laurencia J.V. Lamouroux

Laurencia cf. obtusa (Hudson) J.V. Lamouroux

Orden Gelidiales

Familia Pterocladiaceae

Pterocladella B. Santelices & Hommersand

Pterocladella capillacea (S.G. Gmelin) Santelices y Hommersand

Orden Gigartinales

Familia Cystocloniaceae

Hypnea J.V. Lamouroux

Hypnea spinella (C. Agardh) Kützing

División Ochrophyta

Clase Phaeophyceae

Orden Dictyotales

Familia Dictyotaceae

Dictyota J.V. Lamouroux

Dictyota mertensii (C. Martius) Kützing

Dictyota sp.

Padina Adanson

Padina gymnospora (Kützing) Sonder

Orden Sphacelariales

Familia Sphacelariaceae

Sphacelaria Lyngbye

Sphacelaria tribuloides Meneghini

División Chlorophyta

Clase Ulvophyceae

Orden Cladophorales

Familia Anadyomenaceae

Anadyomene J.V. Lamouroux

Anadyomene stellata (Wulfen) C. Agardh

Familia Cladophoraceae

Cladophora Kützing

Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kützing

Cladophora sp.

Descripción de las algas consumidas por *E. lucunter*

Anadyomene stellata (Wulfen) C. Agardh (Lámina 1. Fig. A).

Forma biológica: laminar. Talo erecto en grupos densos de 10 cm de alto, color verdoso brillante. Láminas rizadas con una célula de espesor, márgenes lobulados u ondulados, células marginales pequeñas y ovaladas. Las venas visibles, en forma de parasol que se irradian desde la base, células entre las venas paralelas.

Nota: Alga común en la zona intermareal somera sobre rocas. La identificación se basó principalmente en la presencia de células paralelas entre las venas. Si se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos. Existe un reporte previo de Montepío (Ortega *et al.* 2001).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

Centroceras clavulatum (Kützing) Montagne (Lámina 1. Fig. B y C).

Forma biológica: filamentoso. Talo en mechones sueltos ondulados, 20 cm de largo de color marrón con ramificación dicotómica, ápices bifurcados ligeramente

curvados en forma de pinza. Ramas de 50 a 150 μm de diámetro. Segmentos de 300 a 500 μm de largo; una capa de células corticales rectangulares alineadas longitudinalmente que forman un nodo con espinas. Material estéril.

Nota: Muy común en la zona intermareal formando almohadillas fijas a las rocas. La identificación se basó principalmente en la presencia de un nodo cortical con espinas. No se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos, pero si hay un reporte de Montepío (Ortega *et al.* 2001).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kützing (Lámina 1. Fig. D y F).

Forma biológica: filamentosa. Talo esponjoso, laxo y un poco rígido, verde pálido. Ramificación pseudodicotómica con ápices casi en punta, con rama final un poco curvada. Filamento principal menor 100 μm .

Nota: Alga común en la zona intermareal somera sobre rocas o guijarros. La identificación se basó principalmente en diámetro del eje principal menor a 100 μm y el ápice un poco afilado y un poco curvo. Si se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos. Se trata de un nuevo registro para Montepío.

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

***Ceramium* sp.** Roth (Lámina 1. Fig. E).

Forma biológica: filamentoso. Talo postrado en pequeños mechones densos, hasta 1,5 cm de altura de rosa claro a rosa-rojo, ramificación de cervicornio (desigualmente dicotómico). Ápices incurvados, como pinzas. Segmentos de 42 a 50 μm de diámetro, claro a ligeramente pigmentado, extremadamente corto por encima, más largo hacia abajo, con bandas o cúmulos de pequeñas células.

Nota: Muy común en la zona intermareal formando céspedes sobre roca o epífito de otras algas. La identificación se basó principalmente en su forma filamentosa la presencia de nodos e internodos sin espinas. No se encontró en la colecta de

algas aledañas a los erizos, pero el género si se reporta en Montepío (Ortega *et al.* 2001).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

Dictyota mertensii (C. Martius) Kützing (Lámina 1. Fig. G y H).

Forma biológica: laminar. Talo erecto, largo, grueso de hasta 20 cm de altura en poblaciones naturales, de color marrón con brillo azul verdoso iridiscente (en poblaciones silvestres), ramificación lateral alterna con numerosas ramitas retorcidas (1-2 mm de largo), eje principal distinto. Hojas de 3 mm de ancho, de 80 a 120 μ m de grueso, células medulares en una capa, ápices redondeados en términos generales. Oogonios dentro de un inducio.

Nota: Alga muy común en la zona intermareal somera sobre roca o epifita de otras algas. La identificación se basó principalmente en la presencia de una capa de célula medulares, una capa cortical y la forma y tamaño de las células superficiales. No se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos, pero hay un reporte previo de Montepío (Ortega *et al.* 2001).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

Hypnea spinella (C. Agardh) Kützing (Lámina 1. Fig. I).

Forma biológica: filamentosa. Talo tieso, erguido con ramas enredadas, hasta 3 cm de alto, de color rojo marrón; ramificación en todas las direcciones. Ramas 0.4–1.0 mm de diámetro, cilíndrico. Ramillas con espinas y ramillas dicotómicas con un brazo más pequeño. Ápices no curvos.

Nota: Alga muy común en la zona intermareal somera sobre roca o epifita de otras algas. La identificación se basó principalmente en la presencia de espinas en las ramillas y la presencia de célula axial rodeada de 6 células pericentrales. Si se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos y hay un reporte previo de Montepío (Ortega *et al.* 2001).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

Laurencia obtusa (Hudson) J.V. Lamouroux (Anexo 1. Fig. J).

Forma biológica: carnosas ramificadas. Talo compacto, de 8 a 15 cm de largo (en poblaciones naturales). Ramas cilíndricas de manera proximal, de 0.7-1.8 mm de diámetro. Ramulitas generalmente en espiral u opuestas con depresión apical, de 5 a 8 mm de ancho y 1 a 2 mm de largo; células superficiales de 24 a 30 μm de diámetro, un tanto esféricas, muy pigmentadas, con distintivos cuerpos en cereza, únicamente presentes en material vivo, células medulares grandes, incoloras con una célula axial y 4 células pericentrales.

Nota: Muy común en la zona intermareal somera sobre roca. La identificación se basó principalmente en su forma carnosas, la presencia de ramulitas con depresiones apicales, opuestas, las células superficiales menores a 40 μm . Si se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos, hay un reporte previo de Montepío (Ortega *et al.* 2001).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

Pterocliadiella capillacea (S. G. Gimelin) Santilices y Homersand (Lámina 1. Fig. K).

Forma biológica: filamentosas. Talo erecto, delgado, duro, en densos mechones, 3-10 (-20) cm de largo, rojo marrón oscuro; crecimiento de una sola célula apical. Ramillas opuestas pinadas o irregulares. Células medulares de 25 μm con rizinas, células superficiales redondeadas hasta 12 μm de diámetro.

Nota: Poco común en la zona intermareal somera sobre roca. La identificación se basó principalmente en la presencia de rizinas en la médula. No fue posible observar la célula apical ya que las puntas estaban mordisqueadas. No se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos, pero hay un reporte previo de Montepío (Ortega *et al.* 2001).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

Padina gymnospora (Kützinger) Sonder (Lámina 1. Fig. L).

Forma biológica: laminar. Talo en racimos en forma de abanico, 22 cm de alto, 37 cm de ancho, ligeramente calcificada, 50-60 μm de grosor en la zona distal, cerca del margen, con 2-3 células de espesor; 150-250 μm de grosor cerca de la base, con cuatro capas de células; márgenes distales enrollados en poblaciones naturales.

Nota: Alga muy común en la zona intermareal somera sobre roca. La identificación se basó principalmente en la presencia de 4 capas de células y la forma y tamaño de las células superficiales. Si se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos. Existe un reporte previo de Montepío (Sánchez Rodríguez, 1980).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

Pneophyllum fragile Kützing (Lámina 1. Fig. M)

Forma biológica: costrosa. Talo postrado, calcificado ligeramente, de contorno circular; células cuadradas a rectangulares 5-9 μm ancho y 10-14 μm de largo, acomodadas de forma radial que se originan de 8 células pareadas. Tricocitos ausentes de material estéril.

Nota: Esta especie es común encontrarla como epífita de otras algas, así que es muy probable que el erizo la ingirió junto con otras algas. La identificación se basó al encontrar el paquete de 8 células pareadas. No se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos. Se trata de un nuevo registro para Montepío.

Distribución: Golfo de México y Caribe.

Sphacelaria tribuloides Meneghini (Lámina 1. Fig. N).

Forma biológica: filamentosa. Talo en mechones filamentosos o dispersos en comunidades mixtas; 4-5 mm de alto, de color marrón oscuro; ramificación irregular escasa. Sostén de rizoides entrelazados. Propágulos con pedúnculo triangular redondeado sin prolongaciones en los ápices, ovalado en vista lateral, 140- 165 μm de ancho y 200 μm de largo.

Nota: Alga común en la zona intermareal somera como epífita de otras algas y pastos marinos. La identificación se basó principalmente en la presencia de propágulos triangulares sin proyecciones en los ápices. No se encontró en la colecta de algas aledañas a los erizos. Existe un reporte previo de Montepío (Ortega *et al.* 2001).

Distribución: Golfo de México y Mar Caribe.

DISCUSIÓN

Este trabajo consideró cuatro colectas, mayo y agosto de 2013 y noviembre y febrero de 2014. En la primera colecta realizada en mayo de 2013, la colecta de algas asociadas a los erizos tuvo buenos resultados (3 divisiones con 12 especies) a diferencia de lo esperado en los contenidos estomacales, ya que la materia orgánica extraída era puro sedimento verde imposible de identificar. Esto ocurrió en todos los erizos de esa colecta, por esta razón se tomó la decisión de cambiar la hora de captura de los erizos en la siguiente colecta (agosto, 2013). La colecta se había realizado entre 12 y 1 p.m. y se cambió a las 6 a.m., con el fin de encontrar la materia ingerida casi intacta dentro del intestino para así poder identificarla, aunque esto contrasta con Calva (2012), quien reporta que el alimento se encuentra envuelto por una cubierta de moco que producen la faringe y el esófago, lo que hace que el alimento permanezca intacto desde la faringe hasta el ano. Al parecer las bacterias son las responsables de esta envoltura mucilaginosa que envuelve el alimento (Lasker y Giese, 1954).

En ambas colectas (colectas 2 y 4) las algas rojas fueron las más abundantes dentro del contenido estomacal de los erizos (7 spp.), esto coincide con lo encontrado por Reyes *et al.* (2015), quienes identifican a las algas rojas como el alimento principal de *Echinometra lucunter*. Es importante mencionar que una gran variedad de estas algas producen ciertas sustancias que a los erizos podrían

atraerles, como el agar y los carragenanos, ambos importantes por su actividad espesante y gelificante, utilizados en la industria alimentaria (Pereira, 2015). Los géneros *Gelidium*, *Pterocliadiella*, *Gelidiella* y *Gracilaria* son las más importantes agarofitas en esta industria (Pereira, 2011; Pereira *et al.*, 2013) e *Hypnea* como carragenofita (Vazquez Delfín *et al.*, 2014) de los cuales, *P. capillacea* e *Hypnea spinella* se encontraron en el contenido estomacal de los erizos. Por el contrario, también algunas algas podrían contener sustancias de defensa contra herbívoros y por esta razón no las consuman. Por ejemplo, *Ulva*, *Caulerpa* y *Cladophora*, producen sustancias de defensa que no son palatables y a las que posiblemente es sensible *E. lucunter* (Erickson *et al.*, 2006). No obstante, Stevenson y Ufret (1966), identifican dentro del contenido estomacal de *Echinometra lucunter* a *Thalassia*, *Dictyota*, *Amphiroa* y *Cladophora*, plantas que también se encontraron en este trabajo, siendo *Dictyota* de las algas laminares favoritas de esta especie (presente en 24 y 11 erizos de las colectas 2 y 4 respectivamente) que además se sabe que posee actividad antibiótica, propiedades anticoagulantes y aglutinantes, así como actividad ictiotóxica de algunas especies de peces (De Lara-Isassi, 1994). Esto podría beneficiarle de algún modo a los erizos, pues no es la única especie que ingiere en grandes cantidades a *Dictyota*, tal es el caso del erizo *Diadema antillarum*, quien tiene a *Dictyota* como fuente principal de alimento, así como a *Laurencia*, *Colpomenia*, *Padina*, *Sargassum*, *Hypnea* y *Jania* (Cabanillas, 2009).

Por otro lado, *Pterocliadiella capillacea* y *Centroceras clavulatum* también poseen actividad aglutinante en tipos sanguíneos humanos y de conejo, así como actividad ictiotóxica (De-Lara-Isassi y Álvarez-Hernandez, 1998). *P. capillacea* posee también actividad antibiótica frente a *Staphylococcus aureus* (De Lara-Isassi *et al.*, 1999). Reyes-Luján (2015) también reporta a *Centroceras clavulatum* como parte de la dieta de *E. lucunter*.

Sargassum natans resultó ser una especie abundante en la última colecta manual (febrero 2014) pero no se encontró dentro del contenido estomacal de los

erizos. Se realizó una amplia revisión bibliográfica y resultó que a pesar de que este género ocupa una gran variedad de hábitats en la zona intermareal y submareal, sobre sustrato rocoso, fangoso o flotando libremente (Suárez, 2008), no se tiene reportado que sea consumido por *E. lucunter*. Esto puede deberse a la consistencia coriácea del talo que es difícil de raspar. Se observa que las formas biológicas preferidas de los erizos son las laminares (*Dictyota*) y las filamentosas (*Centroceras*); sin embargo, para *Diadema antillarum* si hay registro del consumo de *Sargassum* (Cabanillas, 2009). Ecológicamente se ha reconocido que el sargazo es de vital importancia ya que son un medio utilizado como refugio, alimentación y transporte de organismos, así como un medio por el cual se aumenta la riqueza específica tanto de la zona costera, como de los sistemas coralinos de la región al transportar especies de otras zonas, en especial del sargazo pelágico (Dooley, 1972; Hoffmayer *et al.*, 2005; Rooker *et al.*, 2006).

Anadyomene stellata es una de las especies que se encontró en todas las colectas de poblaciones naturales, así como en los contenidos estomacales. Se confirma que el erizo en estudio prefiere consumir algas laminares. Además, se tiene reportado que esta especie tiene actividad anticoagulante sobre sangre humana y también es ocupado como alimento en algunos países. De igual forma, otra de las algas preferidas de estos erizos, son las filamentosas como *Hypnea spinella*, que además tiene actividad ictiotóxica y actividad aglutinante en sangre humana. (De Lara-Isassi *et al.*, 2004). Crece fácilmente sobre las rocas.

Como se observa en la cuarta colecta (febrero 2014), se encontraron dentro de los contenidos estomacales, una hepática "*Lophocolea sp*" y un musgo que no se logró identificar, cabe resaltar que es muy parecido al género *Fontinalis*, pero éste no está reportado para México, y es de regiones templadas y frías (Delgadillo com. pers.). No es común encontrar briofitas en ambientes marinos, pero sí crecen en lugares húmedos, por lo tanto, esto puede deberse a que en temporada de lluvias hay escurrimientos terrígenos que provienen de la parte alta húmeda de Montepío en donde se encuentra un parche de selva que va aportando materia

orgánica a la zona intermareal, la cual se va depositando en la arena o entre las rocas, quedando así al alcance de los erizos que horadan la roca para alimentarse, es decir, podría ser un consumo accidental. También se encontraron tres cnidarios, uno de ellos es un cnidario filamentosos y los otros dos son pólipos, dos gasterópodos de la especie *Mitrella ocellata*, un anfípodo y un briozoario que no se lograron identificar.

McClanahan y Muthiga (2007), mencionan que la dieta de *E. lucunter* se caracteriza por tener hábitos alimenticios herbívoros generalistas basados en macrófitas, especialmente macroalgas y ocasionalmente consumen invertebrados como esponjas, moluscos y corales. Carpenter, (1981) señaló que aunque el alimento preferencial de los erizos son las algas bentónicas, cuando estos recursos no estaban disponibles, consumían otro tipo de materia. Lo que coincide con este trabajo, ya que el consumo de macrófitas fue mayor sobre el consumo de invertebrados, en la colecta 2 (agosto, 2013) sólo existe consumo de algas, pero hay una mayor variedad de algas a comparación de la colecta 4 (febrero, 2014) en la que se halló una menor variedad de algas dentro del contenido estomacal pero éste iba acompañado de restos de invertebrados. Lo que sugiere que posiblemente la presencia de algas era menor en ésta época y por esa razón consumieron otro tipo de materia. También es muy probable que en la época de nortes (febrero 2014) no se presentaran las algas que prefiere el erizo como son las laminares y filamentosas y abundara el género *Sargassum* que es una alga coriácea difícil de consumir.

Jangoux y Lawrence (1982), apuntan de la misma manera que el tipo de alimentación de los erizos depende de diversos factores como la talla, la tasa reproductiva, el tipo de comida disponible, la densidad poblacional y la temperatura. Es decir, depende de las características del hábitat en el que se encuentren.

Existieron ciertas dificultades para la identificación del contenido estomacal, lo cual se menciona en las notas junto a la descripción de las especies. Sin embargo, destaca *Laurencia* cf. *obtusa*, que presenta los llamados “cuerpos en cereza”, estructuras que sólo se logran observar con el organismo en vivo, por lo tanto fue imposible encontrarlos en la muestra colectada. Aunque cumple las características de *L. obtusa*, se tendrían que observar estas estructuras para afirmar que se trata de la especie. Otro caso que se presentó fue el de especies agrupadas en los géneros *Dictyota* y *Padina*, algas que se confunden entre sí debido al tipo de córtex que presentan. Para resolver esto, se tomaron fotografías de ambas algas y se sacaron medidas del largo y ancho de cada célula del tejido con ayuda del programa AxioVision®, con lo que se determinó cada género. La identificación hasta especie de algunas algas de ambas colectas se complicó debido a su tamaño y al daño que presentaban por la trituración que realizan los erizos al momento de alimentarse; y es que el acomodo de las células en algunas algas resulta esencial para su identificación.

También el uso de alcohol al 70% que decoloró, para preservar las muestras obtenidas de los contenidos estomacales complicó la situación al decolorar algunas muestras de *Pterocladia capillacea* tornándolas verde intenso. A excepción del color, las muestras cumplían todas las características de esta alga. En otros géneros, se realizó una prueba de exposición a yodo (lugol), que tiñe el almidón, característico de las algas verdes, con un color negro-azulado. Al observar el cambio de color en cada muestra, se confirmaba que se trataba de un alga verde.

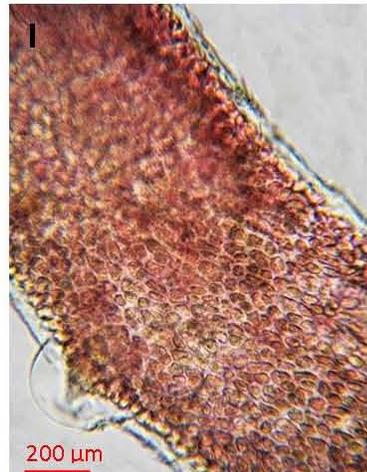
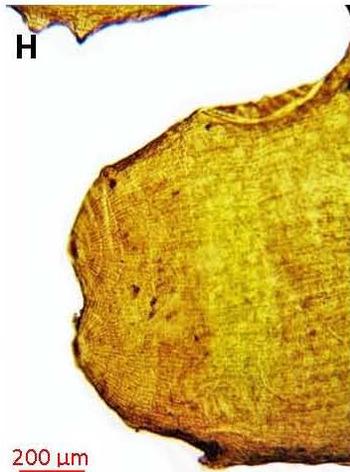
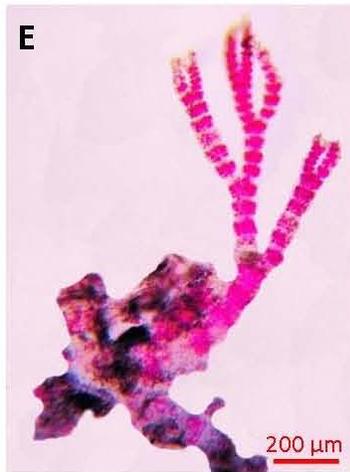
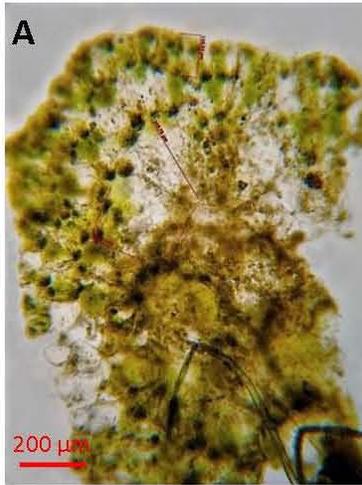
La abundancia erizos fue notable durante el periodo de lluvias, esto coincide con lo que reportan Álvarez y Angulo (1995) y Nodarse (2001) quienes también obtuvieron una mayor abundancia de *E. lucunter* en época de lluvias. Es posible que el aumento en el material orgánico en las aguas a consecuencia del aumento en las precipitaciones y los escurrimientos terrígenos, eleve la disponibilidad de alimento y así el número de individuos (Harmelin *et al.*, 1981).

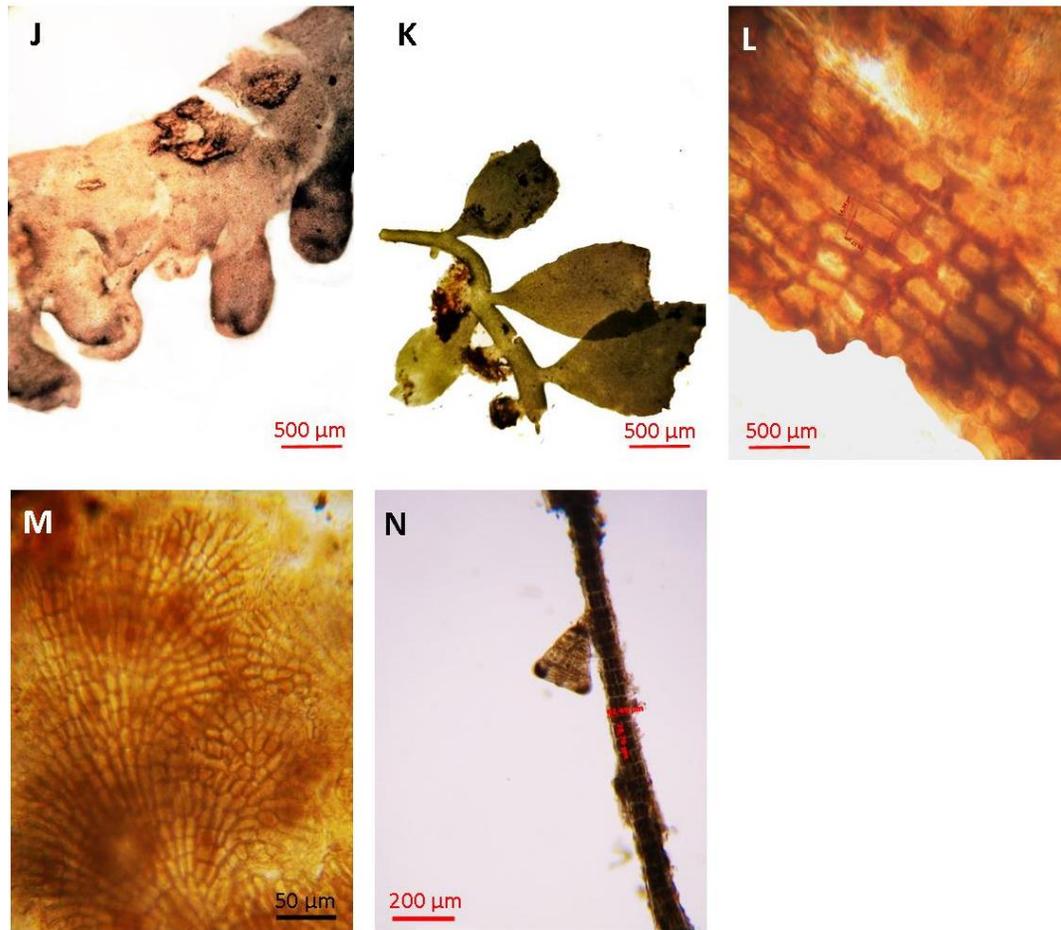
Se tiene que realizar un trabajo más detallado para conocer bien la dieta de *E. lucunter* y ver si la época del año está relacionada con su alimentación y así poder describir si ésta es una amenaza para otras especies, ya que devasta grandes comunidades de algas que son fuente de alimento de otros invertebrados y del mismo modo, conocer la diversidad de algas presente en cada época del año.

CONCLUSIONES

- ♣ En términos generales, el género *Dictyota* resultó ser un componente importante de la dieta de *Echinometra lucunter* en Montepío, así como *Pterocliadiella capillacea* y *Centroceras clavulatum*.
- ♣ Es posible que esta especie de erizo tenga una preferencia por las algas de tipo laminares y filamentosas.
- ♣ Las algas rojas fueron las más abundantes, tanto en las colectas manuales, como en los contenidos estomacales del erizo *E. lucunter*.
- ♣ Este trabajo reporta 11 nuevos registros de algas de la zona intermareal rocosa para Montepío, Veracruz.
- ♣ De las 22 especies encontradas en la playa rocosa de Montepío, sólo seis se encontraron dentro de los contenidos estomacales.

Lámina 1

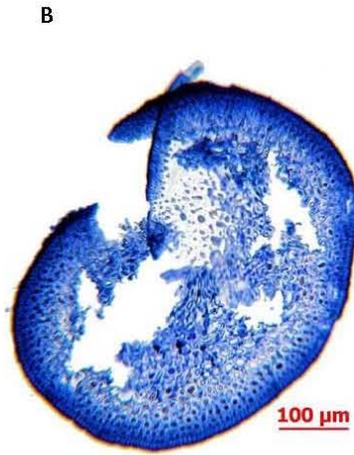




Algas presentes en el contenido estomacal.

- A) *Anadyomene stellata*. B y C) *Centroceras clavulatum*. D) *Cladophora laetevirens*. E) *Ceramium*. F) *Cladophora*. G) *Dictyota mertensii*. H) *Dictyota*. I) *Hypnea spinella*. J) *Laurencia cf. obtusa*. K) *Pterocladia capillacea*. L) *Padina gymnospora*. M) *Pneophyllum fragile* N) *Sphacelaria tribuloides*.

Lámina 2



I



Contenido estomacal.

- A) Bryophyta. B) Corte transversal de *Pterocladia capillacea*. C) Corte longitudinal de *P. capillacea*.
D) Cnidario filamentoso. E) *Lophocolea* sp. F) *Mitrella ocellata*. G) corte longitudinal de *Padina gymnospora*. H) corte transversal de *Anadyomene stellata*. I) Anfípodo.

Lámina 3



J



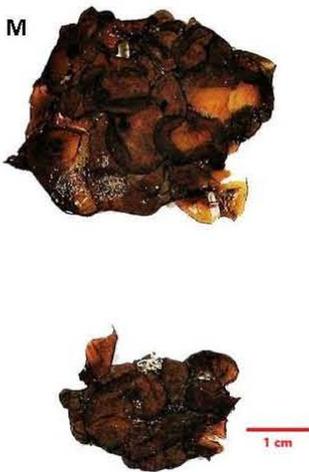
K



L



M

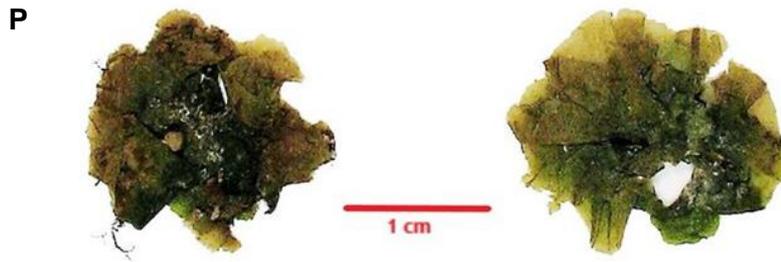


N



O





Algas silvestres

- A) *Titanophycus validus*. B) *Amphiroa beauvoisii*. C) *Amphiroa fragilissima*. D) *Jania subulata*. E) *Chondria* cf. *cnicophylla*. F) *Digenea simplex*. G) *Laurencia* cf. *obtuse*. H) *Palisada perforate*. I) *Hypnea spinella*. J) *Rhodymenia pseudopalmata*. K) *Dictyota friabilis*. L) *Padina gymnospora*. M) *Colpomenia sinuosa*. N) *Sargassum natans*. O) *Caulerpa racemose*. P) *Anadyomene stellate*. Q) *Cladophora laetevirens*. R) *Chaetomorpha antennina*. S) *Ulva flexuosa*. T) *Ulva intestinalis*.

REFERENCIAS

- Acleto, C. y Zúñiga. R. (1998). *Introducción a las algas*. Lima. Escuela Nueva S.A. 383 pp.
- Ablanedo, N., González, H., Ramírez, M. y Torres, I. (1990). Evaluación del erizo de mar *Echinometra lucunter* como indicador de la contaminación por metales pesados, Cuba. *Aquatic Living Resources*. Cuba. 3, 113- 120.
- Aguilar, C. (1981). *Estudio de la estructura de las comunidades bentónicas en una zona del sublitoral del Norte de La Habana*. Trabajo de Diploma, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana, 29.
- Alvarado, J. J. y Chiriboga, A. (2008). Distribución y abundancia de equinodermos en las aguas someras de la Isla del Coco, Costa Rica (Pacífico Oriental). *Revista de Biología Tropical*, 56, 99-111.
- Álvarez, L. y Angulo J. (1995). *Influencia de un vertimiento de aguas albañales sobre la distribución de algunas especies bentónicas del sublitoral rocoso*. Trabajo de Diploma, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana, 45.
- Andrle, R. F. (1964). *A biogeographical investigation of the Sierra of Los Tuxtlas in Veracruz, México*. Ph. D. Dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge.
- Arenas, P. M. (2009). *Etnoficología aplicada: Estudios de casos en relación a la salud y a la alimentación en ambientes rurales y urbanos*. Red latinoamericana de saberes y prácticas locales sobre el entorno vegetal. Argentina. 187.
- Bak, R. (1990). Patterns of echinoid bioerosion in two Pacific coral reef lagoons. *Marine ecology progress series*. 66: 267-272.
- Barnes, R. D. (1987). *Invertebrate Zoology*. 5° ed. Philadelphia: Saunders College Publications 839 pp.
- Beltrán, J., Ramos, I., Ruiz, F., Mederos R. y Pereiras, M. (1988). El erizo de mar *Echinometra lucunter* como organismo indicador de la contaminación por petróleo. *Revista del Instituto de Investigaciones del Transporte*, 11: 45- 56.

- Benedetti–Cecchi, L. (2006). Understanding the consequences of changing biodiversity on rocky shores: How much have we learned from past experiments? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 338:193–204.
- Birkeland, CH. (1989). *The influence of echinoderms on coral reef communities*. In M. Jangoux and J. M. Lawrence (eds.). Echinoderm Studies. Rotterdam, Brookfield, Estados Unidos de America: Balkema, 79 pp.
- Bonilla, S., Aubriot, L. y Piccini, C. (2013). Cianobacterias y cianotoxinas. *Ciencia*. N°16: 26-28.
- Brusca, R. C. y Brusca, G. J. (2005). *Invertebrados*. 2da edición. McGraw Hill / Interamericana de España, S. A. 1005 pp.
- Cabanillas, T. N. (2009). *Ecología y estatus trófico del Erizo de Mar Diadema antillarum (Philippi, 1845) en los Fondos Rocosos de las Islas Canarias*. Tesis doctoral. Universidad de las palmas de Gran Canaria. España.
- Calva B. L. G. (2002). Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 2 Erizos de mar y pepinos de mar. DEPARTAMENTO DE HIDROBIOLOGÍA. UAM-I. México.
- Carpenter, R. C. (1981). Grazing by *Diadema antillarum* (Philippi) and its effects on the benthic algal community. *Journal of Marine Research*, 39(4): 749-765.
- Celaya, H. E. V., Solis, M. F. A., Laguarda, F. A., Durán, G. A. de la L. y Ruíz, R. T. (2008). Asociación a sustratos de los erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 56, 281-295.
- Chapman, A. R. O. (1992). *Vegetation ecology of rocky shore*. In *Coastal plant communities of Latin America*, U. Seelinger. London: Academic , 13-30.
- Darley, M. (1987). *Biología de las Algas, enfoque fisiológico*. México D.F. Limusa. 518.
- Dawes, C. I. (1986). *Botánica marina*. México, D.F.: Limusa 673 pp.
- De Lara-Issasi, G. y S. Álvarez – Hernández. (1994). Actividad biológica de las macroalgas marinas mexicanas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 45, 51-60

- De Lara-Issasi, G. y Álvarez–Hernández, S. (1998). Evaluación de la actividad aglutinante de extractos de macroalgas presentes en las costas del Atlántico mexicano. *Hidrobiológica* 8 (1): 67-72.
- De Lara-Issasi, G., Álvarez–Hernández, S., Lozano-Ramírez, C. y Hernández-Soto, N. (1999). Nuevas adiciones al conocimiento de la actividad antibiótica de macroalgas marinas mexicanas. *Hidrobiológica*, 9 (2): 159- 169.
- De Lara-Issasi, G., Álvarez–Hernández, S. y Quintana-Pimentel, A. (2004). Screening for anticoagulant substances in some marine macroalgae. *Hidrobiológica*, 14 (1): 47-54.
- Dooley, J. K. (1972). Fishes associated with the pelagic *Sargassum* complex, with a discussion of the *Sargassum* community. *Marine Science*, 16, 1-32.
- Duffy, J. E. y Stachowicz, J. J. (2006). Why biodiversity is important to oceanography: potential roles of genetic, species, and trophic diversity in pelagic ecosystem processes. *Marine Ecology Progress Series*, 311:179–189
- Eisler R. (1981). Trace metal concentrations in marine organisms. Pergamon Press, New York, 687.
- Erickson, A., Paul, V., Van Alstyne, K., y Kwiatkowski, L. (2006). Palatability of Macroalgae that Use Different Types of Chemical Defenses. *Journal Chemical Ecology*, 32, 1883-1895.
- Gardiner, M. S. (1978). *Biología de los invertebrados*. Barcelona: Omega 940 pp.
- González-González, J. (1994). *Las algas. Sistemática de un grupo filofenético*. En: B. J. Llorente y V. I. Luna (Comps). *Taxonomía biológica*. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica, México. 299-332.
- Graham, L., Graham, J. y Wilcox, L. (2009). *Algae*. Pearson Benjamin Cummings. San Francisco. 616
- Guiry, M. D. y Guiry, G. M. (2018). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; consultado el 12 abril 2018.
- Hallmann, A. (2007). Algal transgenics and biotechnology. *Transgenic plant journal* 1 (1): 81-98.

- Harmelin, J. G., Bouchon, C. y Hong, J. S. (1981). *Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée-Nord-occidentale)*. *Tethys* 10(1), 13-36.
- Hendler, G., Miller, J. E., Pewson, D. L., y Kier, P. M. (1995). *Sea star, Sea urchin and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smithsonian Institution, Washington. 390 pp.
- Hernández, C. y Álvarez, F. (2007). Changes in the crustacean community of a tropical rocky intertidal shore: is there a pattern? *Hidrobiológica*, 17:25-34
- Hernández, C., Álvarez, F. y Villalobos, J. L. (2010). Crustáceos asociados a sustrato duro en la zona intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 141-151.
- Honey-Escandón, M., Solís-Marín, F. A. y Laguarda-Figueras, A. (2008). Equinodermos (Echinodermata) del Pacífico Mexicano. *Revista de Biología Tropical* 56 (3):57-73.
- Hoskin, C. y Reed, J. (1985). Carbonate sediment production by the rock-boring urchin *Echinometra lucunter* and associated endolithic infauna at Black Rock, Little Bahama Bank. *The Ecology of Coral Reefs. Symposia series undersea research* 3: 151-161.
- Hyman, L. H. (1955). *The Invertebrates, vol. 4: Echinodermata, the Coelomate Bilateria*. New York: McGraw Hill pp. 763
- Ieno, E. N., Sloan, M., Batty, P. y Pierce, G. J. (2006). How biodiversity affects ecosystem functioning: role of infaunal species richness, identity and density in the marine benthos. *Marine Ecology Progress Series* 311:263–271
- Jangoux, M. y Lawrence, J. M. (1982). *Echinoderm Nutrition* Rotterdam: A. A. Balkema. 700.
- Kamiya, M., Lindstrom, S. C., Nakayama, T., Yokoyama, A., Lin, S. M., Guiry, M. D., Gurgel, C. F. D., Huisman, J. M., Kitayama, T., Suzuki, M., Cho, T. O. y Frey, W. (2017). Photoautotrophic eukaryotic Algae: Rhodophyta. En: W. Frey (Ed.). *Syllabus of Plant Families Adolf Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien*. Borntraeger Science Publishers, Stuttgart, 13th Edición, Part 2/2.

- Lawrence, J. (1975). On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanography Marine Biology Annual Review*, 13, 213- 286.
- Lee, R. E. (2008) *Phycology*. 4th ed. Edit. Cambridge University Press. New York, USA. 547.
- Leliaert, F., Lopez-Bautista, J. y De Clerck, O. (2015). Ulvophyceae (except Trentepohliales). En: W. Frey (Ed.). *Syllabus of Plant Families Adolf Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien*. Borntraeger Science Publishers, Stuttgart, 13th. Ed., Part 2/1.
- Lewis, J. B. y Storey, G. S. (1984). Differences in morphology and life history traits of the echinoid *Echinometra lucunter* from different habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 15, 207–211.
- Lima, E. J. B., Gomes, P. B. y Souza, J. R. B. (2009). Reproductive biology of *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) in a northeast Brazilian sandstone reef Anais da Academia Brasileira de Ciências. *Academia Brasileira de Ciências Rio de Janeiro, Brasil*, 81 (1), 51-59
- Little, C. y Kitching, J. A. (1996). *The biology of rocky shores*. Oxford University Press, Nueva York, 240.
- Littler, D. M. y Littler, M. M. (2000) *Caribbean Reef Plants: An Identification Guide to the Reef Plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*.
- Llorente-Bousquets, J. y Ocegueda, S. (2008). Estado del conocimiento de la biota. En: Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México 1: 283-322.
- Mcclanahan, T. y Muthiga, N. (2007). *Ecology of Echinometra*. In J. M. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*. Amsterdam: Elsevier.
- McPherson, B. F. (1969). Studies on the biology of the tropical sea urchins *Echinometra lucunter* and *Echinometra viridis*. *Bulletin of Marine Science*, 19, 194-213.
- Medina, A., Piña, P., Nieves, M., Arzola, J. F. y Guerrero, M. (2012). La importancia de las microalgas. *Biodiversitas*. 103: 1-5.

- Monroy-López, M. y Solano, O. D. (2005). Estado poblacional de *Echinometra lucunter* (Echinoida: Echinometridae) y su fauna acompañante en el litoral rocoso del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*. 53: 291-297.
- Moran, D. P. y Reaka, M. L. (1988). Bioerosion and availability of shelter for benthic reef organisms. *Marine Ecology Progress Series* 44:249–263.
- Moran, D. P. y Reaka–Kudla, M. L. (1991). Effects of disturbance: disruption and enhancement of coral reef cryptofaunal populations by hurricanes. *Coral Reefs* 9:215–224.
- Nodarse, K. A. (2001). Abundancia y distribución del erizo *Echinometra lucunter* (Linnaeus) (Echinodermata, equinoidea) en un arrecife del litoral norte de Ciudad de la Habana. *Revista de investigaciones marinas*. 22 (2), 107-115.
- Ogden, J. (1977). Carbonate sediment production by parrot fish and sea urchin on Caribbean reefs. In S. Frost, M. Weiss & J. Saunmder (eds.). *Reefs and Related Carbonates-Ecology and Sedimentology*. Study geology No. 4. American association petroleum geologists. Tulsa, Oklahoma. 281-288.
- Ortega, M. M., Godínez, J. L., Schlichting, H. y Schlichting, M. (1989). *Plantas que nadan, plantas que vuelan. El maravilloso mundo de las algas*. Pangea Editores y UAM Xochimilco, México. 48.
- Pawson, D. L. (2007). Phylum Echinodermata. *Zootaxa* 1668,749-764
- Raffaelli, D. (2006). Biodiversity and ecosystem functioning: issues of scale and trophic complexity. *Marine Ecology Progress Series* 31:285–294.
- Reyes – Luján J., Barrios, J., Arrieche, D., Zapata, V. E., Wil, S. y Lodeiros, C. (2015). Dieta del erizo negro *Echinometra lucunter* (Echinometra: Echinoidea) en el Nororiente de Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 63, (2), 233-242 Universidad de Costa Rica San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.
- Reviere, B. de, F. Rousseau y T. Silberfeld. (2015). Phaeophyceae. En: W. Frey (Ed.). *Syllabus of Plant Families Adolf Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien*. Borntraeger Science Publishers, Stuttgart, 13th. Ed., Part 2/1
- Ríos-Macbeth, F. (1952). Estudios geológicos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geología y Petrología* 4:325-376.

- Ríos, J. E., Galván, V. C., Rodríguez, Z. F., López, U. E., Bastida, I. D. y Solís, M. F.A. (2013). Los equinodermos (Equinodermata) de bahía Chamela, Jalisco, México. *Revista mexicana de la biodiversidad*, 84, 263-279.
- Robledo, D. (1997). Las algas y la biodiversidad. *Biodiversitas* 13: 1-4.
- Rooker, J. R., Turner, J. S. y Holt, S. A. (2006). Trophic ecology of Sargassum associated fishes in the Gulf of Mexico determined from stable isotopes and fatty acids. *Marine Ecology Progress Series*, 313, 249-269.
- Salas-De León, D. A. y Monreal-Gómez, M. A. (1997). *Mareas y circulación residual en el golfo de México. Contribuciones a la oceanografía física en México*, M. F. Lavín (ed.). Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana. México, D. F. 201-223.
- Santelices, B. (1977). *Ecología de algas marinas bentónicas*. Documento de la Dirección General de Investigaciones, Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 488 pp
- Schoppe, S. y Werding, B. (1996). *The boreholes of the sea urchin genus Echinometra (Echinodermata: Echinoidea: Echinometridae) as microhabitat in tropical South America*. P.S.Z.N.I.: *Marine Ecology* 17, 181-186.
- Solís-Marín, F. A., Reyes-Bonilla, H., Herrero-Pérezrul, M. D., Arizpe-Covarrubias, O. y Laguarda-Figuera, A. (1997). Sistemática y distribución de los equinodermos de la bahía de La Paz. *Ciencias Marinas* 23:249-263.
- Soto, E. M. (1976). *Algunos aspectos climáticos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz*, A. Gómez-Pompa, S. del Amo, C. Vázquez-Yanes y A. Butanda (eds.). CECSA, México, D.F. pp. 70-111.
- Stachowicz, J. J. y Byrnes, J. E. (2006). Species diversity, invasion success, and ecosystem functioning: disentangling the influence of resource competition, facilitation, and extrinsic factors. *Marine Ecology Progress Series* 311:251–262.
- Stevenson, R. A. y Ufret, S. L. (1966). Iron, manganese and nickel in skeletons and food of the sea urchins *Tripneustes esculentus* and *Echinometra lucunter*. *Limnology Oceanography*. 11, 1 1-1 7.

- Suarez Castillo, A. N. (2008). *Fauna asociada a mantos de Sargassum (Ochrophyta: fucales) en El Sauzoso, Baja California Sur, México* Maestría en Manejo de Recursos Marinos. Tesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, pp. 111.
- Tsuda, R. T. y Abbott, I.A. (1985). Collection, handling, preservation and logistics. In: Littler, M. M & D. S. Littler (Eds). *Handbook of phycological methods. Ecological Field Methods: Macroalgae*. Cambridge University Press, pp. 67-86.
- Vallejo, V. A. (2007). *Echinometra vanbrunti* (Echinometridae) como hospedero de relaciones comensalistas en el pacífico colombiano. *Acta biológica colombiana*. Bogotá, Colombia, 12, 57-66.
- Van Den Hoek, C., Mann, D. G. y Jahns, H. M. (1995). *Algae: An introduction to phycology*. Cambridge University Press. Cambridge. 623.
- Wilkinson, T., Wiken, E., Bezaury, J., Hourigan, T., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan, L. y Padilla, M. (2009). *Ecorregiones marinas de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental*, Montreal. 200.
- Wynne, M. (2011). A check-list of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision. *Nova Hedwigia*, 140, 1-166.
- Zamorano, P. y Leyte-Morales, G. E. (2005). Cambios en la diversidad de equinodermos asociados al arrecife coralino de La Entrega, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 9, 19-28.
- Zhuang, S. (2006). Species richness, biomass and diversity of macroalgal assemblages in tide pools of different sizes. *Marine Ecology Progress Series* 309:67–73.