



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

IZTACALA



COMUNIDAD DE EQUINODERMOS EN LA PLANICIE  
ARRECIFAL DE ANEGADA DE ADENTRO,  
VERACRUZ, MÉXICO.

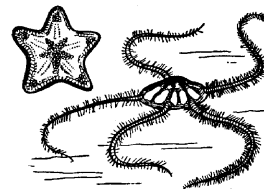
T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGA

presenta:

MOHEDANO MALDONADO IRMA ROXANA

Director: Biól. Felipe de Jesús Cruz López

Edo. De México, 2010





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

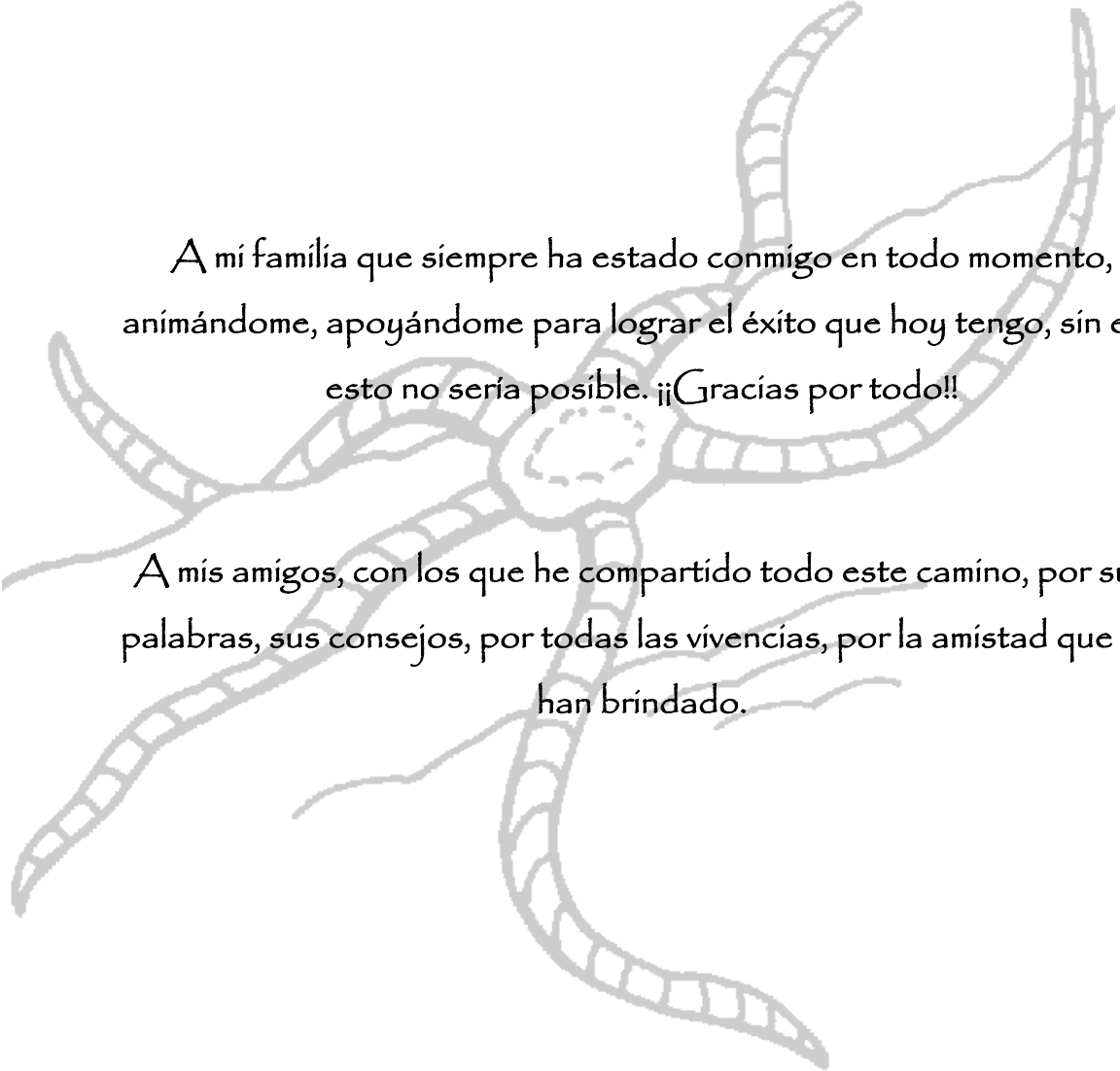


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**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.

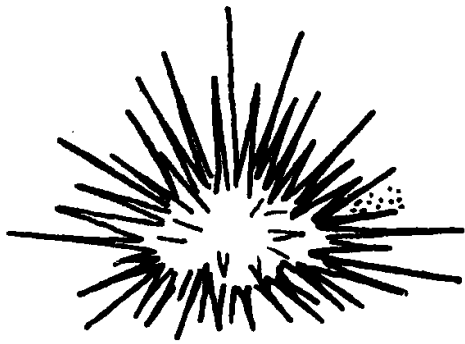


A mi familia que siempre ha estado conmigo en todo momento, animándome, apoyándome para lograr el éxito que hoy tengo, sin ella esto no sería posible. ¡¡Gracias por todo!!

A mis amigos, con los que he compartido todo este camino, por sus palabras, sus consejos, por todas las vivencias, por la amistad que me han brindado.

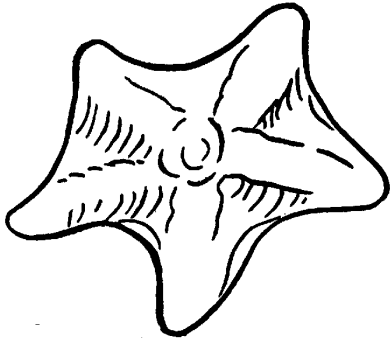
*No me da miedo mañana, porque he visto ayer y me encanta hoy.*

*William Allen White*



*Lo que sabemos es una gota de agua, lo que ignoramos es el océano.*

*Isaac Newton*



## ESCÚCHAME MAR:

Ahora me voy, me voy  
pero no te dejo  
porque es imposible dejar el corazón  
y llevarse tan solo el cuerpo...

Me voy hacia tierra adentro  
pero llevo pegado a los costados  
todo tu mundo abierto de promesas  
que has dejado colgadas  
de mi alma mensajera.

Y llevo tus olas y la furia  
de tus vientos contrapuestos,  
y la sangre de tus gentes laborantes  
y de las gentes que se pierden  
en tu frontera maldita.

Y llevo tu magia y tus misterios,  
tus colores y el ronroneo íncesante  
de la música de tu cuerpo  
cuando choca con el aire  
o cuando besa las arenas soñadoras  
de las playas recelosas.

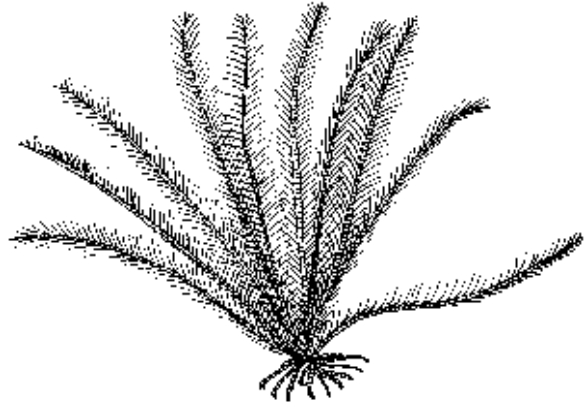
Y llevo, sobre todo y más que nada,  
llevo todas tus promesas  
y todos tus silencios...

Te llevo, mi mar,  
hacia donde la tierra  
huele y sabe a materia prometida,  
donde el viento choca con las rocas  
y el agua no tiene salitre

ni peces, ni algas, ni cangrejos...

Pero te llevo hasta la próxima.

LUISE. PRIETO



## Agradecimientos

Gracias a la Secretaría de Marina Armada de México y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por las facilidades y permisos otorgados para la entrada al Sistema Arrecifal Veracruzano, así mismo a los guardaparques por siempre estar al pendiente de lo que se pudiese ofrecer.

Esto es más difícil de lo que creí, pues siento tanto que me es imposible describirlo con sólo palabras. Primeramente, doy gracias a la vida por darme la oportunidad de estar en ella y llevar a cabo mis sueños y metas; por poner en mi camino a personas tan maravillosas que han complementado esta experiencia tan excepcional que es la de vivir.

A las personas más extraordinarias que tengo a mi lado, mis modelos, mi fuerza, mi apoyo: mi familia, papís, hermanitas... ¡Vaya! No sé como poder agradecerles todo lo que han hecho por mí, siempre tan atentos, tan lindos, tan graciosos, tan todo. Nuestro amor es indestructible, eterno; nadie, excepto nosotros, sabe cuán grande es y las ganas que siempre le echamos para salir adelante y ayudarnos en todo momento. Gracias por todos los esfuerzos que hicieron a lo largo de toda mi carrera, que a pesar de que esas prácticas de campo les generaron mucho estrés, siempre me despedían y recibían con los brazos abiertos y una sonrisa en sus caras. Gracias a ustedes tengo lo mejor que un ser humano puede tener: educación. Son la mejor familia del mundo. Gracias!

Papí: qué te puedo decir? Eres un padre excelente, el mejor que me pudo tocar, luchón, responsable, admirable; te agradezco muchísimo todo lo que me has enseñado, tanto escolar como de la vida. Te amo mucho y como lo mencioné antes, este amor que te tengo nunca terminará. Te deseo muchísimo éxito en esta nueva etapa que estás viviendo, sabes muy bien que si necesitas ayuda, yo lo haré con mucho gusto. Gracias por todos estos años de trabajo y esfuerzo para sacarnos adelante y regalarnos lo mejor de tí. Sólo basta que mires hacia atrás y veas en nosotras todo lo que han logrado tú y mamá; ahora va la mía papí y aunque será imposible igualar tu esfuerzo y trabajo voy a tratar de retribuir aunque sea una pequeña parte de todo lo que has hecho por mí.

Mamiríngas: Hermosa, eres la persona más maravillosa que conozco, siempre te he dicho esto: ¡eres una mujer admirable! Lo tienes todo, la belleza, las ganas, la inteligencia, el carisma, el humor, los buenos sentimientos; tienes la capacidad de dejarte ver tal cual eres y eso es maravilloso porque eres transparente. Gracias por darme siempre la confianza suficiente para contarte mis problemas, por además de ser mi mamiríngas, ser mi amiga, mi confidente, mi modelo de mujer. Al igual que a papá, te deseo mucho éxito en esta etapa que estás por culminar y espero sigas tus planes como hasta ahora, porque tu puedes lograr todo lo que te propongas, sólo es indispensable que te lo creas y que sigas teniendo esas ganas que te han caracterizado siempre. Te amo mucho mamita.

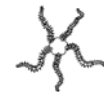
A mis hermanas, gracias por todos los bellos momentos que hemos compartido, por su apoyo, por su unión, por siempre estar cuando las necesito, quiero que todas tengan siempre presente que estoy muy orgullosa de todo lo que han logrado. Somos las mejores hermanas que conozco, somos amigas, somos nuestras propias maestras, nuestra relación es indescriptible. Karina (margarina), siempre te he dicho lo que pienso de ti, eres una mujer excepcional, admirable, capaz de lograr cualquier cosa que te propongas, gracias por todo lo que has hecho por nosotros, algún día todo lo bueno que haces por la gente se te multiplicará, nunca dudes de ti misma, eres única y no hay manera de no darse cuenta, pues ese carisma que te caracteriza te hace una persona maravillosa y difícil de olvidar. Adriana (chikis), es admirable el amor que tienes dentro, das todo de ti y eso es hermoso, eres una chica muy linda e inteligente, eres capaz de lograr tus sueños más locos, échale muchas ganas pequeña, tu puedes obtener lo mejor de este mundo (no sólo de chikislandia), tenlo siempre presente. Recuerda que para lograr metas no sólo es cuestión de soñar, sino de actuar pese a todo y todos, yo te apoyo y siempre lo haré. Rocío (ginger), eres una chica muy valiente, luchona, inteligente y bien bonita; estoy orgullosa de ti, por todo lo que has logrado, sólo que no olvides ese título, sé que las oportunidades no se pueden desaprovechar, pero con el pueden llegar más y mejores (esto también va para ti chikis). Además nada me gustaría más que tenerte de vuelta, pues te extraño mucho. Gracias por todos los momentos que hemos compartido desde niñas y aunque mi mala memoria no me permita recordar detalles, siempre he tenido presente que has estado conmigo en todo momento. Becky (weiss), ¿qué te puedo decir? Eres mi hermanita, nunca dejaré de verte así por más que lo intente, verte crecer ha sido lo más maravilloso de este mundo; cada vez que te miro, veo una mujercita bien preciosa que lucha por salir adelante y que sé que lo logrará, échale muchas ganas, a veces las cosas se pueden poner complicadas, no tengas miedo, no pasa nada si caes, confío en que tienes la fuerza para volver a levantarte y con más ganas, porque me lo has demostrado y no dudo en lo absoluto que dentro de unos años estaré leyendo este mismo apartado, pero de tu tesis, diviértete mucho, esta carrera es la mejor de todas, disfrútala. Gracias por estar toooooo el tiempo que pasas conmigo, eres la primera en enterarse de todo lo que me pasa y ¿sabes por qué? Porque me conoces tan bien, que nunca podré engañarte, nosotras somos como almas gemelas, somos como un espejo. Las amo demasiado hermanitas.

Alejandro (mi bbo), incontables veces he tenido la oportunidad de decirte lo que has significado para mí, cambiaste mi mundo por completo. En esta vida es difícil encontrar un amor sincero y me siento afortunada al saber que te tengo conmigo, pues nuestro amor va más allá de todo y de todos. Las diferencias que hemos tenido, nos han servido para hacer esto cada vez más fuerte. Hemos pasado por tantas cosas, que me llevaría una tesis completa para recordar sólo algunos de los bellos momentos que me has regalado. Le doy gracias a la vida por ponerte en mi camino y te doy gracias a ti por permitirme conocerte, permitirte conocerme, por aguantarme todos estos años y porque a pesar de que estoy loquita tu siempre estás conmigo. Gracias por enseñarme una parte de la vida que no conocía y que me fascina. Te amo mucho mi amor.



Marianita (la loca), eres como mi hermana perdida! Gracias por tu amistad, por todo tu apoyo, tus palabras, por siempre estar al pendiente de mí, por animarme y regañarme cada vez que me pasaba de floja (aunque lo único que querías era fiesta, fea, jajaja.), por después de todo lo ocurrido me hayas permitido estar en tu vida y compartir momentos muy padres a tu lado. No está de más recordarte que siempre estaré contigo (aunque esté lejos), que puedes seguir contando conmigo y que te quiero muchísimo.

Gabriel (gravitz), eres como el hermanito que nunca tuve, eres la pura buena vibra. Gracias por tu amistad, por escucharme y siempre darme un consejo, por presionarme con la tesis, por tus pláticas, por siempre tener listo un abrazo y una sonrisa en todo momento. Siempre recordaré el día que nos contamos nuestras aventuras y nos dimos cuenta de cuánto puede cambiar la vida de alguien con su poder de elección, te quiero amiguito. Ahí está tu ofiura, para que no digas.



Gustavo (Mike), gracias por todos los momentos que has compartido conmigo; recuerdo todavía cuando te conocí, que no imaginaba el gran amigo en el que te ibas a convertir, te quiero mucho. Gracias por escucharme, por tus risas, chistes, por tu sinceridad, tus atenciones, pero sobretodo por quedarte en mi vida.

Gracias a mis demás amiguitos de la FES que han hecho inolvidable todo este camino que recorrimos juntos, gracias por compartir esos momentos de clase, exámenes, prácticas, mamparas, etc.: Axel (tontín), gracias por siempre tener un momento de tu tiempo para escuchar mis loqueras, por brindarme tu amistad desde que entramos a la carrera en ese grupo feo, jaja, se te quiere, amigo; Gaby (veri), por ofrecerme un cachito de tu enorme corazón y brindarme un hombro cuando siempre lo he necesitado, te quiero amiga; Edson (bestia jaja), primero, muchísimas gracias por acompañarnos al arrecife, prestarnos tu equipo y tomar unas excelentes fotos, de verdad te lo agradezco mucho, también por escucharme y confiar en mí, sabes que se te quiero mucho; Mau (Steven), por escucharme siempre que lo he necesitado y por ser, junto con memito y Edson, de los primeros en acercarse a conocerme cuando era nueva en el grupo; Omar (memito), por brindarme tu amistad y estar junto a mí en mis conflictos existenciales; David (suly), por hacerme tan amenos los momentos en los que estamos reunidos y siempre confiar en mí y en lo que puedo lograr; Ezel (no te pongo apodo porque tienes demasiados), por platicar conmigo, por darme consejos y apoyarme de una manera en la que sólo un gran amigo lo puede hacer, gracias por estar siempre accesible para escuchar mis problemas y dejar desahogarme contigo, te quiero mucho. Lorencia, aunque casi ya no te veo, te agradezco el que siempre estés cuando te necesito. Te quiero, mensa! Bueno y si le sigo nunca termino, gracias a todos los demás, Vicky, gracias por esos divertidos momentos a tu lado en clase y fuera de; Iván y Rolando (gemelos), gracias por siempre escucharme cuando lo he necesitado, que grato fue conocerlos mejor; Brenda (cursi), Sergio (pin pon), Carlos (charda), Pau, Paco, Oscar (mamado), Mena y todas aquellas personas que me llenaron de risas y experiencias estos años.

A mis compañeritos y amigos del equipo, sin ustedes esto no hubiera podido realizarse; gracias Alme por apoyarme en lo de los mapas, por ser mi amiga, escucharme y darme consejos

siempre que te lo pedía, eres una personita muy especial para mí, te quiero mucho; Hugo, por hacer un excelente labor en el área de estudio y siempre tener ese humor que amenó las salidas; Monse, gracias por ayudarme con el índice y tenerme la paciencia que necesitaste para aguantar mis tonterías; Shara, gracias por siempre tener una palabra de aliento cuando la necesitaba; Yaz, gracias por todo el tiempo que hemos pasado juntas, en las salidas y en la escuela, por confiar en mí y escucharme siempre. Recordemos aquel día en el que nos sentíamos los reyes del mundo, ese atardecer, ese último día en el que logramos nuestro objetivo. Muchas gracias por ayudarme a cumplir uno de mis grandes sueños.

Omar, gracias por librarme de la tensión que me producían esos mapas, de verdad, no sé que habría sido de mí. Muchísimas gracias por ayudarme a hacerlos, por escucharme y por ser tan buena persona.

Dianita, gracias por la confianza que me has brindado, tu apoyo, tus consejos, tus atenciones, tus risas, en fin.. por tu amistad.

Vania, muchísimas gracias por tu ayuda en campo, por estar atenta a lo que hiciera falta, por apoyarme, por siempre tener un momento de tu tiempo para aconsejarme y animarme, por simplemente platicar conmigo y permitirme conocerte mejor, "las cosas pasan por algo". Te deseo muchísimo éxito, eres una chica genial.

Felipe, gracias de todo corazón por dirigir esta investigación, eres parte fundamental de ella y sé que sin ti, definitivamente no hubiera podido llevarse a cabo; muchísimas gracias por el tiempo que invertiste en siempre darme un punto de vista u opinión asertiva para el desarrollo de esta tesis, por tus conocimientos, tus atenciones, tus consejos, por siempre tranquilizarme cuando creía que todo se derrumbaba, por aguantarme tanto tiempo, por ayudarme a creer y confiar en lo que soy, lo que sé y lo que puedo lograr y por dejarme ver el gran corazón que tienes al brindarme tu amistad que espero prospere por mucho tiempo.

Profesora Asela, muchas gracias por todos los conocimientos que logró trasmitirme en sus clases, por engrandecer mi amor por el océano; aprendí mucho con usted. Gracias por tomarse un tiempo en la revisión de esta investigación y siempre tener la paciencia para resolver mis dudas. Gracias por todo el apoyo que me ha dado a mí y a mi familia, la quiero mucho.

A todos mis profesores de la carrera, quienes me dieron lo mejor de ellos y lograron trasmitirme el conocimiento necesario para llegar a donde estoy ahora.

A mis sinodales: Felipe de Jesús Cruz López, José Luis Tello Musí, Ma. de los Angeles Sanabria Espinoza, Asela del Carmen Rodríguez Varela y Sergio Cházaro Olvera, gracias por su apreciable tiempo en la revisión de esta tesis y por sus valiosas críticas, las cuales fueron de gran ayuda para que esto tomara el rumbo correcto.

Muchísimas gracias al Dr. Francisco Alonso Solís Marín por el apoyo en la corroboración de las especies, por la literatura proporcionada, por regalarme un poco de su tiempo para mostrarme la Colección Nacional de Equinodermos y siempre tener la disponibilidad para escucharme y darme un consejo.

A la Dra. Alicia Durán González por su atención y por proporcionarme literatura sobre mis especies.

De manera muy especial quisiera agradecerles a Gerardo Sánchez Serrano, Araceli Martínez Pérez, Lauro Cruz Chávez y Alexis por el traslado al arrecife, las facilidades que nos dieron y sobretodo por hacernos sentir como en casa.

Por último (¡al fin!), agradezco infinitamente a la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme un lugar en la FES Iztacala en la mejor carrera que puede existir: ¡Biología! Gracias por esta oportunidad.

# Índice

Resumen.	1
1. Introducción.	2
1.1. Los arrecifes de coral.	2
1.2. Biotopos en un arrecife de coral.	3
1.3. Filo Echinodermata.	4
1.4. Clasificación de los equinodermos.	5
1.5. Equinodermos en México e importancia del Filo.	6
2. Antecedentes.	7
3. Objetivos.	10
3.1. General.	10
3.2. Particulares.	10
4. Área de estudio.	11
4.1. Estado de Veracruz.	11
4.2. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano	12
4.3. Zonación de los arrecifes del PNSAV.	13
4.4. Arrecife Anegada de adentro.	14
5. Método.	16
5.1. Puntos de muestreo.	16
5.2. Diseño de muestreo.	17
5.3. Guía de campo.	17
5.4. Ajuste de coordenadas.	18
5.5. Obtención de datos.	19
5.6. Revisión y corroboración de especies.	20
5.7. Listado taxonómico y parámetros ecológicos.	20
5.8. Parámetros de la comunidad.	21

6. Resultados y discusión.	27
6.1. Listado taxonómico.	27
6.2. Distribución.	31
6.2.1. Distribución de los biotopos en el arrecife.	31
6.2.2. Distribución de especies con base a los biotopos.	32
6.2.3. Mapas de distribución de las especies en la planicie arrecifal de Anegada de Adentro.	34
6.3. Parámetros comunitarios.	45
6.3.1. Riqueza de especies.	45
6.3.1.1. Por Clase.	45
6.3.1.2. Por zona.	47
6.3.2. Abundancia.	48
6.3.2.1. Por Clase.	48
6.3.2.2. Por especie.	49
6.3.2.3. Por zona.	51
6.3.3. Diversidad.	52
6.3.4. Valor de Importancia Relativa (VIR).	53
6.3.5. Test de asociación de Olmstead y Tukey.	55
6.3.6. Índice de agrupamiento.	56
7. Consideraciones finales.	60
8. Conclusiones.	61
9. Literatura citada.	63
10. Apéndices.	71
10.1. Apéndice 1. Coordenadas.	71



## Resumen

En el presente estudio se presenta un listado taxonómico y datos ecológicos de los equinodermos en el arrecife Anegada de Adentro, Veracruz. Se ubicaron 59 cuadrantes distribuidos en 15 transectos en el arrecife, en los que se llevaron a cabo registros fotográficos y determinaciones *in situ* con ayuda de una guía de campo. Se obtuvieron datos como número de organismos por especie y su asociación al sustrato. Posteriormente se calcularon parámetros comunitarios. Se observaron un total de 12,573 organismos distribuidos en 20 especies calculando una diversidad de 0.981 bits/ind considerada como baja y una equitatividad de 0.2200, indicando que hay especies dominantes. La Clase Echinoidea, por su valor de importancia y número de organismos, domina el arrecife, sin embargo, la Clase Ophiuroidea fue la que presentó el mayor número de especies. Los valores de importancia más altos están representados por: *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis* y *Eucidaris tribuloides*, que revelan la gran influencia que tienen dentro de la comunidad. Se formaron seis grupos basándonos en el índice de Jaccard, el grupo A está ubicado en las zonas de cresta de sotavento, abarcando gran parte del SE de la planicie, donde se presentan sustratos como pavimento coralino, coral muerto y roca coralina. El grupo B formado por estaciones que comparten únicamente las especies de amplia distribución. El grupo C está ubicado en la parte central a todo lo largo del arrecife, encontrando los cuadrantes con mayor riqueza de especies. Los grupos D, E y F están formados por cuadrantes diferentes al resto y su similitud está dada por la presencia de dos especies. Anegada de Adentro es un arrecife con baja diversidad y dominado principalmente por *Echinometra lucunter*, el cual se encuentra distribuido ampliamente, debido a su adaptación a los sustratos que dominan el arrecife: pavimento coralino, roca coralina y coral muerto.

## 1. Introducción

El interés generado por las diferencias en la biodiversidad de varias partes del mundo ha llevado al reconocimiento de ciertas naciones como países megadiversos. Por orden de riqueza, México ocupa el tercer lugar, debajo de Brasil y Colombia y le siguen naciones tales como Zaire, Madagascar e Indonesia (Ramamoorthy y col., 1993; SEMARNAT, 2005).

México es excepcional en el ámbito marino, ya que su extensión es 1.6 veces mayor que la superficie terrestre. Nuestro país es uno de los que cuentan con mayor extensión de costas, y es el único que posee un mar exclusivo, el Mar de Cortés. En



el Golfo de México se encuentra el Parque Marino Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano" y en el Caribe, comparte con Belice, Guatemala y Honduras el segundo sistema arrecifal más grande del mundo (CONABIO, 2007).

### 1.1. Los arrecifes de coral

Los arrecifes coralinos son ecosistemas marinos tropicales formados por el acúmulo de esqueletos calcáreos de diferentes organismos, principalmente corales escleractínios y algas coralinas. Se encuentran entre los ecosistemas marinos más productivos. Su desarrollo está limitado a lugares relativamente estables ecológicamente hablando, con características, tales como: temperaturas cálidas (21-22°C.), aguas someras, transparentes y salinas, intensidad luminosa, movimiento del agua y sólidos en suspensión, por lo que ocupan sólo el 2% del área marina del planeta (Carricart y Horta, 1993).

En México existen formaciones coralinas en ambos litorales, con menor desarrollo en el Pacífico, buena representatividad en el Golfo de México y arrecifes de coral muy importantes en el Mar Caribe (Veron, 1995).

Existen varios tipos de arrecife de coral, los cuales están clasificados de diferente manera dependiendo del autor que los describa, sin embargo, los más comunes son: Arrecifes de barrera, Arrecifes tipo parche, Arrecifes costeros, Arrecifes de plataforma y Arrecifes de atolón (Carricart-Gavinet y Horta-Puga, 1993; Rupert y Barnes, 1996).

### 1.2. Biotopos en un arrecife de coral

La mayoría de los arrecifes coralinos presentan una zonación que depende de su geomorfología, hay ambientes de vida aplicados al espacio físico, natural y limitado, en el cual vive un conjunto de comunidades, estos ambientes son denominados biotopos y los hay comunes entre los arrecifes coralinos, que dependiendo del porcentaje de cobertura, darán una zonación definida y una apariencia de paisaje, tal como las zonas de coral muerto, los sustratos arenosos, las zonas de algas y de corales hermatípicos, ya que el propio coral que es en sí un organismo béntico es a su vez un sustrato, tanto en su parte expuesta a la luz como en la que no está expuesta. En conjunto, estos biotopos permiten el establecimiento de moluscos, anélidos,



crustáceos y equinodermos como estrellas, erizos y galletas de mar (Veron, 1995; Tello, 2000; Solís y col., 2000; INE, 2005).

### 1.3. Filo Echinodermata

Los equinodermos son organismos marinos, deuterostomados que presentan una gran diversidad de formas: esferoidal, discooidal, cordiforme, estelar, cilíndrica, y pentacrinal. Su invasión en el medio continental ha sido restringida por su intercambio gaseoso a nivel epidérmico y la ausencia de estructuras excreto-osmoregulatorias. Poseen un celoma amplio, en cuyo interior se encuentra un tubo digestivo bien desarrollado. Carecen de órganos excretores diferenciados. El intercambio gaseoso se realiza con estructuras que varían mucho de un grupo a otro y que parece se han desarrollado independientemente en las diferentes Clases. La mayoría son dioicos. Sus órganos genitales son sencillos y llevan a cabo fecundación externa (Rupert y Barnes, 1996; Solís, 2008).

Existen características importantes de señalar en este grupo, las cuales lo definen como tal:

La simetría bilateral en el estadio larvario (larvas doliolaria de los crinoideos, auricularia de las holoturias, equinoplúteus de los equinoideos, ophioplúteus de las ofiuras y bipinnaria de los asteroideos) que por adquisición secundaria se toma en pentarradial en el estadio adulto y se pone de manifiesto en la disposición del sistema ambulacral, cuyas modalidades se traducen en las diferentes formas que adoptan en el estado adulto (Smith, 1997; Solís, 2008).

La presencia de un esqueleto interno de origen mesodérmico, constituido por una serie de oscículos calcáreos, con la peculiaridad de que cada pieza que forma el esqueleto se comporta como un cristal de calcita que pueden articularse entre sí (Solís y col., 2007).

El carácter más exclusivo del grupo es la presencia de un sistema peculiar de canales celomáticos y una serie de apéndices superficiales que en su conjunto constituyen el sistema vascular acuífero o sistema ambulacral, que en la mayoría de los equinodermos ha asumido el papel locomotor (Solís y col., 2007).

El grupo muestra una amplia variedad de hábitos alimenticios; por absorción corporal, alimentadores de depósito y suspensión, herbívoros, detritívoros, predadores oportunistas, comensalismo y en algunos casos especialistas estrictos.





Están distribuidos en todos los océanos a todas las profundidades, desde la zona litoral hasta la zona hadal (Buitrón y Solís, 1993).

#### 1.4. Clasificación de los equinodermos

En la actualidad existen descritas 7,000 especies vivientes de equinodermos en el mundo y 13,000 especies más que forman el registro fósil (Solís, 2008). Se conocen cinco Clases pertenecientes a este filo:

Clase Crinoídea: Conocidos como lirios de mar o estrellas plumosas, se han descrito aproximadamente 700 especies. Clase Asteroídea: Se conocen aproximadamente 2100 especies y son llamadas estrellas de mar. Clase Ophiuroídea: Mejor conocidas como estrellas serpentiformes, estrellas frágiles, ofiuras o arañas de mar. Se han descrito aproximadamente 2,000 especies. Clase Echinoídea: También llamados como erizos de mar, erizos acorazonados, bizcochos de mar o dólares de arena. Hay descritas alrededor de 900 especies (Brusca y Brusca, 2002; Trujillo y González, 2006). Los miembros de esta Clase se dividen en dos tipos: erizos regulares que se conocen como erizos de mar y los erizos irregulares que incluye a los dólares de arena, erizos acorazonados y bizcochos de mar. Sin embargo, algunos autores los clasifican de manera más compleja (Hendler, 1995; Rupert y Barnes, 1996). Clase Holothuroídea Tiene aproximadamente 1,400 especies descritas y son mejor conocidos como pepinos o cohombres de mar (Brusca y Brusca, 2002; Trujillo y González, 2006).

#### 1.5. Equinodermos en México e importancia del Filo.

México alberga una gran diversidad de equinodermos, en la actualidad se conocen por lo menos 600 especies que habitan nuestro mar territorial, aproximadamente el 10% de las especies de equinodermos existentes en el planeta (Laguada, 2001).

Estos organismos tienen importancia evolutiva ya que son un antiguo grupo que se remonta desde principios del Cámbrico, es por ello que son una fuente rica en información para determinar eras geológicas. Asimismo, son parte importante de la biomasa del bentos nerítico y su conocimiento se aplica en la evaluación de la productividad secundaria del mar (Buitrón y Solís, 1993; Solís, 2008). Anualmente, remueven una gran cantidad de sedimento, de una gran proporción de



$\text{CaCO}_3$  y de algas que crecen sobre el coral muerto, siendo así de importancia en la estimación del ciclo del carbono inorgánico y orgánico en los arrecifes coralinos, así mismo provoca que haya mayor número de microhábitats y mejor desarrollo de arrecifes de coral (Calva, 2002). Por otra parte, dada su relativa longevidad y capacidad de adaptación, pueden ser considerados como indicadores del estado de conservación de los ecosistemas. También juegan un papel muy importante en la economía de algunas sociedades humanas, ya que ciertos erizos son apreciados como alimento para humanos y toneladas de ellos son capturados cada año con fines comerciales (Celaya y col., 2008).



## 2. Antecedentes

El valor de estos organismos ha sido demostrado gracias a los estudios taxonómicos e inventarios del grupo realizados en diversos hábitats costeros, los cuales, aunque no están completos, presentan información valiosa sobre su distribución (Laguarda, 2001). Existen trabajos de investigación de equinodermos en el Caribe Mexicano y en el Golfo de México, siendo en éste último, escasos (Calva, 2002).

Los estudios sobre equinodermos de México se iniciaron en 1838, cuando se hicieron breves referencias sobre especímenes colectados en localidades próximas a las costas mexicanas, como los trabajos de L. E. Agassiz y G. Valentín quienes citaron a *Mellita hexapora* para las costas de Veracruz. Durante el siglo XIX se destacaron las recolectas de equinodermos efectuadas en el territorio mexicano por parte de diversas expediciones extranjeras tales como el Challenger, Albatross, Velero, entre otros (Trujillo y González, 2006).

No obstante es hasta 1939 que se comenzó el estudio sistemático y ordenado de los equinodermos de México, particularmente los trabajos de la Dra. María Elena Caso Muñoz (1915-1991) con ayuda del Dr. Enrique Rioja Lobianco (1895-1963), quienes iniciaron una serie de estudios taxonómicos que dieron como resultado más de 60 trabajos publicados que incluyen categorías taxonómicas entre subfamilias, subgéneros, especies y variedades del grupo representado en aguas de la República Mexicana (Trujillo y González, 2006).

Solis y col. (1993), registraron 23 familias, 60 géneros y 116 especies de asteroideos y 22 familias, 45 géneros y 101 especies de Equinoideos, de los cuales el 80% se distribuyen en el Pacífico y Golfo de California. Posteriormente, Laguarda (2001), reportó en la zona de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, 4,694 individuos que corresponden a 32 Familias, 47 géneros y 84 especies de las cinco Clases del Phylum Echinodermata.

En el caso particular del Golfo de México, Laguarda y col. (2005a), realizaron un trabajo sobre los equinoideos, determinando 190 individuos (8 ordenes, 11 familias, 15 géneros y 18 especies) y reportando 6 especies nuevas: *Stylocidaris lineata*, *Phormosoma placenta placenta*, *Plesiadiadema antillarum*, *Plethotaenia spatangoidea*, *Brissopsis atlantica* y *Hypselaster limicolus*. A su vez, Durán y col. (2005), encontraron 209 especies distribuidas en 129 géneros, 63 familias y 25 ordenes, también se reportaron nuevos registros: 16 para Asteroidea, 9 Ophiuroidea, 1 Equinoidea y 5 para Holothuroidea.



Solís y col. (2007) llevaron a cabo un estudio taxonómico de los equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, dirigido principalmente a los arrecifes de Sacrificios e Isla de En medio, en el cual incluyen 15 nuevos registros. El mismo autor en el mismo año, elaboró un catálogo de equinodermos recientes de México.

Celaya y col. (2008) revisaron la asociación a sustratos de los erizos regulares en la laguna Arrecifal de Isla Verde. González en este año, realizó un estudio de la estructura de las asociaciones y diversidad morfológica de erizos en los parques nacionales del Sistema Arrecifal Veracruzano, en donde incluyó el arrecife Anegada de Adentro, reportando las especies *Diadema antillarum*, *Arbacia punctulata*, *Lytechinus williamsi*, *Echinometra viridis*, *Echinometra lucunter* y *Eucidaris tribuloides*.

Villanueva (2008) llevó a cabo el primer registro de equinodermos del talud del arrecife La Galleguilla, con análisis ecológico, encontrando 24 especies de las cinco Clases pertenecientes al Filo, encontrando una nueva especie de Holothuroideo, *Isostichopus sp*, de la cual se está haciendo su descripción en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por el Dr. Francisco Solís Marín.

El inventario faunístico y los aspectos ecológicos de los equinodermos de México distan mucho de ser completos; debido a que los medios de los que se ha dispuesto sólo han permitido efectuar exploraciones litorales. Investigaciones extranjeras, principalmente, y muy pocas de nuestro país, aportan nuevos descubrimientos sobre el grupo, lo que obliga a la continua reevaluación de la literatura publicada para conocer el estatus de ciertas especies, es por ello que el presente estudio contribuye al conocimiento de la comunidad de equinodermos de la planicie arrecifal de Anegada de Adentro, Veracruz, México.



### 3. Objetivos

#### 3.1. General

Evaluar las características de la comunidad de equinodermos en la planicie arrecifal de Anegada de Adentro, Veracruz, México.

#### 3.2. Particulares

Elaborar un listado taxonómico de las especies de equinodermos observados en la planicie arrecifal de Anegada de Adentro.

Determinar la distribución de los biotopos en el arrecife.

Determinar la distribución de los equinodermos dentro del arrecife.

Calcular parámetros como riqueza, abundancia, frecuencia, densidad, dominancia, diversidad, diversidad máxima, equitatividad, valor de importancia, test de asociación frecuencia-abundancia e índice de agrupamiento de cuadrantes de la comunidad de equinodermos en el arrecife.



## 4. Área de estudio

### 4.1. Estado de Veracruz

Se ubica a los  $22^{\circ} 28'$  a  $17^{\circ} 09'$  N y  $93^{\circ} 36'$  a  $98^{\circ} 39'$  W y tiene una superficie de  $78,815 \text{ Km}^2$  representando el 3.7% de la superficie del país. Se localiza en la parte central de la vertiente del Golfo de México. Tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (de 286-320 mm) y una temperatura media anual es de  $21\text{-}28^{\circ}\text{C}$  (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008). Tales condiciones contribuyen a la gran diversidad de flora y fauna que éste estado alberga en una de las Áreas Naturales Protegidas más ricas de México, el Parque Marino Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (INE, 2005) (Fig. 1).



Fig. 1 Ubicación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano frente a las costas de Veracruz en el Golfo de México. (Tomado de Google Earth, 2009).

### 4.2. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano

Tiene una superficie de 52,238 ha y está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental en el Golfo de México. Está constituido por un banco de restos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al Pleistoceno reciente, y es producto del descenso en el nivel del mar, debido a la última glaciación. El sistema consta de 23 arrecifes e incluye dos



áreas geográficamente separadas, la primera localizada frente al Puerto de Veracruz e incluye a los arrecifes Gallega, Galleguilla, La Blanquilla, Isla Verde, Isla de Sacrificios, Pájaros, Hornos, Ingeniero, Punta Gorda y Aneгада de Adentro, todos dentro de la isóbata de los 37 m. La segunda área se ubica frente a Punta Antón Lizardo e incluye Giote, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, Enmedio, Cabezo, el Rizo, Santiaguillo, Aneгада de Afuera, Aneгаdilla y Topetillo (INE, 2005) (Fig. 2).



Fig. 2 Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Aneгада de Adentro señalada con color naranja). (Tomado de Google Earth, 2009).

#### 4.3. Zonación de los arrecifes del PNSAV.

Los arrecifes del PNSAV tienen dos estructuras principales: alargada en dirección NW-SE y en forma de riñón con la misma orientación (Lara y col. 1992; Chávez y col. 2007).

Con base a la distribución de especies y a la estructura del arrecife, Chávez y col. distinguen 3 zonas generales: arrecife de sotavento, planicie arrecifal o laguna arrecifal y arrecife de barlovento. Sin embargo, Lara y col. realizaron un modelo usando características topográficas y bentónicas obtenidas en campo, y fotografía aérea y submarina, dividiéndolo en cuatro zonas estructurales: Barlovento o Arrecife frontal, Cresta arrecifal, Planicie o laguna arrecifal y Sotavento o Arrecife posterior (Fig. 3). Cada zona está dividida en varias sub-zonas. El número y las características de las sub-zonas son comunes en la mayoría de los arrecifes.

Este modelo es probablemente el resultado combinado de viento, las corrientes y la sedimentación única para la región de Veracruz (Lara y col. 1992).



Fig. 3. Zonación general de los arrecifes del PNSAV. Modelo de Lara y col. adaptado al arrecife Anegada de Adentro. (Tomado de Google Earth, 2009).

#### 4.4. Arrecife Anegada de Adentro

Es un arrecife de tipo plataforma y se localiza a los  $19^{\circ} 13' 48''$  N y  $96^{\circ} 03' 4''$  W, a 8.3Km de la costa. Tiene forma alargada, con su eje mayor orientado en dirección NW-SE, con 1.85Km de longitud y 530m en su parte más ancha. Presenta un canal dragado de unos 8m de longitud. La mayor parte de su contorno por barlovento está expuesta al embate de las olas. Carece de Isla o tierra emergida, únicamente, en tiempo de bajamar queda expuesto un reducido bajo formado por material coralino que no alcanza los  $12m^2$  de superficie. El faro se ubica al NW del arrecife (Fig. 4,5 y 6). Al igual que en arrecife la Blanquilla, por la posición septentrional que presentan, son los primeros en recibir los fuertes vientos del Norte. La flora marina fue descrita por Turner en 1963 (Lara y col. 1992; Vargas y col., 1993).







Fig. 4. Mapa del arrecife Anegada de Adentro (Tomado de Secretaría de Marina. 1997. Carta de Navegación S. M. 823)

## Anegada de Adentro

Área: 736,900 m<sup>2</sup>

Perímetro: 4,173 m.

Distancia de la costa: 7.5 Km.



Fig. 5. Vista satelital de Anegada de Adentro. (Tomado de Google Earth, 2009).

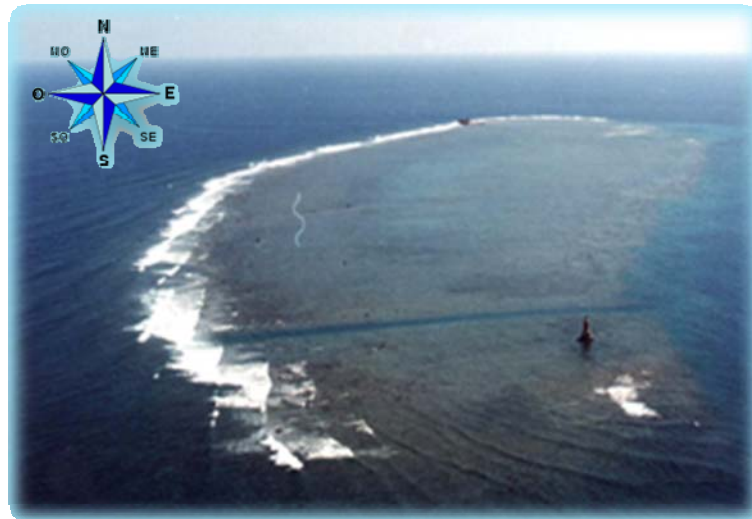


Fig. 6. Vista NE del arrecife Anegada de Adentro (Cortesía del Capitán Corbeta Sín Ing. Quím Jorge Juárez Sarvide).



## 5. Método

Se efectuaron 3 salidas al campo, las cuales fueron de Abril, Julio y Diciembre del 2008. Una de ellas (Abril) fue de muestreo prospectivo, siendo de gran utilidad para una práctica previa del trabajo que se iba a realizar. Todos los muestreos se llevaron a cabo en horarios de 9:00am a 5:00pm aproximadamente.

Muchos equinodermos son vistos fácilmente en el ambiente marino, adheridos a rocas, sobre corales blandos y duros, y muchos otros, sobre arena. Existen especies crípticas y/o nocturnas que se pueden encontrar bajo las rocas y restos de coral, que al levantarlas, es recomendable regresar la roca a la posición original para minimizar el daño al hábitat y evitar aplastar plantas y animales (Solís y Mata, 1999).

### 5.1. Puntos de muestreo

A través de la técnica punto cuadrante, se dividió el mapa de la planicie arrecifal de Anegada de Adentro obtenido de la carta náutica S. M. 823 (Secretaría de marina, 1997), en transectos y a su vez en cuadrantes del mismo tamaño y equidistantes entre sí. El número de cuadrantes y transectos se calcularon con base a una investigación de Islas (2004) elaborada en el arrecife "La Gallega", en donde se relacionó su área, 1,362,000m<sup>2</sup> y el número de cuadrantes (104) con el arrecife "Anegada de Adentro", que tiene un área de 736,900 m<sup>2</sup>, por lo que se obtuvieron un total de 59 cuadrantes de 5x5m<sup>2</sup> distribuidos homogéneamente en 15 transectos. Posteriormente se obtuvo un sistema de coordenadas correspondientes a cada cuadrante y al faro (Apéndice 1); el cual nos sirvió de guía para encontrar los puntos de muestreo. El diseño fue plastificado de manera que fuese seguro sumergirlo ya una vez en el arrecife (Fig. 7).



## 5.2. Diseño de muestreo

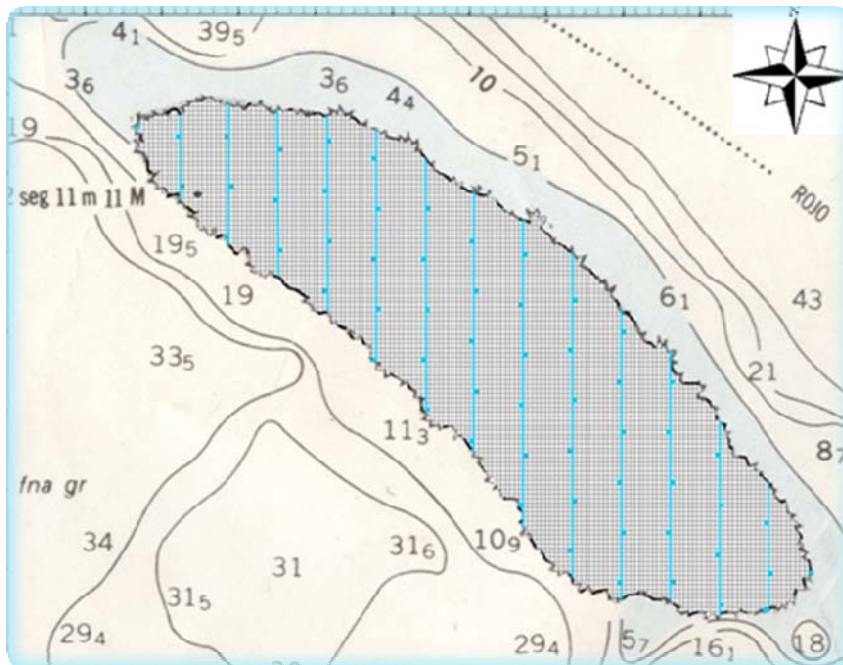


Fig. 7. Relación de cuadrantes y transectos del Arrecife "Anegada de Adentro"

## 5.3. Guía de campo

Previamente fue elaborada una guía de campo, basada en la investigación llevada a cabo por Durán y col. en el 2005, la cual cuenta con una imagen de cada una de las 97 especies reportadas para Veracruz, así como su nombre científico y características distintivas del organismo, esta guía fue enmicada, de manera que fuese sumergible con el fin de tener un apoyo en el campo para las determinaciones *in situ*.

## 5.4. Ajuste de coordenadas



Una vez en el área de estudio, se georeferenció el faro utilizando un geoposicionador GARMIN GPSMAP 76 y se llevó a cabo un ajuste de coordenadas, sumando o restando segundos, según fuera el caso. Posteriormente las coordenadas utilizadas en campo (Apéndice 1) fueron anotadas en una bitácora para la elaboración del mapa de distribución de cuadrantes (Fig. 8). Cabe mencionar que los cuadrantes 6, 41, 46 y 58 tuvieron que cambiar de ubicación, ya que las condiciones de oleaje, profundidad y viento no permitieron realizar el trabajo.

Mapa de distribución

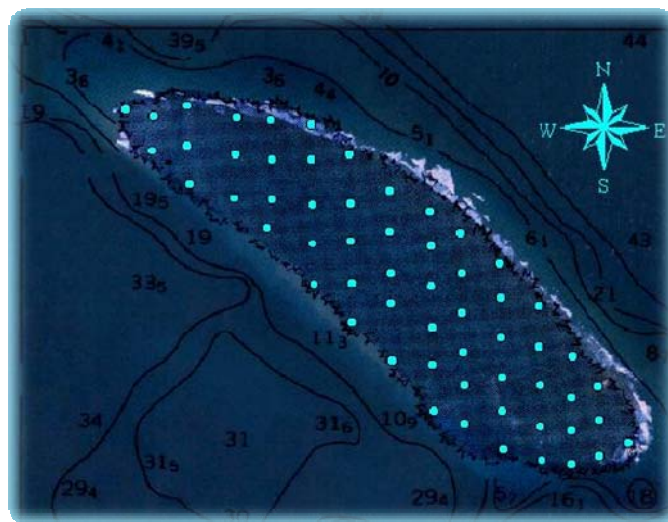


Fig. 8. Distribución de los puntos de muestreo en campo

## 5.5. Obtención de datos

Los muestreos se llevaron a cabo en cuadrantes de  $5 \times 5 \text{ m}^2$  con ayuda de un cabo con plomos marcado cada metro; así mismo, la estimación de la abundancia fue a través de la técnica de conteo directo por medio de buceo libre con apoyo de visor, snorkel y aletas.

En cada cuadrante se obtuvieron datos como: especies presentes (determinación taxonómica *in situ*), número de organismos por especie y asociación al biotopo de cada cuadrante (descritos *in situ* por valoración visual), mismos datos fueron registrados en una bitácora de campo de acrílico sumergible; una vez fuera del arrecife los datos fueron anotados en una bitácora de campo para la conservación de los



mismos. Cabe mencionar que para obtener mejores datos, fue necesario remover arena (en caso de que hubiese) y levantar la pedacera y la roca coralina, así mismo se regresaron a su posición original para minimizar el daño al hábitat.

Para tener evidencia de los organismos determinados en campo, en cada estación se llevó a cabo registro fotográfico de las especies, utilizando el equipo Olympus 750 de 7.2 megapíxeles; cabe mencionar que algunos organismos fueron difíciles de determinar *in situ*, por lo que para una corroboración de los mismos se tomaron más registros fotográficos de algunas de partes claves de la anatomía del organismo, esta vez utilizando el equipo Canon EOS 20D de 8.2 megapíxeles, para su determinación en el laboratorio de Zoología de la FES Iztacala con ayuda de literatura especializada.

## 5.6. Revisión y corroboración de especies

Una vez en el laboratorio, se hizo una revisión detallada de las determinaciones *in situ* utilizando literatura especializada de Hendler y col., 1995; Solís y Laguarda, 1998, Solís y Mata, 1999 y Human y Deloach, 2002. Las cuales fueron confirmadas por el Dr. Francisco Alonso Solís Marín en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

## 5.7. Listado taxonómico y parámetros ecológicos.

Con base en las publicaciones de Laguarda, (2001), Durán y col. (2005) y Laguarda y col. (2005b), se realizó el listado taxonómico de las especies. Posteriormente, con el fin de conocer la dinámica de la comunidad de equinodermos en el arrecife se determinaron valores como riqueza, abundancia, frecuencia, densidad, dominancia, diversidad de Shannon-Weaver ( $\log_2$ ), diversidad máxima, equitatividad de Pielou, valor de importancia relativa, test de asociación frecuencia-abundancia de Olmstead y Tukey y un análisis de agrupamiento de cuadrantes. Los valores de diversidad y el índice de



agrupamiento fueron corroborados en el programa BioDiversity Professional Beta de Neil McAleece, 1997.

## 5.8. Parámetros de la comunidad.

Los algoritmos de cada uno de los parámetros fueron tomados de Sokal y Rohlf (1995), Moreno (2001), Islas (2004), Rocha y col. (2006) y Krebs (2009).

Riqueza de especies: Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

$S$  = Número total de especies

Abundancia- Número de individuos por especie.

$N_i$  = Número de individuos de la especie  $i$

Abundancia relativa: se refiere a la fracción con la que contribuye dicha especie, a la abundancia total.

$$p_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^S N_i}, \text{ donde:}$$

$P_i$ : abundancia relativa de la especie  $i$

$S$ : número total de especies en la comunidad

$N_i$ : abundancia de la especie



Densidad: Número de individuos de una especie por unidad de área.

$$D_i = n_i/A, \text{ donde:}$$

$n_i$ : número de organismos de la especie  $i$

$A$ : área total muestreada

Densidad relativa: Densidad de una especie referida a la densidad de todas las especies del área. Porcentaje que tiene la sp  $X$  del total de individuos de todas las especies.

$$D_iR = (n_i/n_T)100, \text{ donde:}$$

$n_i$ : densidad de la especie  $i$

$n_T$ : sumatoria de las densidades de todas las especies

Dominancia: es la cobertura de todos los individuos de una especie, medida en unidades de superficie. Las especies dominantes son las que tienen un elevado índice de éxito ecológico, y determinan en gran parte las condiciones bajo las cuales crecen las especies con ellas vinculadas.

$$C_i = d_i/A, \text{ donde:}$$

$C_i$ : dominancia de la especie

$a_i$ : área donde aparece la especie  $i$

$A$ : área total arrastrada

Dominancia relativa: es la dominancia de una especie referida a la dominancia de todas las especies. Presenta la probabilidad de encontrar a una especie, dentro del área total muestreada.



$$CiR = (Ci/\Sigma c)100, \text{ donde:}$$

$C_i$ : Dominancia de una especie

$\Sigma c$ : sumatoria de las dominancias

Frecuencia: número de muestras en las que se encuentra una especie.

$$Fi = (mi/MT)100, \text{ donde:}$$

$F_i$ : frecuencia absoluta de las especies

$m_i$ : número de estaciones donde aparece una especie

$MT$ : total de las estaciones muestreadas

Frecuencia relativa: Es la frecuencia de una especie referida a la frecuencia total de todas las especies, es la probabilidad que tiene una especie de ser encontrada dentro del total de estaciones.

$$FiR = (Fi/\Sigma Fi)100, \text{ donde:}$$

$F_i$ : frecuencia de una especie

$\Sigma F_i$ : sumatoria de todas las especies

Diversidad: Se calculó con el Índice de Shannon-Weaver el cual permite conocer la diversidad máxima que puede alcanzar la comunidad y así compararla con el resultado obtenido durante el estudio.

Índice de diversidad Shannon-Weaver

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, \text{ donde:}$$





$H'$ : contenido de información de la muestra (bits/individuo)

$S$ : número de especies

$p_i$ : proporción del total de la muestra que corresponde a la especie  $i$

Diversidad máxima: mide la uniformidad de la distribución de la comunidad.

$$H'_{\text{máx}} = \log_2 S, \text{ donde:}$$

$H'_{\text{max}}$  = diversidad bajo condiciones máximas de equitatividad

$S$  = número de especies

Equitatividad: Es la medida de cómo están repartidos los individuos en las especies, o sea su uniformidad relativa. Cuando todas las especies, en una muestra, son igualmente dominantes, la equitatividad debe ser máxima y disminuir hacia cero, a medida que las abundancias relativas de las especies diverjan lejos de la equitatividad.

Equitatividad de Pielou

$$E = \frac{H'}{H'_{\text{máx}}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

$H'$ : Diversidad.

$H'_{\text{máx}}$ : Diversidad máxima.

$S$ : Riqueza

Valor de importancia: Nos proporciona información de la influencia de dicha especie dentro de la comunidad, varía entre 0 y 300.

$$VIR = DiR + CiR + FiR, \text{ donde:}$$



$D_iR$ : densidad relativa.

$C_iR$ : dominancia relativa.

$F_iR$ : frecuencia relativa

Test de asociación Frecuencia- Abundancia: Nos permite observar los rangos de cobertura de cada especie, la relación que existe entre su frecuencia y su abundancia.

Test de asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1995). Relación entre frecuencias y abundancias de cada especie en un gráfico de dispersión (a cada uno de los datos se les saco el logaritmo base 10 para hacer ajuste de los mismos). En el gráfico el cuadrante superior izquierdo nos muestra las especies que son muy frecuentes y poco abundantes; el cuadrante superior derecho, especies que son muy frecuentes y muy abundantes; el cuadrante inferior izquierdo, especies poco frecuentes y poco abundantes y el cuadrante inferior derecho las especies poco frecuentes y muy abundantes.

Eje Y: Log de frecuencias

Eje X: Log de abundancias

Análisis de similitud y agrupamiento: Es un índice cualitativo que expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas; sólo se registró presencia-ausencia de las especies.

Índice de agrupamiento de Jaccard

$$S_j = a/a + b + c, \text{ donde:}$$

a= Número de muestras en donde ambas especies están presentes.

b= Número de muestras en donde en B aparece pero en A está ausente.

Comunidad de equinodermos en la planicie arrecifal  
de Anegada de Adentro, Veracruz, México.



---

$c$  = Número de muestras en donde en A aparece pero en B está ausente.



## 6. Resultados y discusión

En los 59 cuadrantes muestreados se encontraron un total de 12,573 organismos distribuidos en 20 especies de cuatro de las cinco Clases del filo Echinodermata, una de la Clase Asteroídea, nueve de la Clase Ophiuroídea, ocho de la Clase Echinoídea y dos de la Clase Holothuroídea. El listado taxonómico de las especies observadas en ésta investigación, se obtuvo con base en los trabajos de Laguarda, (2001), Durán y col. (2005) y Laguarda y col. (2005b) y se muestra a continuación.

### 6.1. Listado taxonómico

Filo Echinodermata Brugière, 1791

CLASE ASTEROIDEA DE BLAINVILLE, 1830

Orden Valvatida Perrier, 1884

Familia Ophidiasteridae Verrill, 1870

Género *Linckia* Nardo, 1834

*Linckia guildingii* Gray, 1840

CLASE OPHIUROIDEA GRAY, 1840

Orden Ophiurida Müller y Troschel, 1840

Familia Ophiuridae Lyman, 1865

Género *Ophiolepis* Müller & Troschel, 1840

*Ophiolepis paucispina* (Say, 1825)

Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867

Género *Ophiocoma* Agassiz, 1836



- Ophiocoma echinata* (Lamarck, 1816)  
*Ophiocoma paucigranulata* Devaney, 1974  
*Ophiocoma wendtii* Müller & Troschel, 1842

Familia Ophiodermatidae Ljungman, 1867

Género *Ophioderma* Müller & Troschel, 1840

*Ophioderma cinereum* Müller & Troschel, 1842

Familia Ophiactidae Matsumoto, 1915

Género *Ophiactis* Lütken, 1856

*Ophiactis algicola* H.L. Clark, 1933

*Ophiactis savignyi* (Müller & Troschel, 1842)

Familia Ophiotrichidae Ljungman, 1866

Género *Ophiothrix* Müller & Troschel, 1840

*Ophiothrix lineata* Lyman, 1860

*Ophiothrix orstedii* Lütken, 1856

## CLASE ECHINOIDEA LESKE, 1778

Orden Cidaroida Claus, 1880

Familia Cidaridae Gray, 1825

Género *Eucidaris* Pomel, 1883

*Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816)

Orden Diadematoidea Duncan, 1889

Familia Diadematidae

Género *Diadema* Gray, 1825

*Diadema antillarum* (Philippi, 1845)

Orden Temnopleuroidea Mortensen, 1942



Familia Toxopneustidae Troschel, 1872

Género *Lytechinus* A. Agassiz, 1863

*Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816)

*Lytechinus williamsi* Chesher, 1968

Género *Tripneustes* L. Agassiz, 1841

*Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816)

Orden Echinoida Claus, 1876

Familia Echinometridae Gray, 1825

Género *Echinometra* Gray, 1825

*Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758)

*Echinometra viridis* A. Agassiz, 1863

Orden Spatangoida Claus, 1876

Familia Brissidae Gray, 1855

Género *Brissus* Gray, 1825

*Brissus unicolor* (Leske, 1778)

## CLASE HOLOTHUROIDEA DE BLAINVILLE, 1834

Orden Aspidochirotida Grube, 1840

Familia Holothuriidae Ludwig, 1894

Género *Holothuria* Linnaeus, 1767

Subgénero *Thymiosycia* Pearson, 1914

*Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forsk., 1775)

Familia Stichopodidae Haeckel, 1896

Género *Isostichopus* Deichmann, 1958

*Isostichopus badionotus* (Selenka, 1867)



Se han reportado organismos de la Clase Crinoidea dentro del PNSAV, sin embargo, están registrados a profundidades por debajo de los 9m. (Villanueva, 2008); es por ello que en la presente investigación no se observaron organismos de esta Clase, ya que el muestreo se restringió únicamente en la zona de planicie.

## 6.2. Distribución

### 6.2.1. Distribución de los biotopos en el arrecife

Se observaron ocho categorías de sustrato: roca coralina, pedacería sobre arena, coral vivo, coral muerto, arena, anémonas coloniales, pavimento coralino y algas.

A pesar de que en la mayoría de los cuadrantes se encontraron varios tipos de sustrato, en cada uno de ellos uno fue el predominante y de este modo, forman una estructura del paisaje muy notable. La roca coralina y el pavimento coralino son frecuentes en casi todo los cuadrantes de cresta tanto de barlovento como de sotavento; la pedacería sobre arena sin crecimiento algal (sustrato predominante en todo el arrecife) fue muy común encontrarla en toda la parte central del NO y SE, caso contrario de la pedacería con crecimiento algal que sólo se encontró predominante en tres cuadrantes del SE; el coral vivo sólo fue predominante en la parte central del arrecife, sin embargo en el SE se encuentran los cuadrantes en los que predominó el coral muerto; la arena predominó en la parte central del arrecife (Fig. 9). Las anémonas coloniales y las algas nunca fueron sustratos predominantes.

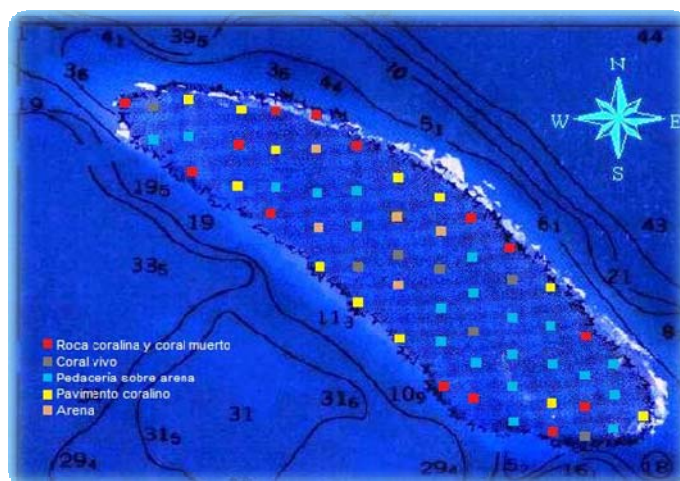


Fig. 9. Distribución de sustratos dentro del arrecife Anegada de adentro, tomando en cuenta el sustrato predominante dentro de cada cuadrante.



## 6.2.2. Distribución de especies con base a los biotopos

Cuadro 1. Asociación de equinodermos y sustrato.

ESPECIE	BIOTOPO
<i>Linckia guildingii</i>	Rc, P/a
<i>Ophiolepis paucispina</i>	P/a
<i>Ophiocoma echinata</i>	Rc, Cv, Cm
<i>Ophiocoma paucigranulata</i>	P/a
<i>Ophiocoma wendtii</i>	Rc, Cv, Cm
<i>Ophioderma cinereum</i>	Rc, Cv, Cm, P/a
<i>Ophiactis algicola</i>	P/a
<i>Ophiactis savignyi</i>	P/a
<i>Ophiothrix lineata</i>	P/a
<i>Ophiothrix orstedii</i>	P/a
<i>Eucidaris tribulooides</i>	Rc
<i>Diadema antillarum</i>	Rc, Ar
<i>Lytechinus variegatus</i>	P/a
<i>Lytechinus williamsi</i>	P/a
<i>Triploneustes ventricosus</i>	Rc
<i>Echinometra lucunter</i>	Rc, Cm, Pc
<i>Echinometra viridis</i>	Rc, Cm, Pc
<i>Brissus unicolor</i>	P/a
<i>Holothuria impatiens</i>	Rc
<i>Isostichopus badionotus</i>	Ar

Rc (roca coralina); Pc (pavimento coralino); P/a (pedacería sobre arena); Cv (coral vivo); Cm (coral muerto); Ar (arena).

*Linckia guildingii* se distribuye en el centro del NO y en el SE del arrecife y se encuentra casi siempre debajo de la pedacería sobre arena y en las grietas de las rocas coralinas. La mayoría de la especies de la Clase Ophiuroidea habitan debajo de la

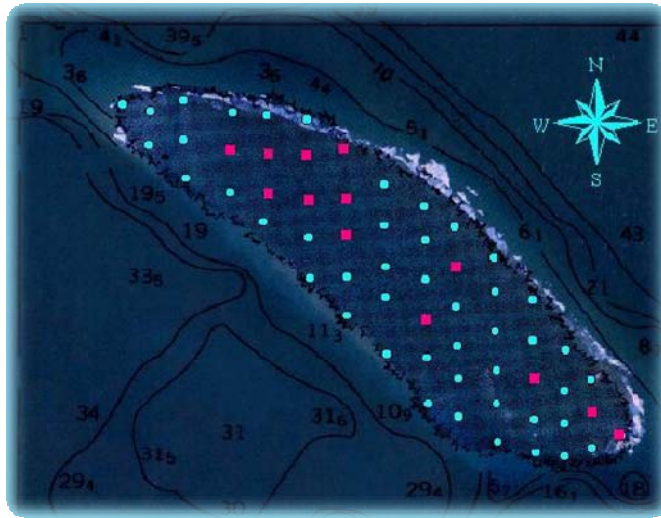




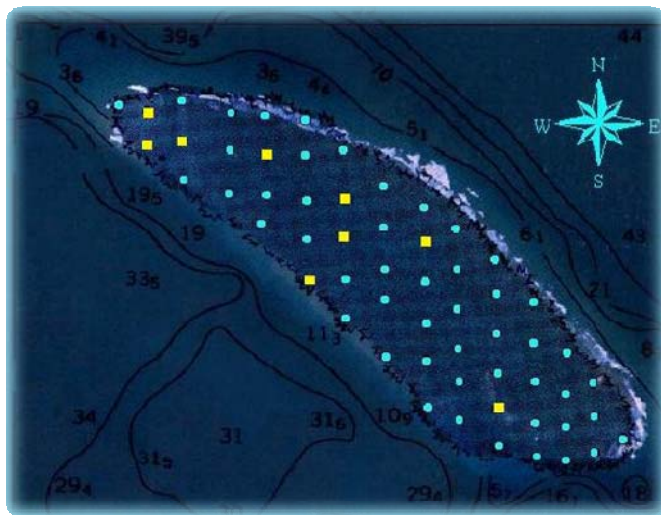
pedacería sobre arena, a excepción de *Ophiothrix lineata*, que se restringe a vivir en esponjas.

En el caso de *Ophiocoma echinata*, *Ophiocoma wendtii* y *Ophioderma cinereum* también se registraron debajo de roca coralina, coral vivo y coral muerto. La distribución de esta Clase es muy amplia dentro del arrecife, sin embargo evitan las zonas de cresta, sobretodo de sotavento. En el caso de Echinoidea, *Echinometra lucunter* y *Echinometra viridis* se distribuyen prácticamente en todo el arrecife, aunque con diferente abundancia, estos erizos prefieren sustratos duros como roca coralina, coral muerto y pavimento coralino; por su parte *Eucidaris tribuloides* tienen una amplia distribución, sin embargo, no fue tan frecuente encontrarlo en sotavento, esta especie se encontró en las grietas de la roca coralina. En el caso de *Diadema antillarum* fue más común encontrarlo sobre arena y en la parte central del arrecife. Los echinoideos que no tuvieron una distribución tan amplia como los ya mencionados, fueron *Lytechinus variegatus*, el cual se distribuye notablemente sólo en la parte NE y SE de barlovento, zonas en donde en la mayoría de los cuadrantes el sustrato predominante es pedacería sobre arena, que coincide con el sustrato en donde se observó a la especie cubierta de conchas y pequeñas rocas, al igual que *Lytechinus williamsi*, sin embargo, éste sólo se encontró en dos cuadrantes en el NO del arrecife. *Brissus unicolor* fue observado sólo en cuatro cuadrantes, dos ubicados en el NO y dos en el SE, cabe mencionar que en todos los casos sólo se encontró el esqueleto del organismo sobre la arena, por lo que inferimos que existe el organismo vivo dentro del arrecife. En el caso de *Triploneustes ventricosus*, se encontró en la parte central del NO del arrecife, totalmente expuesto sobre una roca. Por su parte, ambas especies de Holothuroideos encontradas se ubicaron en la parte central del arrecife, *Isostichopus badiotus* sobre la arena y *Holothuria impatiens* debajo de la roca coralina. (Cuadro 1). Las asociaciones con el sustrato de algunos equinodermos encontrados en la planicie Arrecifal coinciden con los reportes de Celaya y col., (2008), Del Valle (2008) y Villanueva (2008).

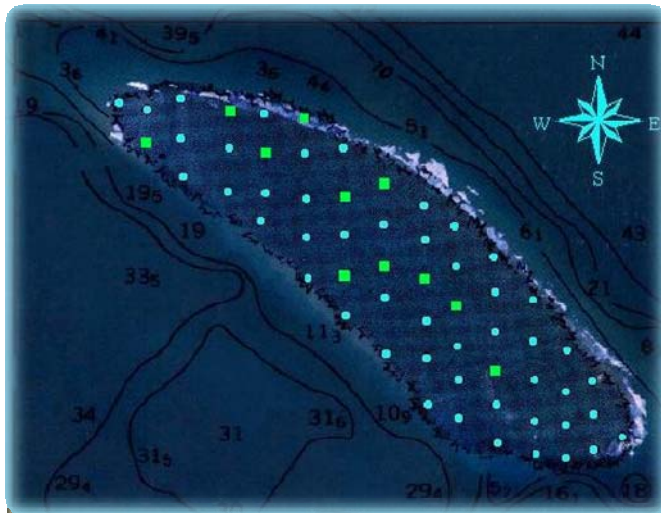
**6.2.3. Mapas de distribución de las especies en la planicie arrecifal de Anegada de Adentro** (marcadas con cuadros de color, estaciones con puntos azules).



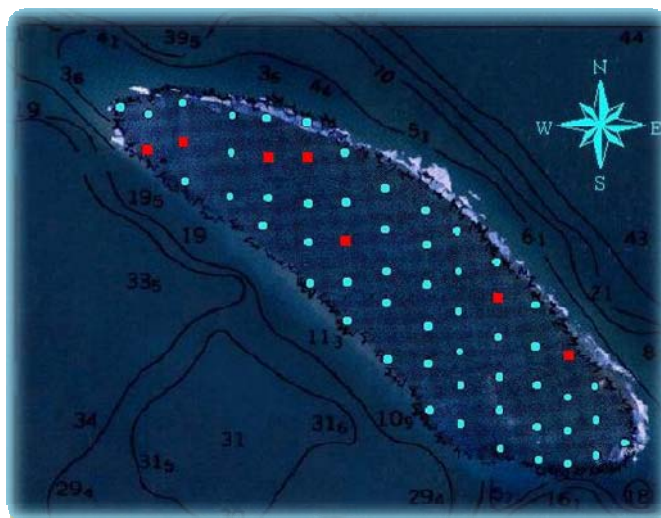
Distribución de *Linckia guildingii*



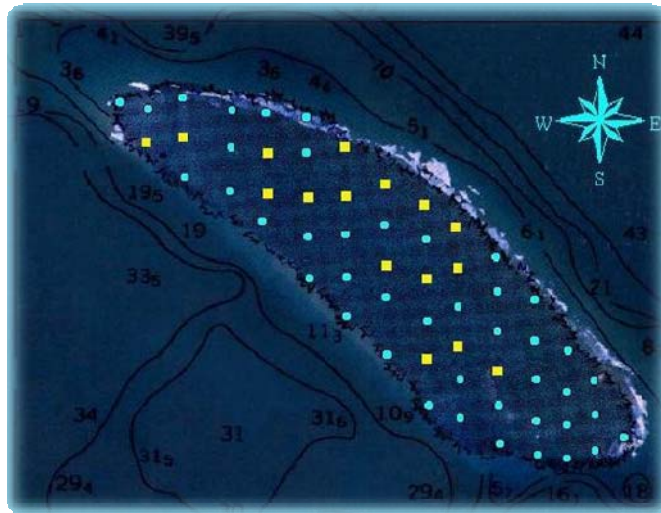
Distribución de *Ophiopsis paucispina*



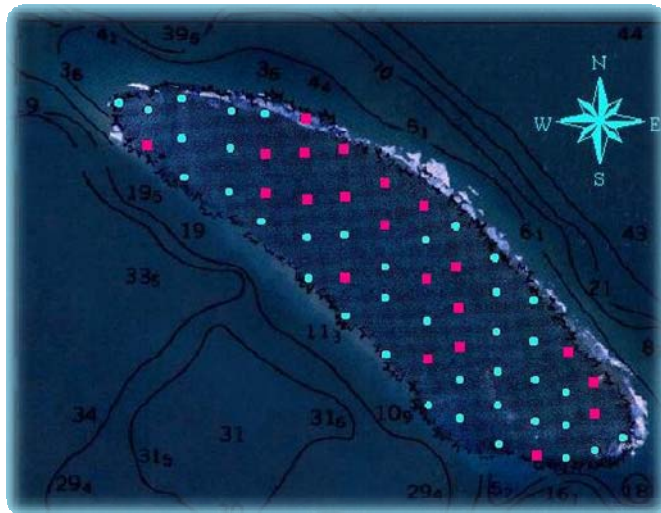
Distribución de *Ophiocoma echinata*



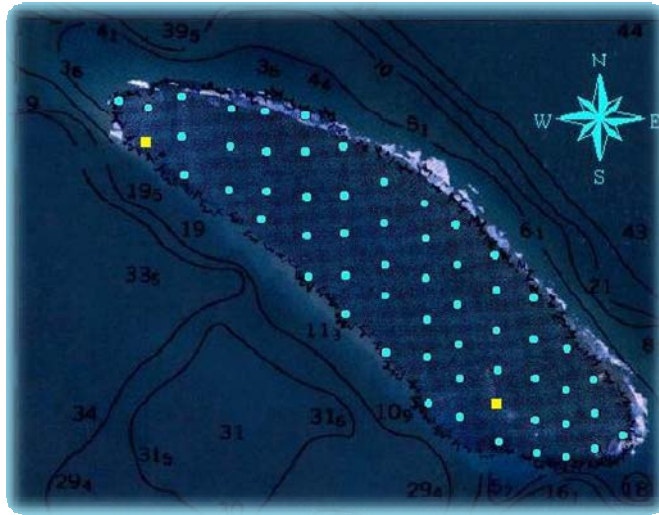
Distribución de *Ophiocoma paucigranulata*



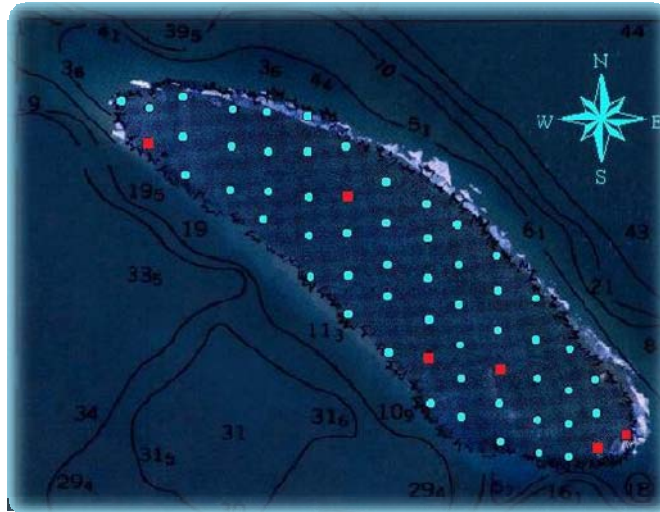
Distribución de *Ophiocoma wendtii*



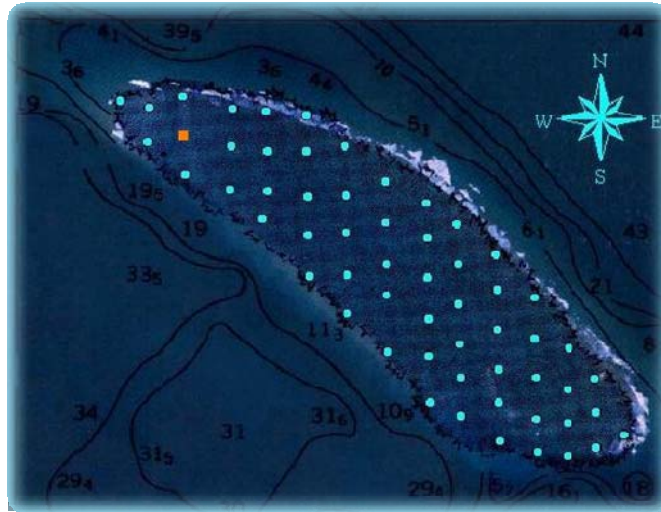
Distribución de *Ophioderma cinereum*



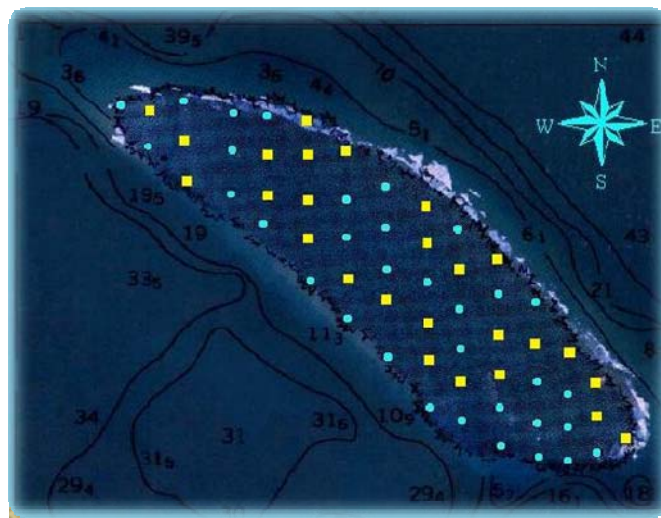
Distribución de *Ophiactis algicola*



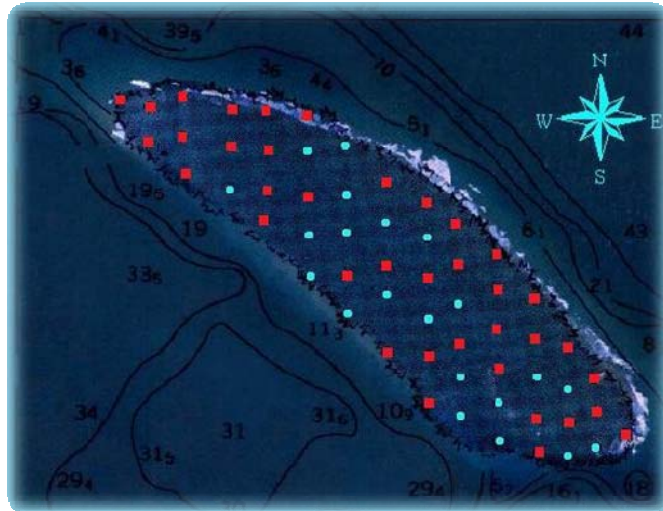
Distribución de *Ophiactis savignyi*



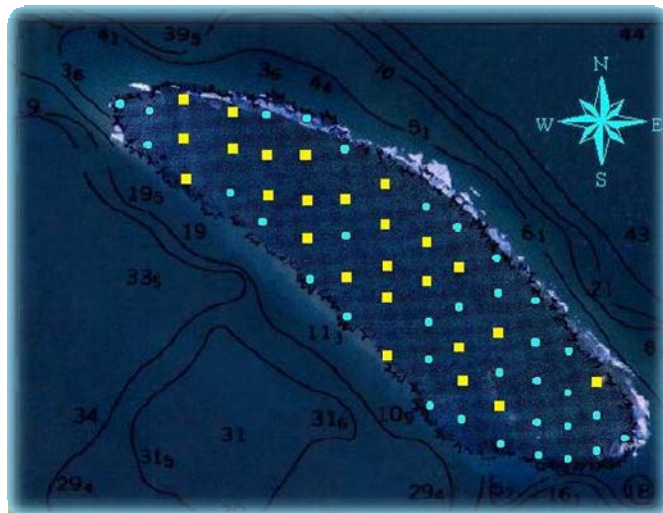
Distribución de *Ophiothrix lineata*



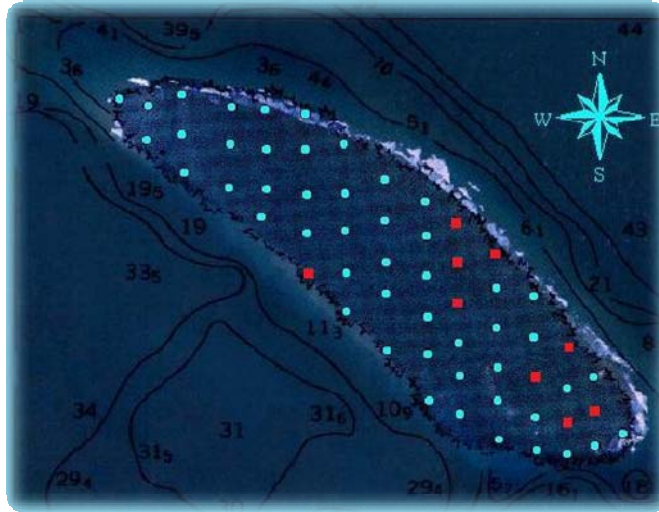
Distribución de *Ophiotrix orstedii*



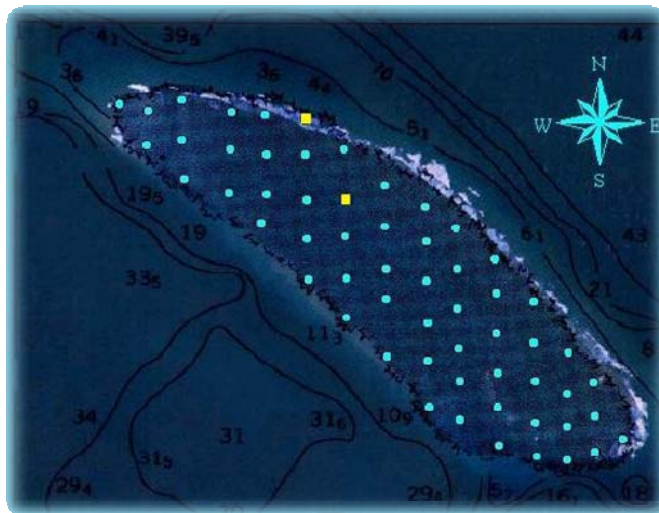
Distribución de *Eucidaris tribuloides*



Distribución de *Diadema antillarum*

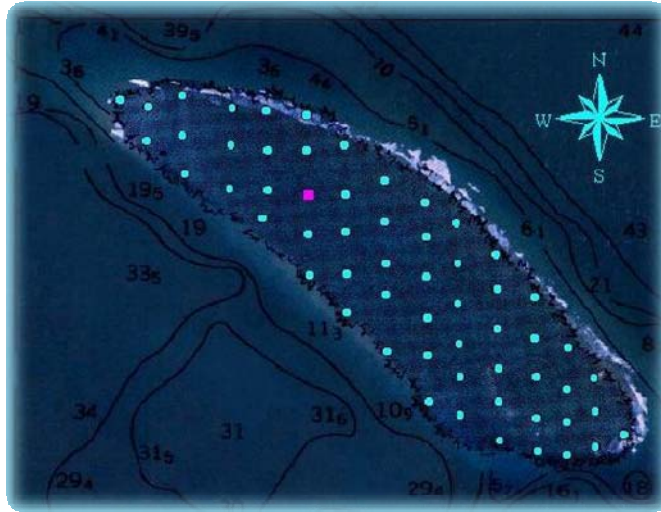


Distribución de *Lytechinus variegatus*

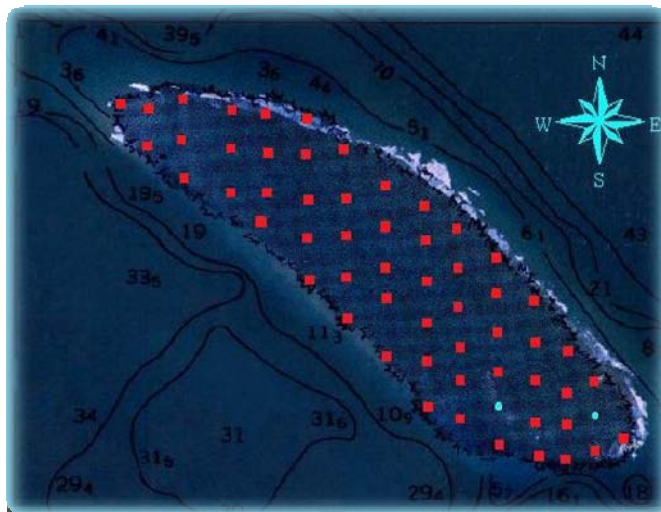


Distribución de *Lytechinus williamsi*

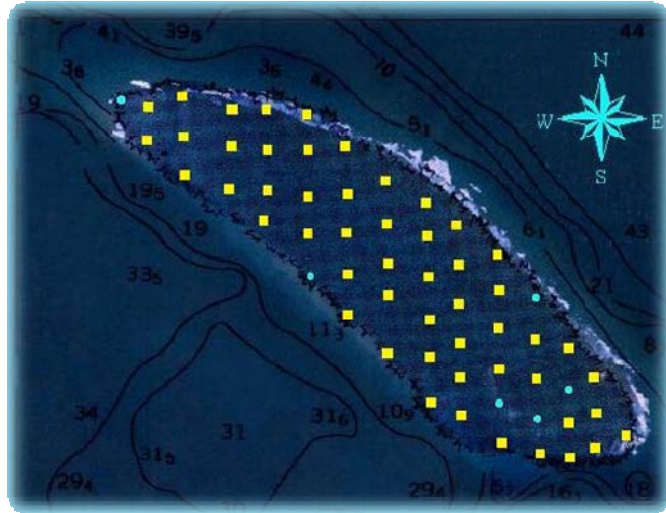




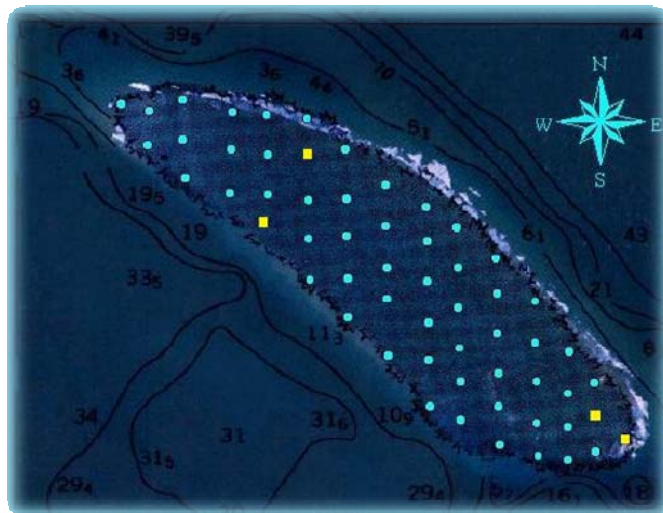
Distribución de *Tripneustes ventricosus*



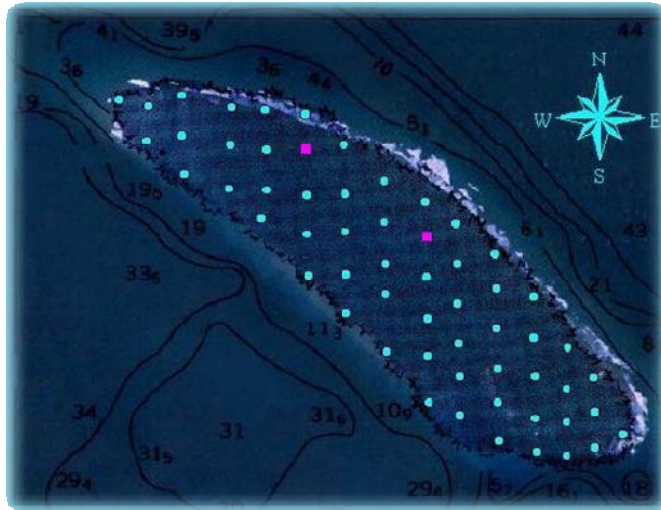
Distribución de *Echinometra lucunter*



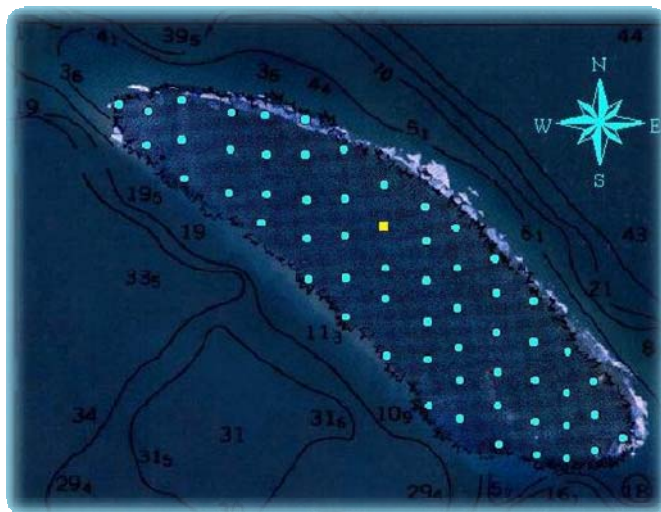
Distribución de *Echinometra viridis*



Distribución de *Brissus unicolor*



Distribución de *Holothuria impatiens*



Distribución de *Isostichopus badiotus*



### 6.3. Parámetros comunitarios

#### 6.3.1. Riqueza de especies

##### 6.3.1.1. Por Clase

La riqueza de especies del arrecife Anegada de Adentro es de 20 especies, siendo las Clases Ophiuroidea y Echinoidea las más representativas, por otro lado Asteroidea y Holothuroidea fueron las Clases con menor número de registro de especies (Fig. 10).

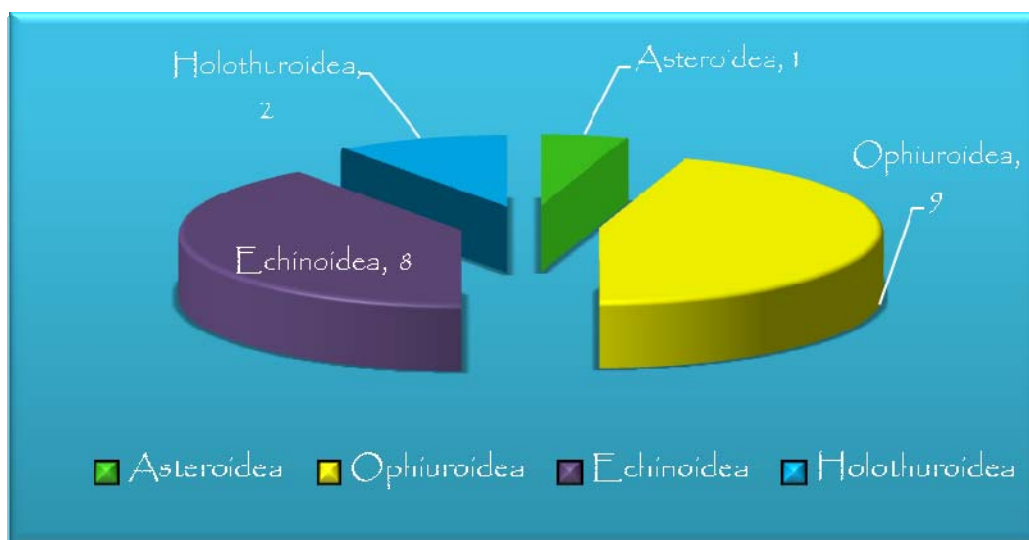


Fig. 10. Riqueza por Clase.

La Clase Ophiuroidea presentó la riqueza específica más alta, esto se relaciona con su fácil adaptación o acomodo a los sustratos presentes en el arrecife, ya que pueden vivir en pequeñas grietas, sobre o debajo de rocas y cabezas de coral así como en las bases de los pastos marinos y macroalgas (Calva, 2002); esto debido a su distintiva morfología, la cual les permite protegerse de depredadores y presentar variadas formas de alimentación, que incluyen depredación, alimentación por suspensión



(pasiva y activa), excavación, alimentación por depósito y probablemente parasitismo (Solís y Mata, 1999).

La Clase Echinoídea también presentó una alta riqueza de especies, muy probablemente porque estos equinodermos son organismos oportunistas, en cuanto a alimentación se refiere, ya que pueden ser herbívoros (de varios tipos), alimentadores por suspensión, o detritívoros. Además, algunas de las especies presentan una gran resistencia a zonas de alta energía de embate (rompiente), ya que viven sujetos a las rocas gracias a sus pies ambulacrales succionadores, y la forma y disposición de sus espinas amortiguan el golpe de las olas. Por otro lado, el bajo registro de especies de la Clase Holothuroídea se debió posiblemente, a que es bien conocido que las especies suelen estar separadas dentro de sus diferentes microhábitats, muy probablemente por su alimentación tan especializada que presentan (Calva, 2003). No obstante, diversos factores ecológicos pueden influir en la distribución de estos organismos como el tamaño del grano del sedimento, la desecación, el contenido de materia orgánica y el oleaje intenso, ya que el constante movimiento del agua afecta la dispersión de las larvas, así como su asentamiento (Skewes y col., 2004); cabe mencionar que Anegada de Adentro es un arrecife con oleaje intenso, además de ser de los primeros en recibir los fuertes vientos del norte y el que estos organismos no sean tan eficaces al obtener su alimento, los restringe demasiado para poder establecerse en esas condiciones. Por último, la Clase Asteroídea presentó la riqueza de especies más baja (observándose sólo una especie), esto se le atribuye principalmente a dos factores, el primero y más importante es debido a la intensa depredación de los organismos por los turistas y comerciantes, hecho que a largo plazo ha tenido ya consecuencias; y el segundo factor es que muchas especies de asteroídeos viven enterrados en la arena (Villanueva, 2008) o dentro de oquedades como los sifones de las esponjas.

#### 6.3.1.2. Por zona

La mayor riqueza de especies se presentó en la parte centro del NO del arrecife, que va de 8 a 11 especies por cuadrante, mientras que la menor riqueza fue registrada en gran parte de la cresta de sotavento con 1 a 3 especies por cuadrante (Fig. 11). Se observó que estos cuadrantes están relacionados entre sí porque comparten los mismos



sustratos, pedacería de coral, coral vivo y arena, que permiten el establecimiento de ciertas especies que no están adaptadas a todo tipo de sustratos como las demás.

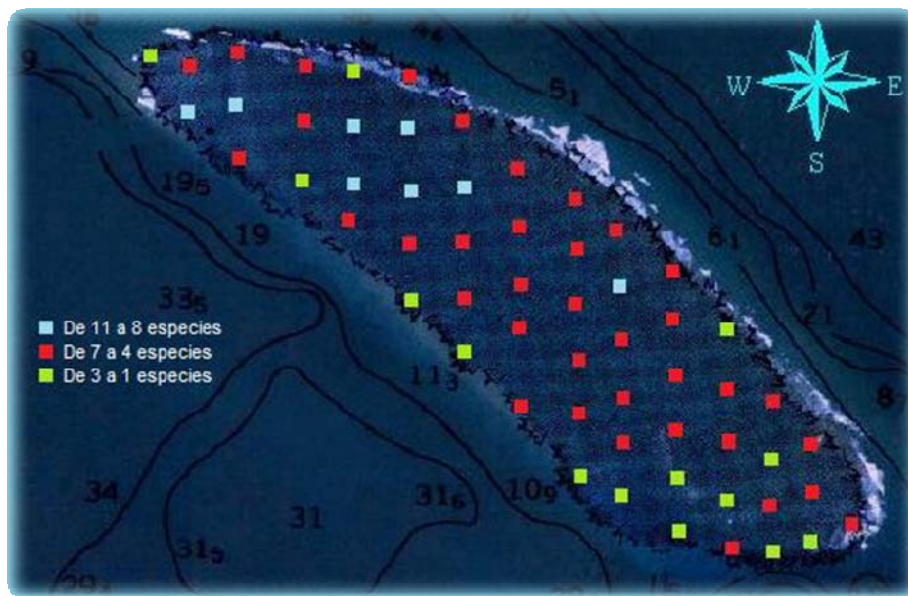


Fig. 11. Riqueza por zona

## 6.3.2. Abundancia

### 6.3.2.1. Por Clase

La abundancia registrada fue de 12,573 organismos.

A pesar que la Clase Ophiuroidea fue la de mayor riqueza de especies, la Clase Echinoidea la supera en abundancia (97%) y densidad ( $8.294 \text{ ind/m}^2$ ), con 12,234 organismos, mientras que la Clase Ophiuroidea con densidad de  $0.212 \text{ ind/m}^2$  representa casi el 2.5% de la abundancia con 313 organismos observados en los cuadrantes; por último las Clases con menor abundancia y densidad fueron Asteroidea



(0.015 ind/m<sup>2</sup>) y Holothuroidea (0.002 ind/m<sup>2</sup>) con 23 y 3 organismos, respectivamente (Fig.12).

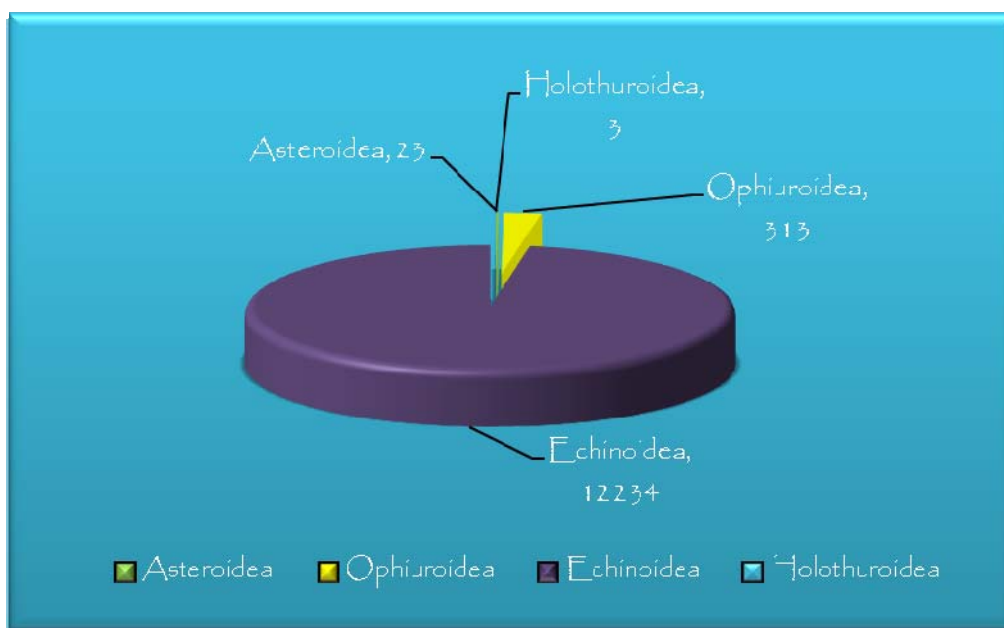


Fig. 12. Abundancia por Clase

### 6.3.2.2. Por especie

La elevada abundancia de la Clase Echinoidea, se debe principalmente a la presencia de *Echinometra lucunter* (Fig. 13), representando el 82% de la abundancia total, con una densidad de 7.015 ind/m<sup>2</sup>, debido a varios factores, es una especie que está adaptada a las zonas someras, las cuales tienen una mayor incidencia de luz y por ende mayor crecimiento algal, lo que aumenta la disponibilidad y la cantidad de alimento para estos erizos, sin embargo, no sólo se alimentan de algas, sino que también se consideran organismos omnívoros y por esto, cuando hay altas cantidades de alimento, la competencia intraespecífica por el recurso es menor. Otro factor es su elevada



resistencia, adaptación y preferencia a las condiciones extremas de oleaje (Monroy y col., 2005), además de la capacidad de supervivencia que presentan a las descargas fluviales que son características del PNSAV, las cuales provocan un constante acarreo de sedimentos, pudiendo también proporcionar nutrientes a la columna de agua generando una mayor cantidad de tapete algal, uno de los tantos alimentos de este echinoídeo (González, 2009).

El echinoídeo con el segundo valor más alto de abundancia, dominancia y densidad ( $1.088 \text{ ind/m}^2$ ) es *Echinometra viridis*, debido al tipo de hábitat al que está adaptado, principalmente grietas de roca coralina, debajo de la pedacería, en ramificaciones de coral y en ocasiones en zonas arenosas asociados con concha y roca; además a menudo permanece escondido en el arrecife, para protegerse de las turbulencias y los depredadores, por lo que son menos visibles (Hendler, 1995). Sin embargo la abundancia de ésta especie no es comparable con *Echinometra lucunter*, pues tan sólo representa el 12% de la abundancia total, no obstante el valor es representativo con referencia a las demás especies de las diferentes Clases, ya que las 18 especies restantes forman, en conjunto, sólo el 6% de la abundancia total.

De la Clase Echinoídea, después de *Echinometra lucunter* y *Echinometra viridis*, por orden de abundancia, dominancia y densidad se encuentran *Eucidaris tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Lytechinus variegatus*, *Brissus unicolor*, *Lytechinus williamsi* y *Tripneustes ventricosus* (Fig. 13). La baja abundancia de estos organismos se debe probablemente a sus hábitos alimenticios pues la mayoría se alimenta de pastos marinos (sustrato que no fue abundante en el área de estudio), a sus hábitos nocturnos y/o crípticos, al hábitat que prefieren y a la sensibilidad que presentan al estrés físico extremo y la perturbación (Hendler, 1995; Abreu y col., 2005; Celaya, 2006).

La Clase Ophiuroídea presentó una abundancia de 313 organismos y fue representada en su mayoría por especies como *Ophioderma cinereum* (115), *Ophiocoma wendtii* (44) y *Ophiothrix orstedii* (72), es bien sabido que son abundantes y están adaptadas casi a todos los sustratos del arrecife (Hendler, 1995); es el caso contrario, el de las tres especies de menor abundancia, *Ophiocoma paucigranulata* (9), especie que es más abundante en zonas profundas, tiene hábitos nocturnos, además vive principalmente en algas y coral, aunque ha sido reportada debajo de la pedacería; por su parte, *Ophiactis algicola* (6) habita en algas coralinas, rocas, algas, briozoos y esponja, mientras que *Ophiothrix lineata* (1) se restringe a habitar esponjas largas, sin embargo, se le ha encontrado en gorgonias y corales (Clark, 1933), (Hendler, 1995).





Por otro lado, la Clase Asteroidea tuvo una abundancia de 23 organismos registrados de una sola especie *Linckia guildingii*. Por último la Clase Holothuroidea tuvo una baja riqueza y baja abundancia, registrándose sólo tres organismos de dos especies, dos organismos de *Holothuria impatiens* y un organismo de *Isostichopus badiototus*.

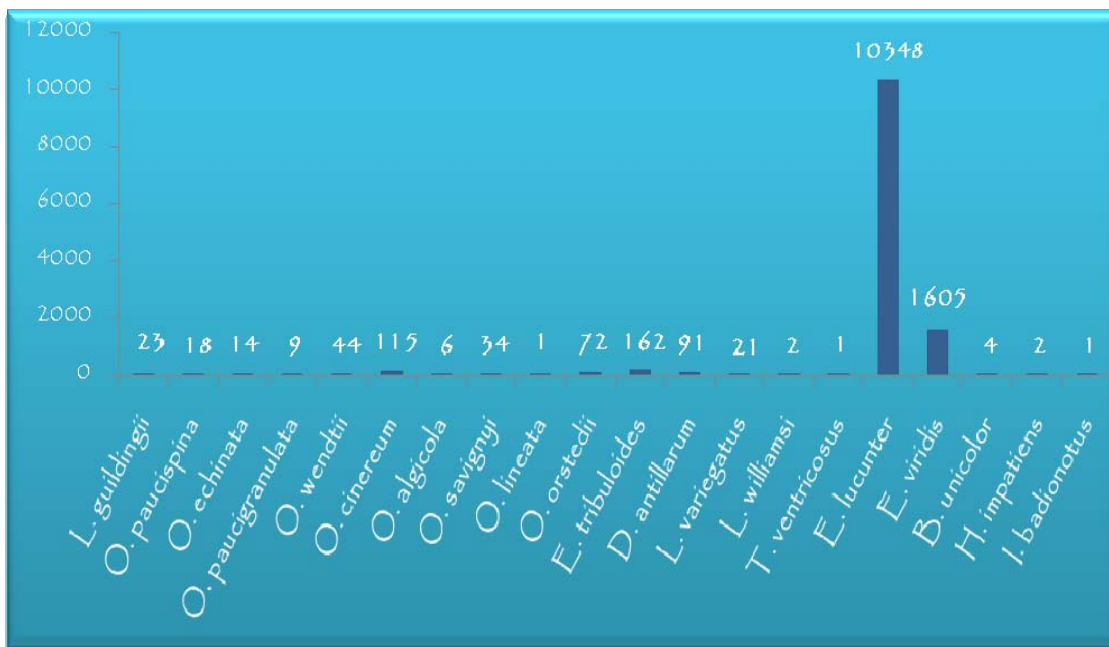


Fig. 13. Abundancia por especie

### 6.3.2.3. Por zona

La mayoría de los cuadrantes en donde se registró la mayor abundancia se encuentran en la cresta de barlovento (Fig. 14), cabe mencionar que esta abundancia se debe principalmente a *Echinometra lucunter* y se relaciona con el tipo de sustrato que presentan los cuadrantes, pavimento coralino y roca coralina predominantemente, sustrato ideal para la supervivencia de esta especie aunado a la energía fuerte del oleaje



que presenta esa zona. Por el contrario, las abundancias más bajas se registraron en los cuadrantes de la parte central a todo lo largo de la planicie, en los cuales los sustratos predominantes fueron arena y pedacería sobre arena.



Fig. 14. Abundancia por zona

### 6.3.3. Diversidad



La planicie del arrecife Anegada de Adentro presenta una diversidad baja con un valor calculado de 0.979 bits/ind y una equitatividad de 0.226, esto último indica que hay especies que dominan el arrecife.

#### 6.3.4. Valor de importancia relativa (VIR)

Los valores de importancia relativa se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. VIR de las especies

Especie	VIR	Especie	VIR
<i>Echinometra lucunter</i>	119.80	<i>Ophiolepis paucispina</i>	6.06
<i>Echinometra viridis</i>	47.63	<i>Ophiocoma paucigranulata</i>	4.67
<i>Eucidaris tribulooides</i>	26.29	<i>Ophiactis savignyi</i>	4.21
<i>Ophiothrix orstedii</i>	17.67	<i>Brissus unicolor</i>	2.66
<i>Diadema antillarum</i>	17.17	<i>Ophiactis algicola</i>	1.36
<i>Ophioderma cinereum</i>	14.73	<i>Lytechinus williamsi</i>	1.33
<i>Ophiocoma wendtii</i>	10.87	<i>Holothuria impatiens</i>	1.33
<i>Linckia guildingii</i>	8.73	<i>Ophiothrix lineata</i>	0.66
<i>Ophiocoma echinata</i>	7.34	<i>Tripneustes ventricosus</i>	0.66
<i>Lytechinus variegatus</i>	6.08	<i>Isostichopus badionotus</i>	0.66

El valor más alto lo tuvo *Echinometra lucunter*, revelando la gran influencia que tiene la especie dentro de la comunidad, ésta está relacionada con aspectos de su



biología, mencionados anteriormente. El segundo valor más alto lo tuvo *Echinometra viridis*, a pesar de que la biología de esta especie es similar a *Echinometra lucunter*, difiere en que está mejor adaptada a zonas profundas, por lo que su abundancia en esas zonas es mayor que en planicie. Lo anterior coincide con Villanueva (2008), quien en su investigación llevada a cabo en el talud de la Galleguilla encontró *E. viridis* con una abundancia mayor que *Echinometra lucunter* y con González (2009) quien realizó una investigación en el PNSAV y en los arrecifes de Cozumel a profundidades de 5 a 15m encontrando también mejor representado a *Echinometra viridis* que a *Echinometra lucunter*. El tercer valor más alto lo tuvo *Eucidaris tribuloides* (Cuadro 2), relacionándose con la presencia de sustratos en el arrecife a los que este organismo se adapta con facilidad, así como por sus hábitos alimenticios, ya que esta especie tiende a variar su dieta dependiendo de la zona en la que se encuentre, por lo que se le podría considerar como omnívoro, sin embargo, este erizo es más sensible al estrés causado por el impacto y deterioro de su hábitat, ya sea por causas naturales o actividades antropogénicas (Celaya, 2006).

### 6.3.5. Test de asociación de Olmstead y Tukey

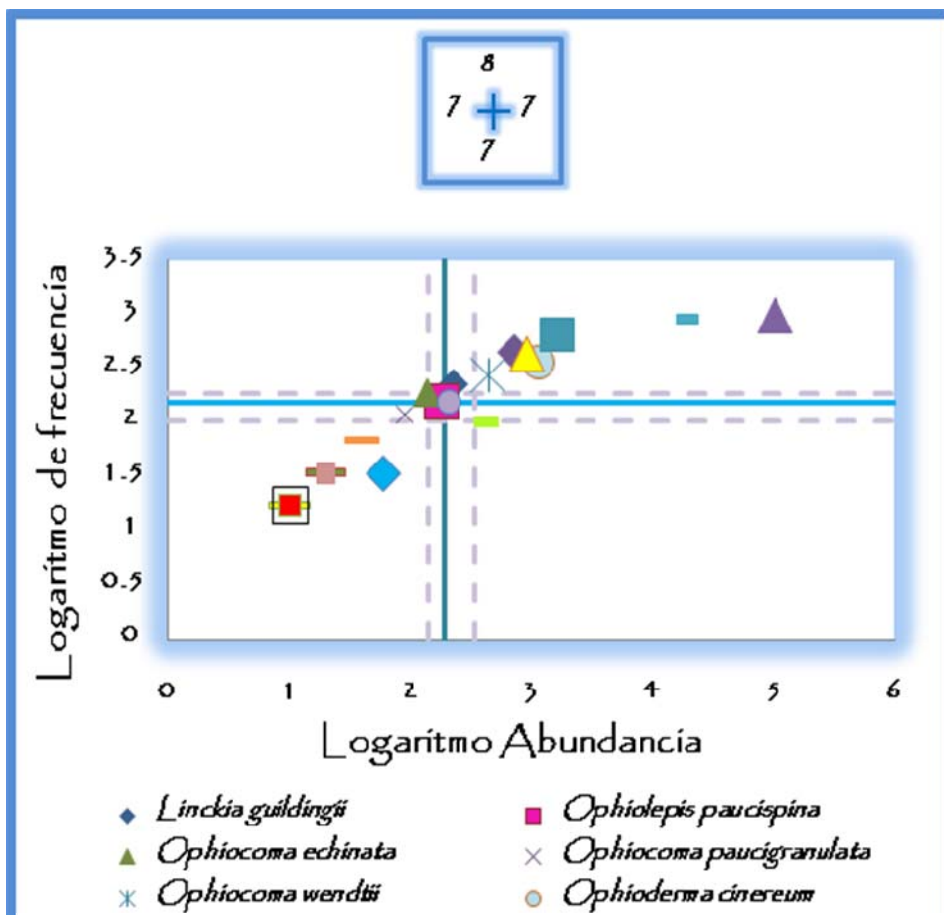




Fig. 15. Test de asociación de Olmstead y Tukey

Las especies de equinodermos registradas en la planicie arrecifal de Anegada de Adentro se ubican principalmente en dos cuadrantes del gráfico de dispersión (Fig. 15), con un valor de significancia del 0.001 (Tabla FF) (Sokal y Rohlf, 1995) las dominantes, que se caracterizan por ser especies muy abundantes y frecuentes fueron *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Eucidaris tribuloides* y *Diadema antillarum* de la Clase Echinoidea, al igual que *Ophioderma cinereum*, *Ophiothrix orstedii* y *Ophiocoma wendtii* de la Clase Ophiuroidea. Por otro lado, están las especies poco abundantes y poco frecuentes, también denominadas como raras, en donde se ubican *Brissus unicolor*, *Lytechinus williamsi* y *Tripneustes ventricosus* de la Clase Echinoidea; de la Clase Ophiuroidea, *Ophiactis algicola* y *Ophiothrix lineata* y aquí aparecen las dos especies de la Clase Holothuroidea, *Holothuria impatiens* e *Isostichopus badionotus*. El echinoideo *Lytechinus variegatus*, los ofiuros *Ophiocoma paucigranulata* y *Ophiolepis paucispina* y el asteroideo *Linckia guildingii*, se ubicaron en la zona intermedia, es decir, que son especies que tienen frecuencia y abundancia indefinida. En el cuadrante de especies frecuentes, pero poco abundantes se encuentra *Ophiocoma echinata*, mientras que en el cuadrante de especies poco frecuentes, pero abundantes se ubica *Ophiactis savignyi* (Fig. 15).



### 6.3.6. Índice de agrupamiento.

Se realizó una base de datos de las especies registradas, se logró obtener un dendrograma que nos muestra un análisis de similitud y agrupamiento de los cuadrantes muestreados (Fig. 16).

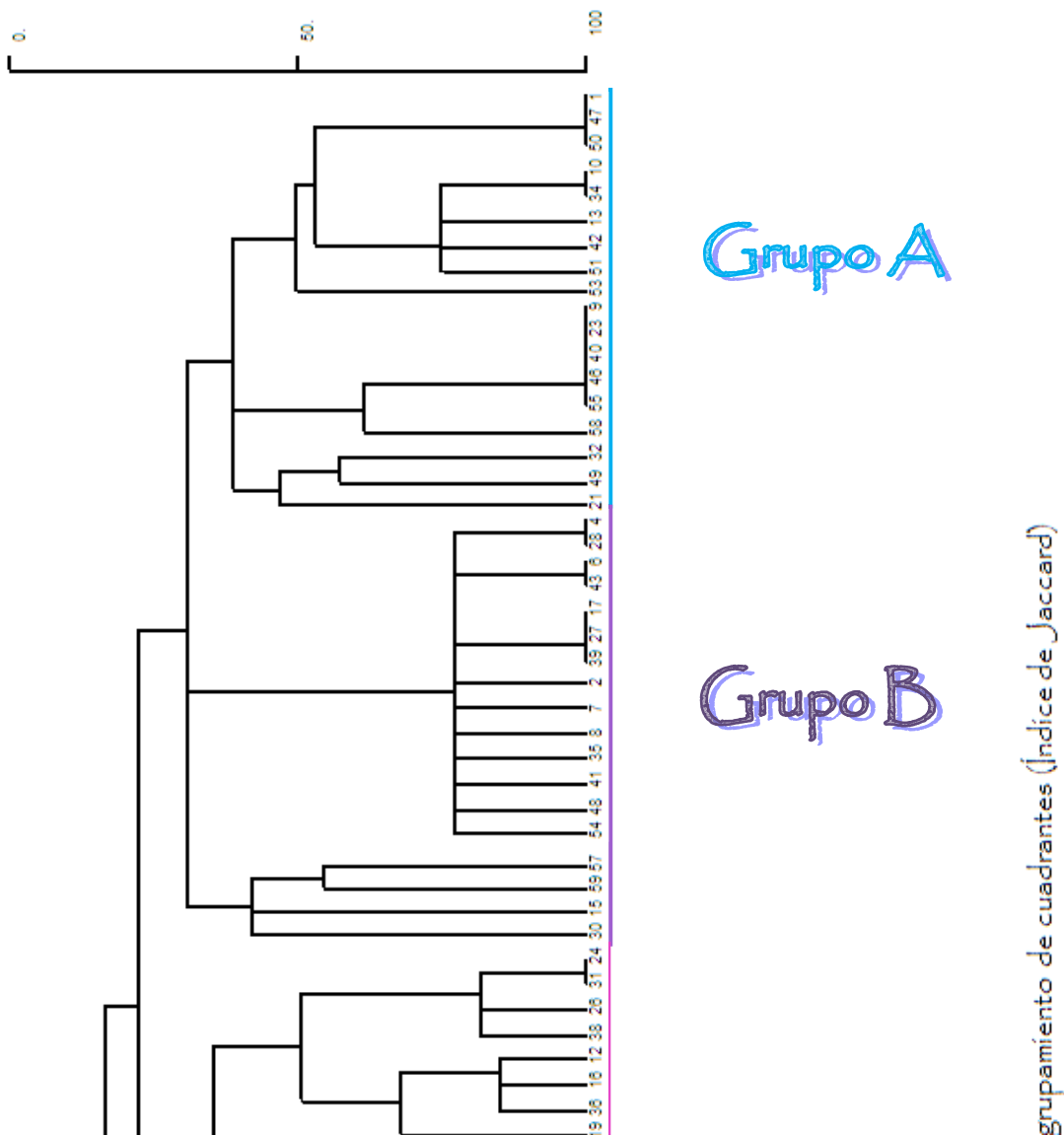






Fig. 17. Mapa de similitud y agrupamiento de cuadrantes. (Los colores de los cuadrados indican a qué grupo del dendrograma pertenecen).

Existen varios grupos que se unen en similitud alta (Fig. 16), sin embargo, esta similitud se debe principalmente a que son cuadrantes en donde se encontraban *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Eucidaris tribuloides*, *Diadema antillarum*, *Ophiothrix orstedii* y *Ophioderma cinereum*, especies que son de amplia distribución por su adaptación a diversos tipos de sustratos, como son arena, roca coralina, pavimento coralino y pedacería sobre arena.

Sin embargo, haciendo un corte al 66%, se pueden observar cuatro principales grupos. El grupo A está formado, en su mayoría, por cuadrantes de cresta de sotavento, abarcando además, gran parte del SE de la planicie (Fig. 17), esto está relacionado con el tipo de sustrato presente en esta zona, pavimento coralino, coral muerto y roca coralina, los cuales permiten el alojamiento de especies como *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis* y *Eucidaris tribuloides*; cabe mencionar que la abundancia en esta zona no es muy alta a comparación con la cresta de barlovento, ya que las condiciones de oleaje son distintas entre ambas zonas.

En el grupo B, hubo la excepción de juntar dos grupos (Fig. 16) para que la distribución con base en la similitud de los cuadrantes fuese más notable (Fig. 17), el grupo está caracterizado por constituirse de cuadrantes que comparten únicamente las especies de amplia distribución, como *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Eucidaris tribuloides*, *Diadema antillarum* y *Ophiothrix orstedii*, esto está relacionado con el sustrato de los cuadrantes, así como a la biología de las especies, ya antes mencionado.

Otro evidente grupo es el C, ubicado en la parte central a todo lo largo del arrecife (Fig. 17), así mismo se encuentran los cuadrantes con mayor riqueza, presentándose *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Eucidaris tribuloides*, *Ophiactis savignyi*, *Ophiocoma paucigranulata*, *O. orstedii*, *O. cinereum*, *O. paucispina*, *O. echinata*, *Ophiocoma wendtii*, *Ophiothrix lineata*, *Linckia guildingii*, *Lytechinus variegatus* y *Diadema antillarum*, esto está directamente relacionado con la





variedad de sustratos presentes como la arena, el coral vivo, la pedacería sobre arena y la roca coralina.

Los grupos D, E y F están formados por cuatro cuadrantes diferentes al resto y su similitud está dada por la presencia de *Ophiolepis paucispina* para el grupo E y F, por otro lado las especies *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis* y *Ophioderma cinereum* unen el grupo D al A, B y C.



## 7. Consideraciones finales

La importancia de este trabajo radica principalmente por la contribución al conocimiento de los equinodermos en el PNSAV, ya que 15 de las 20 especies observadas en este trabajo son el primer registro para el arrecife Anegada de Adentro, pues generalmente este arrecife, no está incluido en las investigaciones que se llevan a cabo en éste Parque Nacional.

La especie de ofiuroides *Ophiactis algicola*, es el primer registro para el estado de Veracruz, se ha reportado para el Caribe (Laguarda y col., 2005b).

Complementando la riqueza que obtuvimos de la Clase Echinoidea con la investigación realizada por González (2009), quien reporta las especies *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Diadema antillarum*, *Lytechinus variegatus*, *Eucidaris tribuloides* y *Arbacia punctulata* en Anegada de Adentro en profundidades que van de 5 a 15m, el registro de la Clase Echinoidea es de nueve especies, ya que, únicamente en planicie, en este trabajo se registró una riqueza de ocho especies (*Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Diadema antillarum*, *Lytechinus variegatus*, *Lytechinus williamsi*, *Eucidaris tribuloides*, *Triploneustes ventricosus* y *Brissus unicolor*) para la Clase. No obstante, es importante realizar un estudio más a fondo, en el que se incluya la revisión de organismos que sirven como hábitat para algunas especies de equinodermos, tales como briozoos, esponjas y corales. Existen organismos con hábitos nocturnos y cripticos, por lo que se recomienda también llevar a cabo investigaciones con muestreo nocturno, así como muestreos dirigidos en sustratos como arena para el caso de algunas especies de Echinoideos, Asteroideos y Holothuroideos que viven enterrados.



## 8. Conclusiones

- ⌚ Se registró una riqueza de 20 especies de equinodermos en la planicie Arrecifal de Anegada de Adentro.
- ⌚ Las Clases que presentaron mayor riqueza fueron Ophiuroidea y Echinoidea y las de menor riqueza fueron Asteroidea y Holothuroidea.
- ⌚ No se encontraron organismos pertenecientes a la Clase Crinoidea, debido a que son organismos de zonas profundas.
- ⌚ La mayor riqueza de especies se encontró en la parte central del NO del arrecife y la menor en ambas zonas de cresta, especialmente la de sotavento y el SE de la planicie.
- ⌚ *Echinometra lucunter* fue la especie más abundante con 10,348 organismos registrados.
- ⌚ *Triploneustes ventricosus*, *Ophiothrix lineata* e *Isostichopus badionotus* son las especies menos abundantes, registrándose un organismo para cada una de las especies.
- ⌚ La Clase Echinoidea fue la que presentó la mayor abundancia, seguido de la Clase Ophiuroidea. Las menos abundantes fueron Asteroidea y Holothuroidea.
- ⌚ Las especies más dominantes fueron *Echinometra lucunter* y *Echinometra viridis* y las menos dominantes fueron *Triploneustes ventricosus*, *Ophiothrix lineata* e *Isostichopus badionotus*.
- ⌚ La planicie del arrecife Anegada de Adentro tuvo una diversidad de 0.979 bits/ind y una equitatividad de 0.226.
- ⌚ Las especies más importantes en la planicie del arrecife son *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis*, *Eucidaris tribuloides*, *Ophiothrix orstedii* y *Ophioderma cinereum*, ya que son de amplia distribución.
- ⌚ El índice de Jaccard mostró una similitud alta entre los cuadrantes ubicados en zonas de cresta, principalmente sotavento. Así mismo reveló una similitud entre cuadrantes de la parte central a lo largo de toda la planicie.
- ⌚ El sustrato predominante dentro de la planicie fue la pedacería sobre arena, sin embargo, en las cresta dominan sustratos como el pavimento coralino y roca coralina.



- ⌚ Las estaciones con un mayor número de especies presentan cerca del 100% de pedacería como sustrato.
- ⌚ El tipo de sustrato y las condiciones de oleaje en las diferentes zonas del arrecife influyen directamente en la distribución de los equinodermos.
- ⌚ Existen factores como hábitos nocturnos, hábitos crípticos, tipo de hábitat, oleaje intenso y la extracción desmedida de organismos que influyen en la abundancia y riqueza que se obtuvo en esta investigación.



## 9. Literatura citada

- Abreu, P. M., F. A. Solís y F. A. Laguarda. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Asteroídea y Ophiuroídea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 53 (Supl. 3) 29-52. In: Alvarado, J. J. y J. Cortés. 2005. Estudios Latinoamericanos en Equinodermos. *Revista de Biología Tropical. International Journal of Tropical Biology and Conservation*. Vol. 53 (Supl. 3). 364 pp.
- Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2002. *Invertebrates*. 2<sup>da</sup>. ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. 936pp
- Buitrón, S. B. E. y M. F. A. Solís. 1993. La biodiversidad en los Equinodermos Fósiles y Recientes de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Vol. Esp. (XLIV). 209-231 pp.
- Calva, L. 2002. Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 1. Estrellas de mar y estrellas serpiente. *ContactoS* (46). 59-68 pp.
- Calva, L. 2003. Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 2. Erizos de mar y Pepinos de mar. *ContactoS* (47). 54-63pp.
- Carricart-Ganivet, J.P y G. Horta-Puga. 1993. Arrecifes de coral en México. pp 81-92. In *Biodiversidad marina y costera de México*. S.I Salazar Vallejo y N.E Gonzales (eds.). Comisión Nacional para el conocimiento y aprovechamiento de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, 865 pp.
- Celaya, E. V. 2006. Erizos regulares (Echinodermata: Echinoídea) de la parte sur de la laguna Arrecifal de Isla Verde, Veracruz, Ver. México. Tesis



- Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 214 pp.
- Celaya, E. V., F. A. Solís, A. Laguarda y A. de la L. Durán. 2008. Asociación de sustratos de los erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en la laguna Arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*. 56 (Suppl. 3): 281-295.
  - Chávez, E., J. W. Tunnell Jr. y Withers, K. 2007. Reef Zonation and Ecology: Veracruz Shelf and Campeche Bank. 41-67. In: Tunnel Jr., J. W., E. A. Chávez y Withers K. *Coral reefs of the southern Gulf of Mexico*. Texas A&M University press. U.S.A. 177pp.
  - CONABIO, 2007 ([www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)).
  - Clark, H. L. 1933. A handbook of the littoral echinoderms of Porto Rico and the other West Indian Islands. *Scientific Survey. Porto Rico Virgin Islands*. 16: 1-147.
  - Del Valle, G. R., P. M. Abreu, R. Rodríguez, F. A. Solís, F. A. Laguarda y G. A. de la L. Durán. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del occidente del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 56 (Suppl. 3) 19-35. In: Alvarado, J. J. y J. Cortés. 2008. *Estudios Latinoamericanos en Equinodermos II*. *Revista de Biología Tropical. International Journal of Tropical Biology and Conservation*. Vol. 56 (Supl. 3). 364 pp.
  - Durán G.A., F.A. Laguarda, M.F. Solís, S.B. Buitron, A.C. Gust y V.J. Torres. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*. 53(Suppl. 3): 53-68.
  - Gobierno del Estado de Veracruz, 2008. ([www.veracruz.gob.mx](http://www.veracruz.gob.mx))



- González, A. M. A. 2009. Estructura de las asociaciones y diversidad morfológica de erizos de mar (Echinoidea) en los Parques Nacionales Sistema Arrecifal Veracruzano y Arrecifes de Cozumel, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 93pp.
- Google <sup>TM</sup> Earth 5.0. 2009. Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO.
- Hender G, J.E. Miller, D.L. Pawson, P. M. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins and allies equinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press. Washington. 390pp
- Humann P. y N. Deloach. 2002. Reef creature identification Florida Caribbean Bahamas. 2<sup>da</sup>. ed. New World Publication. Jacksonville, Florida USA. 420pp.
- Instituto Nacional de Ecología 2005. ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).
- Islas, P. T. 2004. Pelecípodos de la planicie del arrecife la Gallega, Veracruz, México. Tesis licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 102 pp.
- Krebs, J. C. 2009. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 6<sup>ta</sup>. ed. Benjamín Cummings. San Francisco, California, USA. p. 568-569
- Laguarda, F. 2001. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe de México: Puerto Morelos, Quintana Roo. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Ecología de Equinodermos.



- Laguarda, F. A., A. J. Gutiérrez, Solís-Marín, A. D. González y V. J. Torres. 2005a. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 53 (Suppl. 3): 69-108.
- Laguarda, F. A., F. A. Solís-Marín, A. D. González, C. G. Ahearn, S. B. E. Buitrón y V. J. Torres. 2005b. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 53 (Suppl. 3): 109-122.
- Lara, M., C. Padilla, C. García y J. J. Espejel. 1992. Coral Reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam*. 1: 535-544.
- Monroy, L. M. y O. D. Solano. 2005. Estado poblacional de *Echinometra lucunter* (Echinoidea: Echinometridae) y su fauna acompañante en el litoral rocoso del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 53 (Suppl. 3) 291-297. In: Alvarado, J. J. y J. Cortés. 2005. Estudios Latinoamericanos en Equinodermos. *Revista de Biología Tropical. International Journal of Tropical Biology and Conservation*. Vol. 53 (Supl. 3). 364 pp.
- Moreno, E. C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *Manuales y Tesis SEA*. Vol 1. Gorfi S. A. Zaragoza, España. 86pp
- Ramamoorthy, T. P., R. Bye, Lot, A. y J. Fa. 1993. *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Oxford University Press. New York, Oxford. 812pp.
- Rocha, R. A., L. R. Chávez, A. Ramírez y O. S. Cházaro. 2006. *Comunidades. Métodos de estudio*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 248 pp.
- Rupert, E. E. y R. D. Barnes. 1996. *Zoología de los invertebrados*. 6<sup>ta</sup>. ed. McGraw-Hill Interamericana. México, D. F. 1114pp.





- Sarvide J.J. 2002. Catálogo fotográfico del parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Secretaría de Marina.
- Secretaría de Marina. 1997. Carta de Navegación S. M. 823 Veracruz y proximidades, 1:25 000. 2<sup>da</sup>. ed. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. México, D.F.
- Secretaría de medio ambiente y recursos naturales 2005. ([www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx))
- Skewes, T. Haywood, M. Pitcher, R. y Willian, R. 2004. Holothurians. pp 281-290. In: National Oceans Office. Description of Key Species Groups in the Northern Planning Area. Hobart, Australia government. 320pp.
- Smith, A. B. 1997. Echinoderm Larvae and Phylogeny. Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 28. pp. 219-241
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 2000. Biometry. 6<sup>ta</sup> ed. W. H. Freeman and company. United States of America. 887pp.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1995. Statistical tables. 3<sup>ra</sup> ed. W. H. Freeman and company. United States of America. 199pp.
- Solís-Marín F. A., M. D. Herrero-Pérezrul, A. Laguarda-Figueras y J. Torres-Vega. 1993. Asteroideos y Equinoideos de México (Echinodermata). pp 91- 105. In Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Comisión Nacional para el conocimiento y aprovechamiento de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, 865 pp.
- Solís-Marín, F. A. y A. Laguarda-Figueras. 1998. Los equinodermos de México. Biodiversitas. Año 4. N° 18. 1-7pp.



- Solís-Marín, F. A. y E. Mata-Pérez. 1999. Manual del curso-taller "Taxonomía de Equinodermos". Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 78pp
- Solís-Marín F A., A. Laguarda-Figueras y M.A. Gordillo- Hernández, 2007. Estudio taxonómico de los equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. pp. 73-100. In: A. Granados Barba, L.G. Abarca Arenas y J.M. Vargas Hernández (Eds.) Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304p.
- Solís Marín, F. A. 2008. Catálogo de los equinodermos recientes de México (Fase II). Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DC016. México D.F.
- Solís, W. V., P. A. Hernández y Solís, M. F. A. 2000. Muestreo del Bentos. pp. 353-398. In Granados Barba, A., V. Solís Weiss y R. G. Bernal Ramírez (eds.). Métodos de muestreo en la Investigación Oceanográfica. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 448pp.
- Tello, J. 2000. Distribución de biotopos en la zona de la Planicie Arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. FES-I. UNAM. México, D. F. 22 pp.
- Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006, Equinodermos (Echinodermata) de la colección de referencia de bentos costero de Ecosur. Uciencia, 22 (1):83-88pp.
- Vargas-Hernández J.M., A. Hernández-Gutiérrez y L.R. Carrera-Parra. 1993 Sistema Arrecifal Veracruzano, pp. 559-575. In Biodiversidad marina y costera de México. S.I Salazar Vallejo y N.E Gonzales (eds.). Comisión Nacional para el conocimiento y aprovechamiento de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, 865 pp.



- 
- Veron, J. E. N. 1995. Corals in space and time. The biography and evolution of the scleractinia. National Library of Australia. Sidney NSW, Australia. 321pp.
  - Villanueva, S. V. 2008. Primer registro de equinodermos del talud del arrecife "La Galleguilla", Veracruz con análisis ecológico. Tesis licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 111pp.



## 10. Apéndices.

### 10.1. Apéndice 1. Coordenadas.

Cuadro 1. Coordenadas calculadas a partir de la carta náutica S. M. 823 (Secretaría de Marina, 1997).

CUADRANTE	NORTE	OESTE
1	19°13'51.7"	96°03'50.4"
2	19°13'50.6"	96°03'47.4"
3	19°13'46.8"	96°03'47.4"
4	19°13'50.6"	96°03'42.7"
5	19°13'46.8"	96°03'42.7"
6	19°13'43"	96°03'42.7"
7	19°13'49.6"	96°03'39"
8	19°13'45.8"	96°03'39"
9	19°13'42.1"	96°03'39"
10	19°13'50.3"	96°03'35.1"
11	19°13'46.5"	96°03'35.1"
12	19°13'42.7"	96°03'35.1"
13	19°13'38.9"	96°03'35.1"
14	19°13'48.9"	96°03'31.3"
15	19°13'45.1"	96°03'31.3"
16	19°13'41.3"	96°03'31.3"
17	19°13'37.6"	96°03'31.3"
18	19°13'33.8"	96°03'31.3"
19	19°13'45.7"	96°03'27.5"



20	19°13'41.3"	96°03'27.5"
21	19°13'37.5"	96°03'27.5"
22	19°13'33.5"	96°03'27.5"
23	19°13'29.9"	96°03'27.5"
24	19°13'42.7"	96°03'23.7"
25	19°13'38.9"	96°03'23.7"
26	19°13'35"	96°03'23.7"
27	19°13'31.7"	96°03'23.7"
28	19°13'26.7"	96°03'23.7"
29	19°13'41.3"	96°03'19.9"
30	19°13'37.5"	96°03'19.9"
31	19°13'33.7"	96°03'19.9"
32	19°13'29.9"	96°03'19.9"
33	19°13'26.3"	96°03'19.9"
34	19°13'22.4"	96°03'19.9"
35	19°13'38.2"	96°03'16"
36	19°13'34.4"	96°03'16"
37	19°13'30.7"	96°03'16"
38	19°13'26.9"	96°03'16"
39	19°13'23.7"	96°03'16"
40	19°13'19.2"	96°03'16"
41	19°13'35.8"	96°03'12.2"
42	19°13'32"	96°03'12.2"
43	19°13'28.2"	96°03'12.2"
44	19°13'24.4"	96°03'12.2"
45	19°13'20.6"	96°03'12.2"
46	19°13'17"	96°03'12.2"
47	19°13'32"	96°03'08.4"



48	19°13'28.1"	96°03'08.4"
49	19°13'24.4"	96°03'08.4"
50	19°13'20.6"	96°03'08.4"
51	19°13'17"	96°03'08.4"
52	19°13'26.5"	96°03'04.5"
53	19°13'22.6"	96°03'04.5"
54	19°13'18.9"	96°03'04.5"
55	19°13'15.3"	96°03'04.5"
56	19°13'21.4"	96°03'00.07"
57	19°13'17.5"	96°03'00.07"
58	19°13'14.9"	96°03'00.07"
59	19°13'17.4"	96°02'57.5"
FARO	19°13'46.2"	96°03'45"



Cuadro 2. Ajuste de coordenadas, tomando como base las coordenadas del faro obtenidas en el campo.

CUADRANTE	NORTE	OESTE
1	19° 13' 48.4"	96° 03' 48.7"
2	19° 13' 49.3"	96° 03' 46.3"
3	19° 13' 45.5"	96° 03' 46.2"
4	19° 13' 49.3"	96° 03' 41.5"
5	19° 13' 45.5"	96° 03' 41.5"
6 *	19° 13' 41.9"	96° 03' 41.4"
7	19° 13' 48.3"	96° 03' 38.7"
8	19° 13' 44.5"	96° 03' 38.8"
9	19° 13' 40.8"	96° 03' 38.8"
10	19° 13' 47.8"	96° 03' 33.3"
11	19° 13' 44"	96° 03' 33.3"
12	19° 13' 40.2"	96° 03' 33.3"
13	19° 13' 37.6"	96° 03' 33.9"
14	19° 13' 46.4"	96° 03' 29.5"
15	19° 13' 12.6"	96° 03' 29"
16	19° 13' 38.8"	96° 03' 29.5"
17	19° 13' 35.1"	96° 03' 29.5"
18	19° 13' 31.3"	96° 03' 29.5"
19	19° 13' 43.2"	96° 03' 25.7"
20	19° 13' 38.5"	96° 03' 25.7"
21	19° 13' 35"	96° 03' 25.7"
22	19° 13' 31"	96° 03' 25.7"
23	19° 13' 27.4"	96° 03' 25.7"



24	19° 13' 40.2"	96° 03' 21.9"
25	19° 13' 36.4"	96° 03' 21.9"
26	19° 13' 32.5"	96° 03' 21.9"
27	19° 13' 29.5"	96° 03' 21.9"
28	19° 13' 24.2"	96° 03' 21.9"
29	19° 13' 39.8"	96° 03' 19.5"
30	19° 13' 36"	96° 03' 19.5"
31	19° 13' 32.2"	96° 03' 19.5"
32	19° 13' 28.4"	96° 03' 19.5"
33	19° 13' 24.8"	96° 03' 19.5"
34	19° 13' 20.4"	96° 03' 20.4"
35	19° 13' 36.8"	96° 03' 14.9"
36	19° 13' 33"	96° 03' 14.9"
37	19° 13' 29.3"	96° 03' 14.9"
38	19° 13' 25.5"	96° 03' 14.9"
39	19° 13' 22.3"	96° 03' 14.8"
40	19° 13' 18.7"	96° 03' 14.9"
41*	19° 13' 38.8"	96° 03' 11.1"
42	19° 13' 30.6"	96° 03' 11.1"
43	19° 13' 26.8"	96° 03' 11.1"
44	19° 13' 23"	96° 03' 11.1"
45	19° 13' 44.8"	96° 03' 43.9"
46*	19° 13' 17.7"	96° 03' 11.1"
47	19° 13' 30.7"	96° 03' 07.4"
48	19° 13' 25.0"	96° 03' 07.2"
49	19° 13' 22.2"	96° 03' 07.4"
50	19° 13' 18.4"	96° 03' 07.5"
51	19° 13' 15.2"	96° 03' 07.4"





52	19° 13' 25"	96° 03' 04.1"
53*	19° 13' 08"	96° 03' 03"
54	19° 13' 17.7"	96° 03' 03.5"
55	19° 13' 18.4"	96° 03' 07.5"
56	19° 13' 19.9"	96° 03' 00.3"
57	19° 13' 16.0"	96° 03' 00.3"
58	19° 13' 15.1"	96° 03' 00.3"
59	19° 13' 15.9"	96° 02' 57.1"
FARO	19° 13' 44.9"	96° 03' 44"

Nota: los cuadrantes marcados con asterisco (\*), fueron ubicados cerca de sus coordenadas originales, ya que las condiciones de oleaje no nos permitieron muestrear en el lugar.