

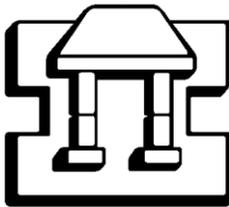


UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

Primer registro de equinodermos del talud
del arrecife “La Galleguilla”, Veracruz
con análisis ecológico

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
VANIA VILLANUEVA SOUSA



DIRECTOR DE TESIS:
BIÓL. FELIPE DE JESÚS CRUZ LÓPEZ

EDO. DE MÉX.
IZTACALA

2008

El desarrollo del presente trabajo fue posible gracias al apoyo de la Secretaría de Marina Armada de México y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas quienes otorgaron los permisos de entrada al arrecife La Galleguilla.

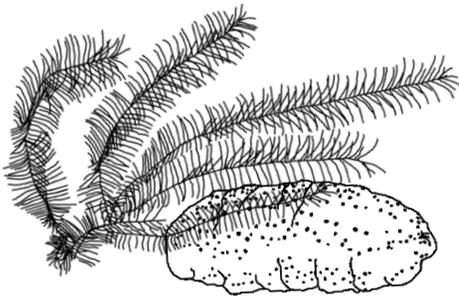
Al equipo de trabajo y amigos: Athziri Carmona, Cristina Maqueda, Maribel Rivera, Nora Reyes, Rodrigo Pérez y Felipe Cruz.

Así como al financiamiento de: Felipe Cruz, Celso Villanueva, Martha Sousa, Eliseo Carmona, Consuelo Sánchez, Familia Rivera Cruz (David, María Luisa, Maribel, Fabiola, Judith, y Daniel), Familia Maqueda Martínez, Silvia Weil y Ricardo Pérez, quienes cubrieron todos los gastos de esta investigación, la cual forma parte del proyecto: Moluscos y Equinodermos de La Galleguilla, Veracruz, dirigido por el Biól. Felipe de Jesús Cruz López.

Además del apoyo de Araceli Martínez Pérez y Gerardo Sánchez Serrano en el traslado al arrecife.

“Una vez que te cautiva, el mar
te deja prendido para siempre
en su red de maravillas”

Jacques Cousteau



A mi familia, que representa lo mejor
de mi vida y mi fortaleza...

Y a todas aquellas personas a las que las
pequeñas maravillas de la vida,
les arranquen una sonrisa...

Agradecimientos

Resulta imposible expresar en pocas páginas mi gratitud hacia cada una de las personas que forman parte de mi vida y por lo tanto, de este trabajo. No será suficiente este espacio, por lo que seguramente me quedaré corta, ya que es demasiado lo que tengo que agradecer. Me queda confiar en que cada uno conozca el impacto de su vida en la mía.

Gracias Padre por haberme tenido dentro de tus planes y regalarme la vida, no sólo me has permitido disfrutar de tus maravillas sino que he tenido la oportunidad de conocerte y entenderte desde un punto de vista científico. Agradezco infinitamente la familia que me diste, por todos y cada uno de ellos sin que falte alguno, gracias por sus vidas, por la sabiduría y el gran amor que sembraste en mis papás así como en las personas que me rodean. Gracias también por mis amigos y por todas aquellas personas que has puesto en mi camino. Y que decir del regalo que nos diste hace poco, no tengo como agradecer el que nos hayas dejado disfrutar un poco más de su sonrisa, sus abrazos y besos, con ese milagro, entre otras cosas, ahora entiendo plenamente que Tu Amor es como el Mar.

Papis: Las noches de café en las que nos hemos sentado juntos a platicar y reír, o a veces sólo a vernos las caras..., son las que quiero seguir teniendo en mi vida, gracias por ellas. Gracias también por el mejor regalo que me han dado, la educación, en todos los aspectos, hasta los que han dolido ya que gracias a ello, hay mucho amor en la vida de mis hermanas y en la mía. Por apoyarme en la decisión de estudiar biología y buceo que son mi gran pasión. Martita, que otra cosa se puede decir además de que eres un mujerón?; eres un ejemplo a seguir, una mujer hermosa en todos los aspectos, valiente y amorosa. Papi, gracias por el trabajo de tus manos y tu gran amor, por hacer siempre lo correcto aunque ha resultado lo más difícil. Los amo. Porque gracias a ustedes, soy una persona completa y feliz.

A mis tíos Mella y Rubén: Por ser padres y abuelitos a la vez, sin su amor y soporte nunca hubiera logrado llegar hasta aquí. Por escuchar y estar en todo momento, en las buenas, en las malas y en las peores. Siempre han estado detrás de todos mis logros y en realidad no sé como agradecer eso, simplemente, creo que no hay forma. Les agradezco la vida de esas tres personas que son indispensables en mi vida a quienes amo profundamente.

Tío Fallo: Eres tan especial que es aun más difícil expresar lo que significas en mi vida, gracias por todo tu amor y por hacerme tan feliz, te adoro. Ceci, gracias por las tres bendiciones que trajiste a mi vida, por amar y sostener a uno de los hombres más importantes en mi vida.

Matu y Teti: Gracias por ser mis mejores amigas, por todo lo que hemos compartido, gracias por sus abrazos y besos cuando los he necesitado, y cuando no... pues también (ya qué). Las amo infinitamente, han sido el soporte de mi vida y sé que siempre lo serán.

Lilica, Chuco e Imelda: Uy, aquí viene lo difícil..., gracias por ser padres, hermanos y amigos, soy muy afortunada al tener su amor y al poder disfrutarlos como lo he hecho, gracias por estar a mi lado incondicionalmente, por amar a mis papás y estar siempre cerca. Si enumerara lo que he recibido de ustedes, nunca terminaría, así que en este pequeño espacio diré que ustedes son las tres personas indispensables en mi vida a quienes amo profundamente.

Mis dos pequeños se merecen una tesis aparte, Davar y Bruno, cuando vean algún día este trabajo, quiero que sepan que siempre están en mi corazón y que llenan de alegría mi vida. Pao y Rebe, las nenas hermosas, las quiero y gracias por hacerme sonreír.

Gracias Estibis y Luis por todo el apoyo a mis primas y resto de la familia.

Tía Angelita: Por tu paciencia y por estar siempre dispuesta a escuchar y dar consejos.

Tíos Julio y Clara: Ustedes saben cuánto los quiero, agradezco que siempre estén cuando los necesito, por el cariño que le tienen a mi papá y por apoyar a mi mamá en todo momento.

Tío Pepe: Porque siempre estás al pendiente de lo hago y necesito, gracias por todos los detalles que has tenido y por supuesto por los lunes de café. Te quiero.

Tío José Ángel, gracias por el material que me proporcionaste para este trabajo.

Tía Lupita: Llegaste en el momento justo, gracias por tu gran amor y por todos tus consejos.

De manera muy especial quiero agradecer a quienes me ayudaron a seguir adelante con mi carrera, mi trabajo de tesis y definitivamente, mi vida. Por tenderme la mano en los momentos más difíciles, adoptarme y brindarme un refugio, por hacerme feliz, a Eduardo Sánchez y a mis dos ángeles de la guarda, Ángeles Martínez y Ángeles Mosqueda, gracias por su amor. Siempre tendrán un lugar especial en mi corazón.

A Octavio Acevedo, por contribuir fuertemente al desarrollo de esta tesis, por estar siempre aportando grandes cosas a nuestras vidas, gracias por tu apoyo incondicional. Que tu vida esté siempre llena de bendiciones, lo mejor para ti, para Blanquita y Caro.

A Enrique y Adriana, por ser mucho más que amigos, gracias por su amor.

Pilar: Bueno amiga, hemos pasado tantas cosas juntas que... en fin, gracias por echarme porras siempre y estar a mi lado a cada paso. Te quiero muchísimo amiga.

Felipe, gracias por aceptar dirigir mi proyecto de tesis, y aun más, por aceptar que fuera de equinodermos, gracias por transmitirme tus conocimientos, esta tesis, logró el rumbo deseado gracias a ti. Tengo no sólo que agradecerte el reto que aceptaste al trabajar conmigo sino el haberme aguantado en mis peores momentos y escucharme, gracias por tu amistad. Por exigirme tanto y por la presión a cada momento de la investigación, por confiar en mí... GRACIAS.

Maestra Asela: aprendí y disfruté tanto en sus clases, que me cuesta expresar lo que significaron en mi vida, sólo puedo decir que es una excelente maestra, usted logra transmitir a sus alumnos el amor por el mar. Gracias por tener siempre tiempo para dar un consejo.

Agradezco a mis sinodales, Ma. de los Ángeles Sanabria, Asela Rodríguez, Felipe Cruz, José Luis Tello y Ángel Lara, por el valioso tiempo que invirtieron en la revisión del escrito y por todos sus comentarios, con los cuales contribuyeron enormemente a que luciera este trabajo.

Al Dr. Francisco Alonso Solís Marín agradezco su fina atención y el apoyo en la corroboración de especies así como la literatura e información proporcionada para el trabajo.

A las autoridades del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar (CETMAR), en especial a Tomás Corro (Machi), por el apoyo al proyecto y por todas sus atenciones.

Al capitán Jorge Juárez por recibimos siempre con una sonrisa y brindarnos todo el apoyo sin el cual, este trabajo no se hubiera podido desarrollar.

Athziri, Cristina, Maribel, Nora y Roy: Sin ustedes, definitivamente, este trabajo no se hubiera llevado a cabo, les doy las gracias por ayudar a que este sueño se hiciera realidad. Sin temor a equivocarme, puedo decir que sólo nosotros entenderemos lo que física y emocionalmente costó hacer esta investigación, comparto con ustedes este trabajo ya que son parte, no importante sino fundamental de él. Me encantó ir al arrecife, pero lo que más disfruté, fue ir con ustedes, sin pensarlo, lo volvería a hacer. Valió la pena la espera..., gracias a eso, los conocí.

A mis amigos de la carrera:

Moni Alcazar, eres una excelente amiga y sobre todo, una excelente persona, única e irremplazable. Gracias por todo el tiempo que me has apoyado, gracias también por escuchar y apoyarme en momentos difíciles, no hay forma de expresarte mi cariño. Soy afortunada al tenerte como amiga, gracias.

Moni: Tú eres la razón principal de que haya disfrutado tanto la carrera, y de que se me hayan olvidado todos y cada uno de mis problemas, será imposible encontrar alguien como tú, agradezco el haberte encontrado. Gracias por todo, te quiero.

Gustavo: Debes saber perfectamente lo que significas para mí puesto que me conoces muy bien, a pesar de ello, quiero agradecerte el haber llegado a mi vida. Gracias por tus jalones de orejas y abrazos. Te quiero, has sabido siempre cuando te necesito, gracias.

Miguel: Fue realmente un placer conocerte, aunque estés un poquito lejos, siempre serás importante en mi vida, gracias por la presión emocional ejercida para terminar la tesis.

A mis instructores de buceo: Mario, Felipe, Gustavo y Rodrigo, por darme las herramientas necesarias para desarrollar este trabajo y por la oportunidad de ingresar a ese mundo maravilloso a los que pocos hemos tenido acceso.

Al grupo de Buceo Iztacala por el apoyo técnico y a todos mis compañeros y amigos: Teti, Felipe, Inna, Gustavo, Karla, Mario, Rodrigo, Gil, Isaac, Cinty, Érica, Athziri, Josu, Pablo, Félix, Lupita, Ale, Alex, Chucho, Miriam, Jaz, Milton y..., me faltan un buen..., con quienes he compartido momentos increíbles y son parte esencial de mi vida.

A los alumnos de iniciación acuática y buceo, por los que vale la pena levantarse temprano los fines de semana. Por hacerme sonreír al ver sus logros.

Araceli y Gerardo, por todo el apoyo en campo, por sacarnos de apuros en el arrecife y enseñarnos lo que en la carrera, jamás hubiéramos aprendido, lo que pasa en la vida real. Gracias por compartir con nosotros sus conocimientos y hacer las salidas increíblemente agradables, gracias por contribuir al desarrollo de este trabajo.

Ah, como consejo..., empiecen a escribir los agradecimientos seis meses antes de entregar el final de su tesis, lleva más tiempo de lo que uno piensa.

Contenido

Resumen	1
1. Introducción	2
1.1. El océano	2
1.2. Los arrecifes de coral	3
1.3. Clasificación de los arrecifes de coral	4
1.4. Morfología de los arrecifes de coral	6
1.5. Filo Echinodermata	8
1.5.1. Características	8
1.5.2. Distribución	9
1.5.3. Hábitos alimenticios	9
1.6. Clasificación	10
1.7. Importancia de los equinodermos	10
1.8. Equinodermos en México	11
2. Antecedentes	12
3. Objetivos	14
3.1. General	14
3.2. Particulares	14

4. Área de estudio	15
4.1. Sistema Arrecifal Veracruzano	15
4.2. Arrecife La Galleguilla	17
4.2.1. Zonación de la Galleguilla	18
4.2.2. Profundidades del talud	19
5. Método	20
5.1. Ubicación de los puntos de muestreo	21
5.2. Ajuste de coordenadas en campo	23
5.3. Obtención de de datos	24
5.4. Guías de campo	25
5.5. Catálogo	25
5.6. Características ecológicas de la comunidad	25
6. Resultados y Discusión	26
6.1. Composición faunística	26
6.1.1. Listado taxonómico	26
6.1.2. Catálogo	30
6.2. Análisis de la comunidad	55
6.2.1. Riqueza específica	55
6.2.1.1. Por Clase	55
6.2.1.2. Por transecto	57
6.2.2. Abundancia	60
6.2.2.1. Por especie y Clase	60
6.2.2.2. Por transecto	62
6.2.3. Riqueza específica y abundancia en relación con la profundidad	63
6.2.4. Análisis de Clases con respecto a profundidad, sustrato y talud	64

6.2.5. Diversidad	65
6.2.5.1. Para la zona de estudio	65
6.2.5.2. Por transecto	65
6.2.6. Valor de importancia relativa (VIR)	66
6.2.7. Test de asociación Frecuencia- Abundancia	68
6.3. Análisis de similitud y agrupamiento (cluster) de transectos	69
6.4. Descripción del talud de La Galleguilla	71
6.5. Consideraciones Finales	72
7. Conclusiones	74
8. Literatura citada	76
9. Anexo 1. Coordenadas	83
10. Anexo 2. Conversión pies a metros	86
11. Anexo 3. Parámetros comunitarios	88
12. Anexo 4. Descripción de los transectos	93

Resumen

El arrecife La Galleguilla, ubicado frente a las costas del puerto de Veracruz, pertenece al Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), decretado Área Natural Protegida con carácter de Parque Nacional. Al igual que otros arrecifes, alberga diversas especies entre las que se encuentran los equinodermos. Se han desarrollado algunos trabajos sobre este grupo de invertebrados en los arrecifes del SAV, sin embargo, no se ha incluido a La Galleguilla en dichas investigaciones, por lo que esta investigación constituye el primer registro específico de equinodermos de este arrecife. Los objetivos de este trabajo fueron elaborar el listado taxonómico de equinodermos en el talud del arrecife y obtener algunas características comunitarias de los equinodermos. Se muestrearon profundidades no mayores a los 18 metros con ayuda de buceo SCUBA mediante transectos dirigidos desde la cresta del arrecife hacia las zonas profundas del talud. Fueron registradas 24 especies de equinodermos con un total de 1,307 organismos, se determinó que la Clase Echinoidea fue la más abundante y la Ophiuroidea la que presentó la mayor riqueza específica. La diversidad general fue de 2.8 bits/individuo, $J' = 0.61$. De acuerdo al VIR, las especies más importantes fueron *Echinometra viris*, *E. lucunter* y *Ocnus suspectus*. Los equinodermos se distribuyen de acuerdo a profundidad y tipo de sustrato; en cuanto a profundidad, la mayor riqueza de especies y abundancia se encontraron entre 3 y 6 metros de profundidad. El análisis de similitud y agrupamiento mostró una asociación entre los transectos norte, noreste, este-noreste y este, ubicados en barlovento, así como entre los transectos transición oeste noroeste- noroeste b y sur- suroeste, ubicados en sotavento.

1. Introducción

El conocimiento de los mares y océanos, desde los puntos de vista físico, químico, climático y biológico, permite comprender ciertos fenómenos que tienen ingerencia sobre sus recursos, y la variación de ellos en el espacio y en el tiempo. México, ubicado en una latitud tropical en poco más de 90% del territorio y con cuatro vertientes de diferentes características oceánicas, presenta un marco ambiental biótico y abiótico fértil, no sólo para el conocimiento mismo, sino también para la generación de nuevas investigaciones y el manejo de ciertos recursos (de la Lanza, 2001).

1.1. El Océano

Cubre aproximadamente un 71% de la superficie terrestre (361.2 millones de km²) y se distribuye en grandes cuencas como la del Pacífico, el Atlántico, el Índico, el Ártico y el Antártico. Dentro de estas cuencas se localizan mares abiertos con denominaciones locales y cerrados o semicerrados con características físico- químicas y biológicas particulares que destacan desde el punto de vista oceanográfico (de la Lanza, 2001).

México cuenta con dos mares semicerrados, el Golfo de México y el Golfo de California que representan el 0.5% del océano mundial (1 768 000 y 181 000 km², respectivamente (de la Lanza, 2001).

La cercanía de México al Ecuador le permite encontrarse entre las latitudes que hacen posible el desarrollo de una gran variedad de ecosistemas, entre los más diversos se encuentran los arrecifes de coral (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

1.2. Los arrecifes de coral

Son considerados como los ambientes más complejos y ricos en cuanto a número de especies vegetales y animales (Goreau y col., 1979), caracterizados en su conjunto por una enorme heterogeneidad, en donde el espacio es dividido y utilizado por organismos con propiedades y requerimientos diferentes (Quintana y Molina, 1991).

Cubren un área global de 600 000 km², es decir, aproximadamente un 0.18% del total del área de los océanos, sin embargo, se estima que en ellos se encuentra un cuarto de todas las especies marinas, debido a esto los arrecifes de coral se comparan en aspectos de diversidad con los bosques tropicales (Gaston y Spicer, 2004).

Existen varios factores ambientales, principalmente de temperatura, intensidad luminosa, profundidad, tasa de sedimentación, tipo de sustrato, salinidad, movimiento del agua y sólidos en suspensión que limitan la formación y distribución de los arrecifes de coral (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

De manera general puede decirse que tienen su distribución geográfica limitada a mares tropicales los cuales se caracterizan por tener temperaturas altas (promedio anual > 20 °C), transparencia, con una carga muy baja de sedimentos y un recambio de aguas constante que favorece una alta concentración de oxígeno y la concentración de nutrimentos es por lo regular bastante baja (Chávez e Hidalgo, 1988), debido a lo anterior, no es normal encontrar arrecifes de coral a latitudes mayores a los treinta grados Norte o Sur (Goreau y col., 1979; Saura, 1991), ni a una profundidad mayor a los 60 o 70 metros (Chávez e Hidalgo, 1988). Debido al patrón mundial de corrientes oceánicas, se encuentran principalmente al este de los continentes.

1.3. Clasificación de los arrecifes de coral

Los arrecifes de coral se clasifican de acuerdo a su origen, forma y cercanía a la costa en cuatro tipos fundamentales (Schuhmacher, 1978; Chávez e Hidalgo, 1988 y Saura, 1991):

- Arrecifes costeros o marginales.- Se desarrollan en aguas someras, bordean la costa y se encuentran muy cercanos a ella, o separados por un estrecho brazo de agua. Aparecen generalmente como una delgada franja adherida al litoral, sin embargo, cuando encuentra condiciones favorables mar adentro, su anchura crece considerablemente. Están constituidos por el frente arrecifal que constituye una rompiente y un talud que puede penetrar más de 60 m bajo la superficie. Una buena parte del llamado gran cinturón de arrecifes del Atlántico que recorre desde el noreste de la Península de Yucatán hacia el sur y llega hasta Honduras, es de este tipo.
- Arrecifes de barrera.- Están representados por la gran barrera de arrecifes en el noreste de Australia, que se extiende por más de 2,000 km; una característica que la define como tal es la de estar separada de la costa por un amplio canal que puede tener más de 200 m de profundidad. Una porción del gran cinturón de arrecifes del Atlántico, especialmente la que se encuentra frente a las costas de Puerto Morelos se comporta, en pequeña escala, como un arrecife barrera; sin embargo, algunos especialistas consideran cuestionable referirse a él como un arrecife barrera, debido a su proximidad de la costa, lo somero del canal que lo separa de ella y su pequeño tamaño, por lo que prefieren considerarlo como arrecife marginal.

- Arrecifes de plataforma.- Son bancos arrecifales que emergen del fondo marino; generalmente están alejados de la costa y forman una explanada subsuperficial que puede o no contener uno o más cayos arenosos; así mismo, pueden contener una laguna generalmente poco profunda en su interior. Una sección transversal de un arrecife de este tipo en el Golfo de México, tiene la forma de un cono truncado y su contorno es frecuentemente elipsoidal; la porción de crecimiento coralino más activo se encuentra orientada hacia el este y sureste, en donde una cresta arrecifal bien definida indica el borde superior del talud o frente arrecifal. Arrecifes de este tipo se localizan dentro de las costas mexicanas del Golfo de México y Caribe, como es el caso de los arrecifes de Tuxpan, Blanquilla y Lobos, el complejo arrecifal cercano al puerto de Veracruz (Isla Verde, Isla de Enmedio, Santiaguillo, etc.) y en el sureste de México se encuentran los arrecifes de Arcas, Triángulos, Arenas, Alacranes y Chinchorro.
- Arrecifes atolón.- Son estructuras típicas del Pacífico, tienen forma anular y encierran una laguna en el centro de hasta 30 m o más de profundidad, el arrecife activo se encuentra desarrollándose sobre los bordes de la laguna arrecifal; muchos de ellos están formados por antiguos conos volcánicos que se han sometido al hundimiento.

1.4. Morfología de los arrecifes de coral

Considerando las formas de los arrecifes a nivel mundial se puede decir que hay una zonación general; en el caso particular de los arrecifes que conforman el Sistema Arrecifal Veracruzano se presenta una morfología definida que de acuerdo a Quintana y Molina (1991) y Lara y col. (1992) permite dividirlos en zonas diferenciadas. De acuerdo a Quintana y Molina (1991), los arrecifes Veracruzanos presentan las siguientes zonas: Cayo o Isla, Zona Intermareal, Laguna (Laguna Arrecifal), Barrera (Cresta Arrecifal), Talud (Barlovento y Sotavento) y Plataforma Arenosa. Mientras que la zonación que proponen Lara y col. (1992) se basa en cuatro zonas principales que son:

1) **Sotavento o Arrecife Posterior.** Esta zona es la más variable dentro de los arrecifes del SAV, su profundidad puede variar entre los 3 y los 24 m, se divide en tres subzonas: a) **Platos de hexacorales**, b) **Cementerio de *Acropora cervicornis*** y c) **Gorgonaceos.**

2) **Laguna Arrecifal.** Es poco profunda y llana, la profundidad puede variar de 0.5 m cerca de la cresta arrecifal a los 2.5 m cerca de sotavento, los sedimentos del fondo son limos o lodos típico de ambientes calmados, la laguna se divide en dos subzonas: a) **Transición Sotavento.** Un rasgo distintivo es la presencia de corales ramificados y cabezas lobulares de coral sobre fondos arenosos; b) **Parches.** Es una mezcla de cabezas de coral y algas, camas de *Thalassia testidium* y parches desnudos de arena.

3) **Cresta Arrecifal.** Es la parte más expuesta del arrecife donde el oleaje es una particularidad de septiembre a marzo cuando se presentan los “nortes”. Un rasgo de esta zona es la alta densidad de *Echinometra lucunter*, presente en todos los arrecifes del SAV, esta zona se divide en tres subzonas: a) **Arrecife Posterior.** Se encuentra junto a la zona de parches de la laguna arrecifal, el fondo tiene una cuesta lisa hacia la costa y la pedacería calcárea es abundante. b) **Rompiente Arrecifal.** En el SAV se expone a la intensa energía de las olas y a la alta iluminación. La exposición a las mareas es común en estas áreas. Aquí se encuentran varias especies de algas calcáreas que tienen estructuras cementadas durante años. c) **Transición Barlovento.** Tiene una cuesta suave con una continua exposición al oleaje, grandes porciones de *Acropora palmata* vivas o muertas, algunas estructuras de *Millepora sp.* y algas dominan el sustrato.

4) **Barlovento o Arrecife Frontal.** Esta zona tiene una pendiente pronunciada, la profundidad se puede extender desde los 12 m en los arrecifes cercanos a la costa hasta los 40 m en los que se encuentran más alejados de la misma, esta zona se divide en dos: a) **Arrecife Frontal Interno.** Es una terraza que se encuentra entre los 3 y los 15 m de profundidad, el sustrato es muy heterogéneo, lo que permite el establecimiento de varias especies bénticas. b) **Arrecife Frontal Externo.** Tiene una caída a los 15 m en el fondo de arena, el principal desarrollo de esta zona es entre los 10 y los 40 m y es más extenso en las secciones centrales de los arrecifes. Aparece como una pendiente muy inclinada que se precipita a las profundidades, tiene una fisonomía muy variada, las distintas especies de coral y otros organismos se escalonan en él ocupando cada uno la región más adecuada para ellos dependiendo de sus necesidades tanto de luz como resistencia al empuje de las olas (Saura, 1991).

El arrecife está constituido no sólo por los corales que lo configuran, sino por una gran variedad de organismos que en su conjunto integran una compleja red de alimentos o trama trófica y por ello, puede dividirse en todos los niveles que constituyen una comunidad ecológica; es decir, productores primarios, herbívoros, carnívoros y organismos descomponedores que reciclan la materia y la transfieren sucesivamente de unos niveles a otros (Chávez e Hidalgo, 1988), algunos de los Fila de invertebrados que se encuentran asociados a estos ambientes son: Porifera, Platyhelminthes, Annelida, Mollusca, Crustacea y Echinodermata (Dando y col., 1996).

1.5. Filo Echinodermata

1.5.1. Características

Los organismos del Filo Echinodermata (del griego *echinos* “espinas”, *derma* “piel”) son muy numerosos en cuanto a número de especies ya que se han registrado 7,000 especies vivientes y 13,000 como registro fósil desde el Cámbrico (Hendler y col., 1995).

De manera general puede decirse que presentan tres características que son consideradas fundamentales para distinguir al grupo:

1. El sistema vascular acuífero, característica diacrítica del Filo, se constituye por un conjunto de tubos internos que se conectan entre sí y puede tener diversas funciones entre las que se encuentran la locomoción, alimentación, sensorial, excreción, transporte de nutrientes y respiración (Chía y Harrison, 1994).
2. Otra de las características de los equinodermos es su endoesqueleto el cual está formado por una serie de placas u osículos calcáreos (Chía y Harrison, 1994).

3. Además, en su mayoría presentan en su estadio adulto simetría radial, generalmente pentámera.

La mayoría son bentónicos como adultos; muchas de las larvas de los equinodermos forman parte del sistema pelágico durante algún tiempo, en esta etapa tienen una simetría bilateral y poseen un esqueleto larvario muy característico (Caso, 1961). La coloración de estos animales es muy variable, su tamaño puede variar entre menos de 1 cm como en algunos pepinos de mar y estrellas de mar, hasta 1 m que es lo que llega a medir el diámetro de una estrella de mar o incluso 2 m de longitud como una especie de pepino de mar (Chía y Harrison, 1994).

1.5.2. Distribución

Se encuentran distribuidos en todos los océanos y en todas las profundidades, en su forma adulta se les puede encontrar desde la zona litoral hasta la abisal, ya que se han encontrado ejemplares a más de 7,000 m de profundidad y algunos holoturoideos a más de 10,000 m de profundidad (Caso, 1961, Hendler y col., 1995, Solís-Marín y Laguarda-Figuera, 1998) en mares profundos constituyen más del 90% de la biomasa que existe en el fondo (Solís-Marín y Laguarda-Figuera, 1998).

1.5.3. Hábitos alimenticios

En general, estos organismos pueden emplear diferentes medios para obtener su alimento; muchas estrellas de mar son carnívoras y se alimentan principalmente de moluscos, los erizos de mar pueden utilizar dos o tres formas de alimentación a la vez, es decir, son oportunistas, existen pepinos de mar que son simbioses de otros animales.

Los equinodermos pueden ser herbívoros, detritívoros, depredadores oportunistas, comensales y pueden llegar a ser especialistas estrictos en algún tipo de alimentación (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998).

1.6. Clasificación

El Filo Echinodermata se divide en cinco Clases (Brusca y Brusca, 2003): Crinoidea (lirios de mar y estrellas pluma), Asteroidea (estrellas de mar), Ophiuroidea (arañas y canastas de mar), Echinoidea (erizos regulares e irregulares) y Holothuroidea (pepínos de mar).

1.7. Importancia de los equinodermos

Desde el punto de vista sistemático, los equinodermos forman un grupo zoológico natural, son animales exclusivamente marinos y se encuentran desde las costas hasta las zonas profundas, además son muy valiosos para definir comunidades biológicas, sin lugar a dudas son los equinodermos los animales que más se utilizan para definir facies ya que: 1) Tienen vida sedentaria, 2) Viven agrupados en bancos compactos pequeños, 3) Son organismos que tienen una euritermia relativa, propiedad que evita que les afecte la acción de las estaciones, 4) Presentan una distribución batimétrica bien definida, lo que hace que desempeñen un papel fundamental en la clasificación de los fondos marinos (Caso, 1978).

Los equinodermos son elementos muy importantes de la trama alimenticia marina por ser fuente de alimento de algunos vertebrados (como los peces) y son además consumidores primarios, comen algas (macro y microscópicas) y pueden tomar el alimento que encuentran en el fondo o en suspensión en el agua (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998).

Además de la importancia ecológica de este grupo, su importancia económica ha ido en aumento a nivel mundial; por ejemplo, en México el pepino de mar es uno de los tantos recursos pesqueros poco conocidos, de estos organismos se aprovechan diversas sustancias para elaborar productos farmacéuticos de uso humano. Los erizos de mar también sirven de alimento (Caso, 1978), se consumen en diversas maneras y se considera uno de los recursos pesqueros más importantes de la costa de Baja California Sur y una fuente de divisas para el país. Los equinodermos son explotados en muchas partes de nuestro país con fines de ornato (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998).

1.8. Equinodermos en México

Hasta el momento, se han reportado para los mares mexicanos casi 600 especies de equinodermos lo que representa el 10% del total a nivel mundial, por lo que se puede decir que México alberga una significativa diversidad de equinodermos. El reconocimiento de las especies mexicanas ha sido posible gracias a los estudios taxonómicos e inventarios del grupo en diversos hábitats costeros (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998).

2. Antecedentes

A pesar de que los equinodermos constituyen un grupo muy conocido y frecuente en los arrecifes de coral, son relativamente pocos los estudios sobre estos organismos así como los investigadores que en México se han dedicado a trabajar con ellos.

Uno de los primeros trabajos sobre equinodermos en las costas mexicanas fue el de Ives (1890) en el que se reportó la existencia de 13 especies para los estados de Veracruz y Yucatán, lo que aportó los primeros datos sobre equinodermos de aguas someras de estas costas. Sin embargo, los trabajos sobre equinodermos en México comenzaron de manera formal en 1941, con la descripción de un asteroideo por María Elena Caso y a partir de éste se fueron desarrollando varias investigaciones principalmente taxonómicas de las diferentes clases de equinodermos en las costas de México. En el caso específico del Golfo de México, Durán y col. (2005) hicieron un listado de equinodermos de esta zona registrando algunas especies para el estado de Veracruz.

Algunas de las investigaciones que se han desarrollado en el SAV, han tenido un enfoque topográfico, tal es el caso de Lara (1989), Quintana y Molina (1991) y Lara y col. (1992), en los que se hace la clasificación de los arrecifes del SAV y proponen modelos de zonación de los mismos, además de mencionar algunas especies de equinodermos que se pueden encontrar en las diferentes zonas de los arrecifes.

El arrecife La Blanquilla que se encuentra cercano a La Galleguilla fue estudiado por Villalobos (1971) quien citó siete especies de equinodermos entre las que se encontró *Nemaster rubiginosa*. Existen pocos estudios en los que se ha mencionado la presencia de equinodermos en algunos arrecifes del SAV, siendo que la mayoría se ubican frente a Antón Lizardo, en este trabajo, sólo se menciona el realizado por Henkel (1982) quien listó 41 especies de equinodermos de Isla de En medio. De manera específica, Nishimura (2005) analizó la distribución y abundancia de *Tripneustes ventricosus* en la laguna arrecifal de Isla Verde y Celaya (2006) enlistó las especies de erizos regulares de la parte sur de la laguna arrecifal del mismo arrecife, determinando la distribución y abundancia así como el sustrato al que se asociaron.

Hasta el momento, el trabajo más específico sobre equinodermos del SAV es el de Solís-Marín y col. (en prensa), en el que se registran las especies de equinodermos en los arrecifes del Sistema, entre los cuales el arrecife La Galleguilla no fue incluido.

Bajo esta perspectiva, es necesario desarrollar más investigaciones acerca de la fauna de equinodermos en las costas mexicanas, especialmente en aquellas zonas en las que hay pocos estudios, como es el caso del Sistema Arrecifal Veracruzano, siendo éste muy importante ya que se encuentra como una región protegida y está dentro de una de las zonas prioritarias marinas de nuestro país.

3. Objetivos

3.1. General

Analizar la comunidad de equinodermos del talud del arrecife La Galleguilla, Veracruz.

3.2. Particulares

- Elaborar el listado taxonómico de los organismos del Filo Echinodermata del talud del arrecife La Galleguilla, Veracruz, México.
- Elaborar un catálogo ilustrado de las especies de equinodermos registrados en el talud del arrecife La Galleguilla.
- Determinar las características comunitarias de los equinodermos del talud de La Galleguilla.
- Analizar la distribución de los equinodermos en el talud del arrecife.
- Hacer una descripción general del talud de La Galleguilla.

4. Área de estudio

México cuenta con dos importantes complejos arrecifales en su costa este, uno de ellos se encuentra en el Mar Caribe y el otro en el Golfo de México frente a las costas de Veracruz y se denomina Sistema Arrecifal Veracruzano.

4.1. Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV)

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), declarado en 1992 en el Diario Oficial de la Federación como Área Natural Protegida con el carácter de Parque Marino Nacional (INE- SEMARNAT, 2000), se localiza en las coordenadas geográficas $19^{\circ} 03' 00''$ - $19^{\circ} 14' 15''$ de latitud Norte y $95^{\circ} 47' 36''$ - $96^{\circ} 08' 13''$ de longitud Oeste (PEMEX, 1987). Se considera además dentro del Área Prioritaria Marina N° 49 que va desde Laguna Verde hasta Antón Lizardo (Arriaga y col., 1998). Está constituido por 23 arrecifes coralinos, la mayoría de ellos de tipo plataforma (Lara y col., 1992) de gran importancia, debido a su potencial científico, económico educativo, pesquero, histórico, turístico y cultural (INE- SEMARNAT, 2000).

El SAV (Figs. 4.1.a y 4.1.b) incluye dos áreas geográficamente separadas; la primera se localiza frente al puerto de Veracruz; los arrecifes que se encuentran en esta zona son: “Gallega”, “Galleguilla”, “Anegada de Adentro”, “La Blanquilla”, “Isla Verde”, “Bajo Paducah”, “Isla de “Sacrificios”, “Pájaros”, “Hornos”, “Ingeniero” y “Punta Gorda”, todos dentro de la isobata de los 37 m.



Figura 4.1.b. Sistema Arrecifal Veracruzano (en amarillo se encuentra el arrecife La Galleguilla).

4.2. Arrecife La Galleguilla

Es un arrecife de tipo plataforma (Fig. 4.2) y se localiza a los $19^{\circ} 13' 53''$ N y $96^{\circ} 07' 37''$ W, se encuentra a 1.62 km de la costa; tiene un área de $333,500 \text{ m}^2$, un perímetro de 2,483 m, su eje más largo es en dirección NW-SE con 1 km y su parte más ancha mide 375 m; no presenta porción emergida (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).



Figura 4.2. Arrecife La Galleguilla visto desde el sureste (Secretaría de Marina).

4.2.1 Zonación de La Galleguilla

A partir de la zonación propuesta por Lara y col. (1992) para los arrecifes del SAV, se adaptó el esquema general para representar las zonas de La Galleguilla tomando en cuenta las consideraciones de estos autores (Fig. 4.2.1). Las diferencias entre La Galleguilla y los demás arrecifes del SAV son que en este arrecife las subzonas de Platos de hexacorales y Cementerio de *A. cervicornis* no se presentan, en su lugar, se reportan bancos de arena; y los gorgonáceos cubren poca extensión del borde de sotavento, además de que no hay subzona de parches.

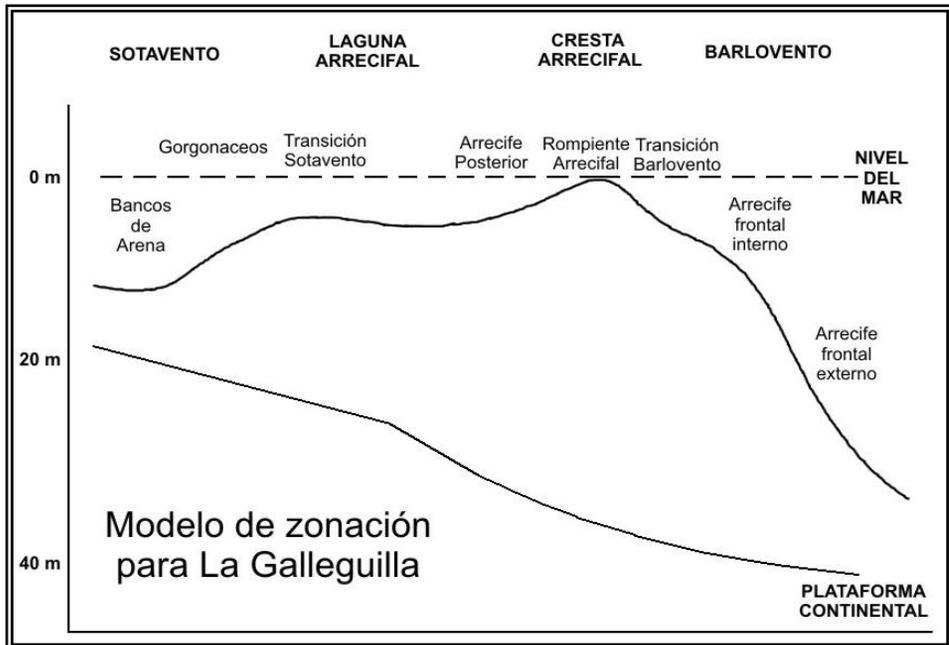


Figura 4.2.1. Zonación de La Galleguilla (Modificado de Lara y col., 1992)

4.2.2. Profundidades del talud

El talud de La Galleguilla (Fig. 4.2.2) presenta profundidades que van de los 2.5 m, hasta los 21m aproximadamente en las zonas más alejadas del arrecife.

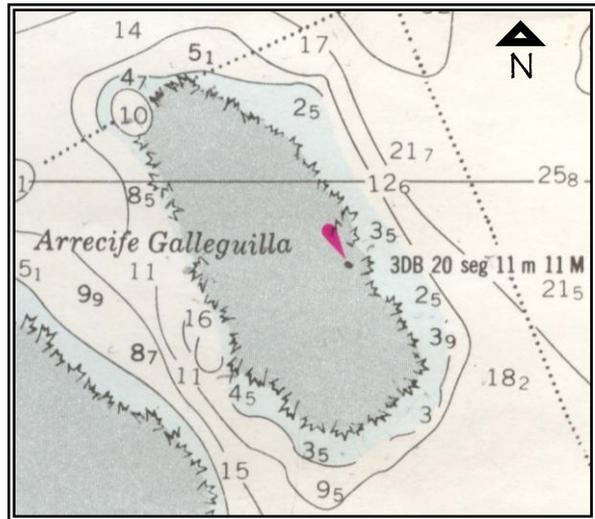


Figura 4.2.2. Profundidades reportadas en 1997 en La Galleguilla, Veracruz (Secretaría de Marina, 1997).

5. Método

Los ambientes coralinos pueden ser muestreados de manera directa, ya sea por observación o bien con técnicas de fotografía y/o video; por lo que los métodos clásicos para el reconocimiento en zonas de coral, incluyen la utilización de transectos, para estimar la riqueza específica y cobertura, y cuadrados (de 1 a 900m²), a pie, o con buceo SCUBA (Solís y col., 2000) cuando se trata de zonas profundas.

Considerando la poca vagilidad de los equinodermos, la zona del arrecife que se trabajó así como la profundidad del mismo y los datos que se recabaron durante el trabajo en campo, el método de muestreo que se eligió fue el de transectos y cuadrados; y debido a que los transectos se ubicaron de la cresta del arrecife hacia la zona más profunda de los taludes (Fig. 5) que pueden alcanzar hasta los 21 m (Secretaría de Marina, 1997), fue necesaria la técnica de buceo autónomo (SCUBA).

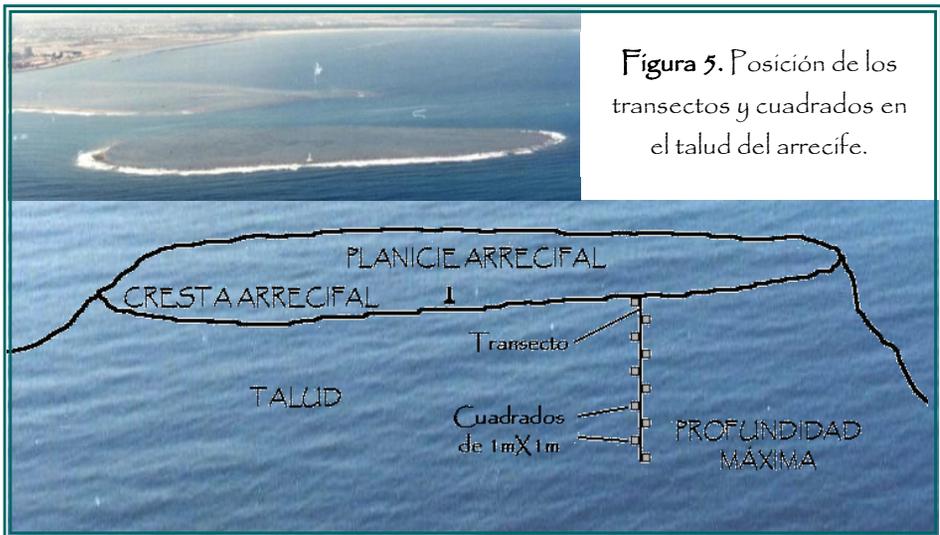


Figura 5. Posición de los transectos y cuadrados en el talud del arrecife.

Ya que el buceo SCUBA se considera una valiosa herramienta que se utiliza ampliamente en el muestreo subacuático, fue necesario dominarla antes de ser aplicada en esta investigación, esto garantizó la obtención de información confiable durante los muestreos y sobre todo evitó posibles accidentes (Solís y col., 2000). Además se consideró la planeación de los buceos que se realizaron durante los muestreos por la seguridad del grupo de trabajo. Es importante tomar en cuenta que el tipo de inmersiones realizadas con fines científicos difiere mucho de los de contemplación.

El trabajo de campo se desarrolló durante los meses de septiembre, octubre, noviembre de 2006, marzo, mayo y junio de 2007 en el arrecife La Galleguilla, Veracruz.

5.1. Ubicación de los puntos de muestreo

La carta náutica S. M. 823 (Secretaría de Marina, 1997) se utilizó como base para determinar los puntos de muestreo. Se escaneó la región que corresponde al arrecife La Galleguilla y sobre él se marcaron 12 transectos de acuerdo a los puntos cardinales, a partir del centro del arrecife y en aquellos lugares en donde los puntos quedaron muy separados entre sí, se marcaron transectos intermedios (Fig.5.1.a). Los puntos fueron ubicados sobre la cresta del arrecife de acuerdo a la carta náutica, y se sacaron las coordenadas de los mismos así como las del faro. Las 12 coordenadas obtenidas además de las del faro (Anexo 1, cuadro 1) se anotaron en una tablilla de acrílico sumergible.

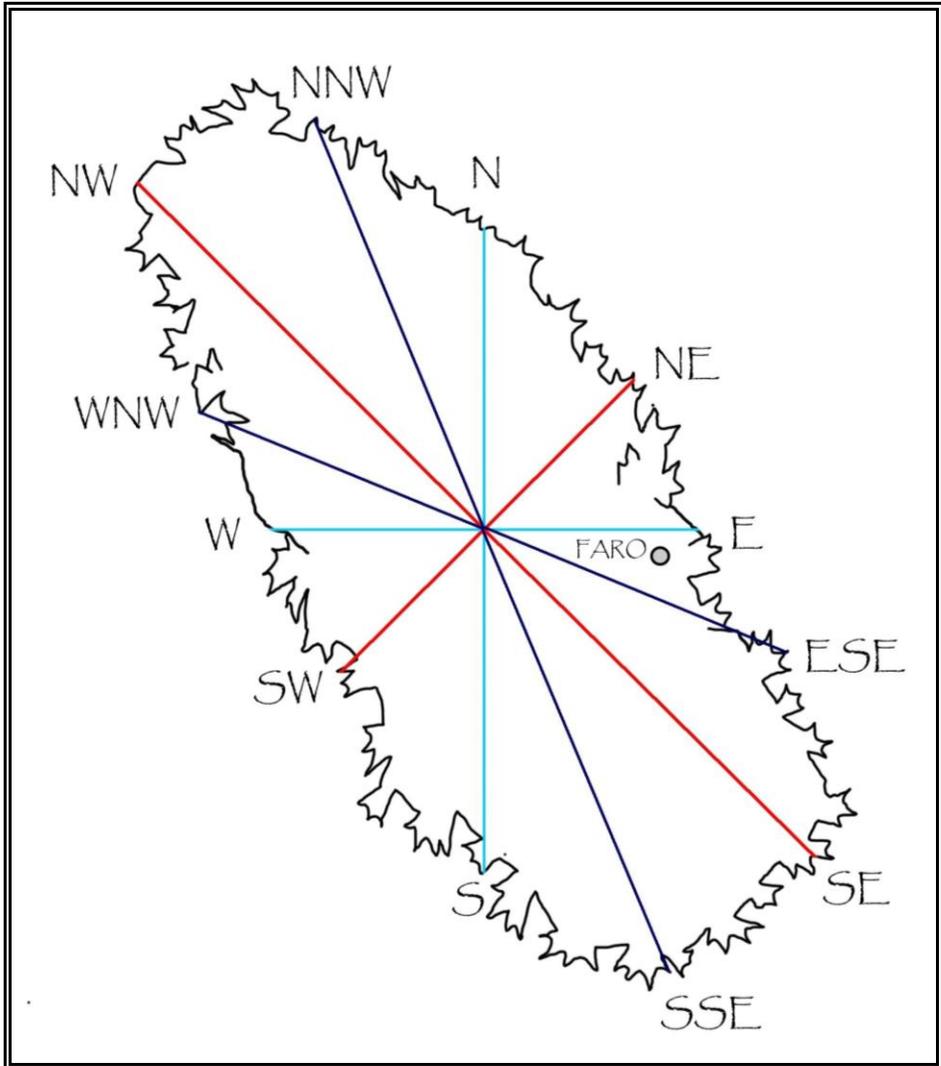


Figura 5.1.a. Ubicación de los transectos y puntos sobre la cresta del arrecife de acuerdo a los puntos de la rosa de los vientos; N. Norte, S. Sur, E. Este, W. Oeste, NE. Noreste, NW. Noroeste, SE. Sureste, SW. Suroeste, NNW. Nornoroeste, WNW. Oeste noroeste, ESE. Este sureste, SSE. Sur sureste, Faro.

5.2. Ajuste de coordenadas en campo

Una vez en el arrecife, se geoposicionó el faro para ajustar las coordenadas de los puntos antes calculados, para el caso de ambas coordenadas se restaron grados; en la latitud 1.8 y en longitud 1.7 (Anexo 1, cuadro 2).

De los puntos de muestreo elegidos inicialmente, los que estuvieron ubicados en el NNW y ESE no se muestrearon debido a que las condiciones como viento y oleaje del momento no lo permitieron. Por lo anterior, se colocaron transectos intermedios (Anexo 1, cuadro 3) en aquellos puntos en donde las características físicas del talud cambiaron (Fig. 5.1.b).

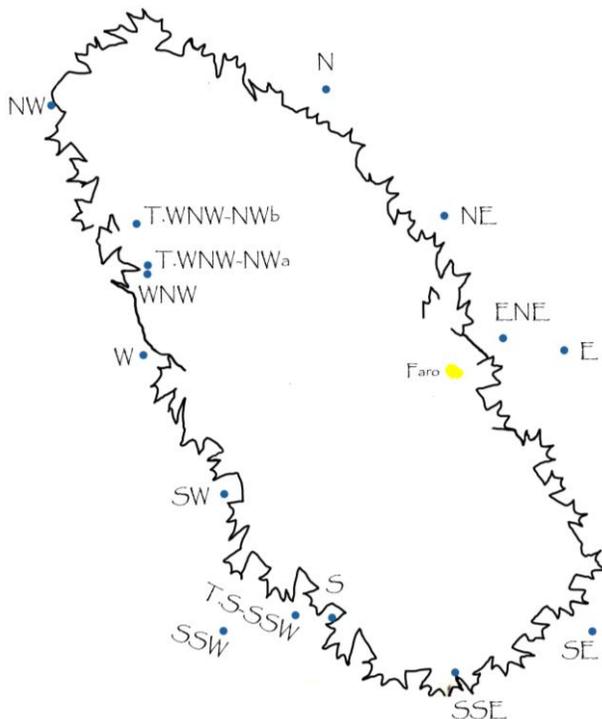


Figura 5.1.b. Ubicación de los puntos de muestreo.

- N. Norte
- NE. Noreste,
- ENE. Este noreste,
- E. Este
- SE. Sureste,
- SSE. Sur sureste,
- S. Sur
- T. S-SSW. Transición sur-sur suroeste,
- SSW. Sur suroeste
- SW. Suroeste
- W. Oeste
- WNW. Oeste noroeste
- T. WNW-NWa. Transición Oeste noroeste-noroeste a
- T. WNW-NWb. Transición Oeste noroeste-noroeste b
- NW. Noroeste

Los puntos de muestreo se ubicaron en el arrecife con un GPS (Garmin Etrex con una precisión de $\pm 4\text{m}$) utilizando las coordenadas ajustadas en campo, sin embargo, debido a las condiciones de corriente y oleaje de la zona, la ubicación no fue exacta (Anexo 1, cuadro 3). Una vez en el punto de muestreo, se inició a partir de éste el transecto hacia la zona profunda siguiendo una dirección perpendicular a la cresta y con la orientación elegida para cada uno de los transectos con ayuda de un compás (Fig. 5).

Para marcar el transecto se utilizó un carrete de 120 metros, en el cual se colocaron cuadrados de 1m^2 (Jácome, 1992; Noriega y col., 2002 y Vázquez-Domínguez, 2003;) cada 5 metros (Noriega y col., 2002). Como parte de la seguridad durante los buceos en el muestreo y debido a la baja visibilidad en algunas zonas del arrecife, se utilizaron líneas de seguridad (Jon Line).

5.3. Obtención de datos

En cada uno de los cuadrados se tomaron los siguientes datos que fueron registrados en una bitácora de campo (tabla de acrílico blanco para sumergir): especie (determinación *in situ* con ayuda de guías de campo sumergibles), número de organismos por especie, la asociación que presentaron los equinodermos con los biotopos que se registraron durante el muestreo así como la profundidad, la cual se midió en pies con un profundímetro marca Oceanic, por lo que se hizo posteriormente la conversión a metros (Anexo 2). Posteriormente se copiaron los datos a otra bitácora para conservar los registros (Padilla y col., 2000).

5.4. Guías de campo

Como apoyo a la determinación *in situ*, se elaboraron previamente guías de campo tamaño esquila sumergibles con imágenes de los equinodermos que han sido reportados para Veracruz así como las características distintivas de las especies. La literatura que se utilizó para la elaboración de las guías fue la siguiente: Caso (1961), Gosner (1978), Kaplan (1982), Solís-Marín y col. (1993), Hendler y col., (1995), Meinkoth (1995) y Humann y Deloach (2002). La mayoría de las fotografías que ilustraron las guías fueron tomadas en visitas anteriores a otros arrecifes del SAV. Las determinaciones taxonómicas fueron verificadas en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por el Dr. Francisco Alonso Solís Marín.

5.5. Catálogo

Se elaboró un catálogo fotográfico de los equinodermos del talud de La Galleguilla para el cual, los siguientes datos: nombre científico, autor, en algunos casos nombre común y descripción, fueron tomados de Hendler y col., (1995), mientras que las características para el reconocimiento en campo, hábitat, distribución en el arrecife y distribución batimétrica fueron datos obtenidos durante el presente trabajo.

5.6. Características ecológicas de la comunidad

En el estudio de las comunidades arrecifales es importante conocer algunos parámetros que nos permiten comprender su dinámica. En este caso se registró la riqueza específica, abundancia, y en una base de Excel, se calcularon los parámetros comunitarios de diversidad con el índice de Shannon-Weaver, equitatividad, valor de importancia (con tres parámetros), además de que se hizo el test de asociación de Olmstead y Tukey y un análisis de similitud de Jaccard. Los valores de diversidad y la matriz de similitud (con ligadura promedio) para elaborar el dendrograma fueron corroborados en el programa BioDiversity Pro (Anexo 3).

6. Resultados y Discusión

Se muestrearon en total 15 transectos y 153 cuadrados de 1 m².

6.1. Composición faunística

6.1.1. Listado taxonómico

El registro de equinodermos en La Galleguilla fue de 24 especies que representan las cinco clases actuales del Fílo. El arreglo sistemático que se presenta a continuación, está basado en el trabajo de Durán y col. (2005):

CLASE CRINOIDEA

Orden Comatulida A. H. Clark, 1908

Familia Comasteridae A. H. Clark, 1908

Género *Nemaster* A. H. Clark, 1909

Nemaster rubiginosa (Pourtalés, 1869)

CLASE ASTEROIDEA

Orden Valvatida Perrier, 1884

Familia Ophidiasteridae Verrill, 1870

Género *Linckia* Nardo, 1834

Linckia guildingii Gray, 1840

CLASE OPHIUROIDEA

Orden Ophiurida Müller y Troschel, 1840

Familia Ophiuridae Lyman, 1865

Género *Ophiolepis* Müller y Troschel, 1840

Ophiolepis paucispina (Say, 1825)

Familia Ophiocomidae Ljungman, 1867

Subfamilia Ophiocominae

Género *Ophiocoma* Agassiz, 1836

Ophiocoma echinata (Lamarck, 1816)

Ophiocoma wendtii Müller y Troschel, 1842

Familia Ophionereididae Ljungman, 1867

Género *Ophionereis* Lütken, 1859

Ophionereis reticulata (Say, 1825)

Familia Ophiodermatidae Ljungman, 1867

Género *Ophioderma* Müller y Troschel, 1840

Ophioderma appressum (Say, 1825)

Ophioderma cinereum Müller y Troschel, 1842

Ophioderma rubicundum Lütken, 1856

Familia Ophiactidae Matsumoto, 1915

Género *Ophiactis* Lütken, 1856

Ophiactis savignyi (Müller y Troschel, 1842)

Ophiactis sp.

Familia Ophiotrichidae Ljungman, 1866

Género *Ophiothrix* Müller y Troschel, 1840

Ophiothrix orstedii Lütken, 1856

CLASE ECHINOIDEA

Orden Cidaroida Claus, 1880

Familia Cidariidae Gray, 1825

Género *Eucidaris* Pomel, 1883

Eucidaris tribuloides (Lamarck, 1816)

Orden Diadematoïda Duncan, 1889

Familia Diadematidae

Género *Diadema* Gray, 1825

Diadema antillarum (Philippi, 1845)

Orden Temnopleuroïda Mortensen, 1942

Familia Toxopneustidae Troschel, 1872

Género *Lytechinus* A. Agassiz, 1863

Lytechinus variegatus (Lamarck, 1816)

Lytechinus williamsi Chesher, 1968

Orden Echinoïda Claus, 1876

Familia Echinometridae Gray, 1825

Género *Echinometra* Gray, 1825

Echinometra lucunter (Linnaeus, 1758)

Echinometra viridis A. Agassiz, 1863

CLASE HOLOTHUROIDEA

Orden Dendrochirotida Grube, 1840

Familia Cucumariidae Ludwig, 1894

Género *Ocnus* Forbes, 1841

Ocnus suspectus (Ludwig, 1874)

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)

Isostichopus sp.

Orden Apodida

Familia Synaptidae Burnmeister, 1837

Género *Euapta* Örtergren, 1898

Euapta lappa (Müller, 1850)

Familia Chiridotidae Örtergren, 1898

Género *Chiridota* Eschscholtz, 1829

Chiridota rotifera (Pourtalés, 1851)

Euapta lappa se encontró fuera de cuadrante.

Las 24 especies de equinodermos de este trabajo son el primer registro para el arrecife La Galleguilla, es importante mencionar que se encontró una nueva especie de holoturoideo (*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 (comunicación personal).

6.1.2. Catálogo



CRINOIDEA***Nemaster rubiginosa***

(Poutalés, 1869)

Nombre común. Lirio de mar**Descripción.**

Forma. Tiene de 20 a 40 brazos o más en los individuos muy grandes. Las sucesivas pinulas proximales se arreglan perpendicularmente entre ellas. La boca se encuentra cerca del disco marginal y el ano se abre por encima del cono anal.

Tamaño. Los brazos casi siempre son diferentes en tamaño, miden de 10 a 37 cm.

Color. El patrón de coloración varía entre las poblaciones locales y las que se encuentran separadas entre sí. Los individuos generalmente tienen un color naranja brillante con una línea negra en medio de la superficie ventral de cada brazo. Sin embargo, se pueden presentar otros patrones de coloración como: brazos negros, pinulas anaranjadas o negras con puntas anaranjadas; brazos y pinulas negras o brazos anaranjados, pinulas anaranjadas con amarillo o blanco en las puntas.

**Reconocimiento en campo**

La característica principal de esta especie es que presenta una línea negra en la parte media de los brazos.

Hábitat

Se encuentra entre formaciones grandes de coral muerto y alga calcárea. Son aparentemente resistentes a la actividad local y al oleaje.

Distribución en el arrecife

En la zona este del arrecife (barlovento).

Distribución batimétrica

Entre 9 y 15 metros de profundidad.

Vanía Villanueva Sousa

ASTEROIDEA

Linckia guildingii

Gray 1840

Nombre común. Estrella cometa

Descripción

Forma. El disco de esta especie es pequeño, tiene brazos delgados y casi siempre son de longitud diferente, puede tener de cuatro a siete brazos. Muchos individuos son considerablemente pequeños y frecuentemente tienen un brazo mucho más largo que los demás.

Tamaño. Los brazos más largos miden aprox. 22 cm, de 9 a 10 veces el diámetro del disco.

Color. La coloración puede ser muy variable y usualmente diferente entre organismos juveniles y adultos. Los juveniles son moteados con tonos rojos, cafés, violetas y púrpuras; los adultos son generalmente de un color uniforme, café rojizo, café amarillento o violeta.



Reconocimiento en campo

La mayoría de las veces, el organismo presenta una desigualdad muy marcada en la longitud de sus brazos.

Hábitat

En coral muerto, debajo de pedacera de coral y arena.

Distribución en el arrecife

En el sur y suroeste.

Distribución batimétrica

Se registró a 3 y a 4.5 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA*Ophiolepis paucispina*

(Say, 1825)

Nombre común. Ofiuros pigmeos

Descripción

Forma. Desde el centro del disco, se arreglan las escamas de manera regular y radial hacia fuera del mismo. Estas escamas están separadas entre ellas por continuas filas de escamas pequeñas, lo que le da al disco una apariencia simétrica labrada. Las uniones de los brazos se ensanchan en la parte distal. Los pequeños y lisos pies ambulacrales pueden retraerse dentro de los poros tentaculares completamente cubiertos por las escamas tentaculares del opérculo.

Tamaño. Los organismos típicos en los cuales el diámetro del disco mide 4.5 mm tienen brazos de 9 mm, pero pueden alcanzar los 7 mm de diámetro del disco y los brazos hasta 22 mm de largo.



Color. Los colores armonizan con la arena, el disco blanco, café o gris azulado puede tener manchas grises, verdes o cafés y los brazos presentan un color claro y generalmente tienen varias bandas cafés o grises.

Reconocimiento en campo

Esta especie enrolla sus brazos encima del disco cuando se le molesta.

Hábitat

En las zonas arenosas poco profundas, coral muerto, debajo de la pedacera de coral y en las algas calcáreas.

Distribución en el arrecife

En el noroeste y sur

Distribución batimétrica

Se registró a 3 y a 4.5 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA*Ophiocoma echinata*

(Lamarck, 1816)

Descripción

Forma. El disco está cubierto de gránulos y las mandíbulas presentan papilas dentales en forma de racimo y series de papilas orales. Dos características distintivas de las especies del Caribe son las siguientes: pies ambulacrales blancos y las espinas dorsales de los brazos son robustas y bulbosas. Las espinas dorsales de los brazos pueden ser más largas o más cortas que las espinas cercanas al disco.

Tamaño. Son organismos robustos que pueden tener un diámetro del disco 32 mm con brazos de 150 mm de largo.

Color. El disco es usualmente irregular y presenta combinaciones de negro, café y gris, los brazos tienen diferentes colores y pueden estar bandeados con los mismos colores del disco. Los juveniles generalmente son completamente negros, con escudos radiales blancos y varias bandas blancas en los brazos.

**Reconocimiento en campo**

La especie tiene los pies ambulacrales blancos y las espinas dorsales de los brazos son bulbosas.

Hábitat

En coral muerto, arena y pedacera de coral.

Distribución en el arrecife

En el sur y sur suroeste.

Distribución batimétrica

Se registró a 3 y a 3.5 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA*Ophiocoma wendtii*

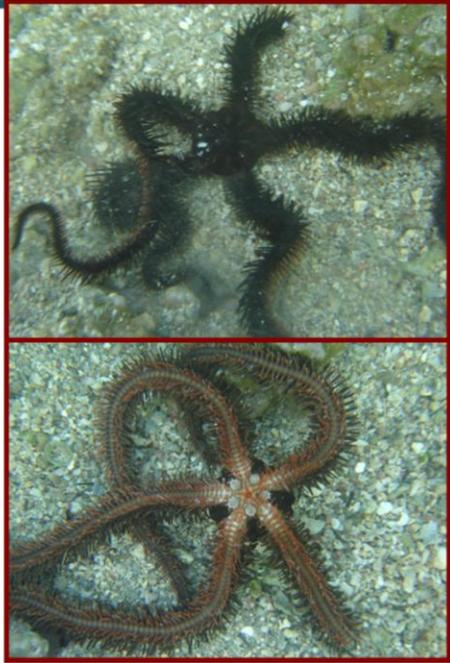
(Müller y Troschel, 1842)

Descripción

Forma. Las espinas dorsales de los brazos son las más largas, usualmente son iguales en longitud en cuatro o cinco uniones de los brazos. Son delgadas, irregularmente cilíndricas. El disco tiene una densa cubierta de gránulos.

Tamaño. Esta especie tiene 35 mm de diámetro en el disco y los brazos llegan a los 176 mm o más.

Color. La especie tiene una característica coloración que va de negra a café rojiza y un bandeado en las puntas de los brazos. Tiene pies ambulacrales rojos lo que le da la coloración rojiza a la parte ventral de los brazos. El patrón del disco que presenta negro y las bandas negras de los brazos son más pronunciados en los individuos pequeños y pálidos que en los grandes, los oscuros.

**Reconocimiento en campo**

Las espinas dorsales de los brazos son muy largas y los pies ambulacrales son rojos.

Hábitat

En algas, arena, coral muerto y pedacera de coral.

Distribución en el arrecife

En el sur, sur suroeste, oeste noroeste y transición oeste noroeste- noroeste.

Distribución batimétrica

Entre 3 y 7.5 metros de profundidad.

Vanía Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA

Ophionereis reticulata

(Say, 1825)



Descripción

Forma. El disco está cubierto finamente por escamas y los escudos radiales son pequeños; las placas primarias son raramente distinguibles en adultos. La placa dorsal accesoria del brazo es tan grande como las placas dorsales adyacentes. Las tres espinas de los brazos son lisas, comprimidas y generalmente más grandes que la unión del brazo.

Tamaño. El diámetro del disco es de 15 mm con brazos de más de 120 mm de largo.

Color. Esta especie presenta un patrón de red bien definido de color café o café rojizo sobre el disco gris pálido. Los juveniles tienen el disco blanco y presentan una red abierta y prominente de color café violeta, tiene marcas negras pareadas cerca de la base de cada brazo. Los brazos están bandeados con negro o café púrpura cada cuatro uniones de los brazos, y hay una delgada banda negra entre uniones pálidas de los brazos.

En los individuos oscuros, las uniones son de colores claros como café, raramente blancos y los brazos tienen una raya café en la parte media de los mismos.

Reconocimiento en campo

El disco de esta especie es muy particular ya que se reconoce el patrón de red que presenta.

Hábitat

En arena, coral muerto y pedacera de coral.

Distribución en el arrecife

Sur sureste, sur suroeste y oeste

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 6 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA

Ophioderma appressum

(Say, 1825)

Descripción

Forma. La especie tiene espinas aplanadas en los brazos. El disco está cubierto por pequeños gránulos, y tiene cuatro hendiduras bursales en cada brazo.

Tamaño. El diámetro del disco es de 25 mm aproximadamente con brazos de 125 mm de largo, pero raramente exceden los 18 mm de diámetro.

Color. El patrón de coloración de algunos individuos se asemeja al de *Ophioderma rubicundum*. Sin embargo, a diferencia de ésta, rara vez son rojizas y los escudos radiales están cubiertas de gránulos. La coloración de esta especie es extremadamente variable, puede estar dentro de dos patrones: "uniforme" o tipo "arlequín", el disco de los organismos que tiene coloración uniforme son grises, verdes o cafés.

El disco de los organismos "arlequín" es generalmente blanco completamente o tiene parches irregulares de un color contrastante (verde, blanco, negro o amarillo). Los brazos son bandeados con un color oscuro y con manchas más claras o blancas.

Hábitat

En coral muerto, pedacera de coral y arena.

Distribución en el arrecife

En el sur.

Distribución batimétrica

Se registró a 3 y a 5.4 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA*Ophioderma cinereum*

Müller y Troschel, 1842

Descripción

Forma. La superficie del disco a excepción de los escudos radiales está cubierta por gránulos microscópicos. Los gránulos rodean las hendiduras bursaless y los escudos orales. Las placas se encuentran irregularmente divididas por fisuras que corren del borde proximal al distal. Las espinas de los brazos son pequeñas, deprimidas e incrementan su talla hacia la superficie ventral.

Tamaño. Son organismos robustos que generalmente su disco mide 29 mm de diámetro, con brazos de 148 mm de largo, a excepción de los organismos grandes de 37 mm de diámetro de disco con brazos de 210 mm de largo.

Color. El color de esta especie puede ir desde gris claro a oscuro o café, los juveniles pueden ser rosa pálido, rojo o lavanda. Varios individuos, excepto los oscuros, tienen bordes oscuros, lo que remarca el borde de los escudos radiales.



Usualmente, el disco presenta finas manchas negras y blancas (o amarillas). Los brazos están bandeados y las placas dorsales de los brazos tienen un patrón de red irregular.

Reconocimiento en campo

Una característica diagnóstica de los individuos que son más grandes de 10 mm de diámetro del disco, es la fragmentación de numerosas placas dorsales del brazo en las uniones cerca del disco.

Hábitat

En arena, sólo debajo de pedacera de coral, no se encuentra en hendiduras.

Distribución en el arrecife

A partir del sur sureste, por el talud de sotavento hasta el oeste.

Distribución batimétrica

Entre 3 y 6 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA*Ophioderma rubicundum*

Lütken, 1856

Descripción

Forma. Los escudos radiales generalmente no presentan los gránulos que cubren el resto del disco. El escudo oral tiene un borde distal convexo que toca el borde de la hendidura bursal proximal. Las placas dorsales de los brazos de esta especie no están fragmentados y están arqueados cerca del disco. La punta del brazo es muy delgada. Las espinas de los brazos son pequeñas y deprimidas. La espina del brazo que se encuentra más abajo, especialmente cerca del disco es considerablemente más ancha y larga que las dorsales. Los juveniles tienen una cubierta de gránulos en el cuerpo mayor que los adultos.

Tamaño. El diámetro del disco en organismos adultos es de 23 mm, con brazos de 135 mm de largo.

Color. Los organismos típicos son rojos, pero excepcionalmente llegan a ser de un amarillo brillante.



Pueden ser negros, grises, cafés y algunas veces con parches blancos irregulares en el disco y bandas moteadas en los brazos. La doble coloración ventral de los interradios consiste en coloración blanca en la región proximal y rojiza en la periferia.

Hábitat

Entre coral vivo y coral muerto.

Distribución en el arrecife

Al noreste y transición oeste noroeste-noroeste.

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 12 metros de profundidad.

Vanía Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA

Ophiactis savignyi

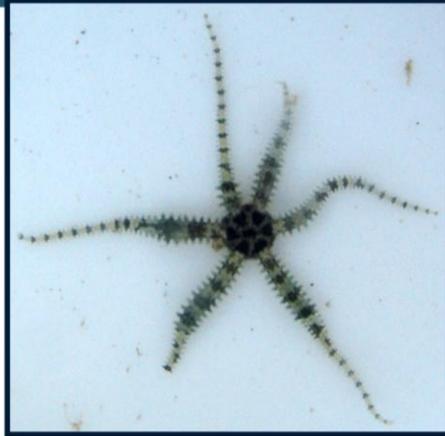
(Müller y Troschel, 1842)

Descripción

Forma. Los organismos típicos tienen seis brazos.

Tamaño. El diámetro del disco es de 3.8 mm y los brazos miden 16.3 mm de largo; los que tienen más de 5 mm de diámetro de disco son relativamente raros. El tamaño de los escudos radiales generalmente exceden la mitad del radio del disco. Las pequeñas espinas ásperas sobresalen del disco y son evidentes en organismos grandes. Las dos (algunas veces una o tres) papilas orales tienen una apariencia de escama.

Color. Los individuos tienen varias combinaciones de verde, café y crema; usualmente tienen un parche blanco en la punta externa del oscuro escudo radial. Las placas dorsales de los brazos tienen marcas oscuras pareadas en el borde distal que algunas veces muestran el pequeño lóbulo distal sobre la placa.



Reconocimiento en campo

Es una especie de seis brazos y presenta seis escudos radiales muy notables, generalmente más grandes que la mitad del radio del disco.

Hábitat

En algas, arena, coral muerto y pedacera de coral.

Distribución en el arrecife

A partir del sur, hacia sotavento.

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 18 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

OPHIUROIDEA

Ophiothrix orstedii

Lütken, 1856

Descripción

Forma. Las numerosas, largas y delgadas espinas en los sectores interradales del disco tienen puntas que terminan en dos o tres espinas microscópicas. Tiene menos espinas en los escudos radiales. Las espinas más altas de los brazos son delgadas, redondeadas, casi lisas y muy puntiagudas. Los pies ambulacrales son papilosos.

Tamaño. Los organismos grandes tienen un disco de 12 mm de diámetro y brazos de 65 mm de largo.

Color. El color base de esta especie es verde, café, café rojizo, azul, violeta o gris. Las bandas de color de los brazos se interrumpen por líneas delgadas amarillas (o blancas) que bordean cada lado por una línea delgada negra. El distintivo patrón negro y amarillo se puede continuar encima de los escudos radiales y hacia el disco.



Reconocimiento en campo

Las espinas de los brazos son muy largas y el patrón bandeado de los brazos es característico.

Hábitat

En todas las zonas arrecifales, en coral muerto, algas, arena, pedacera de coral, algunas veces en esponjas.

Distribución en el arrecife

A partir del sur sureste hacia sotavento hasta el noroeste.

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 11 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

ECHINOIDEA*Eucidaris tribuloides*

(Lamarck, 1816)

Nombre común. Erizo lápiz**Descripción****Forma.** Son organismos robustos que presentan espinas gruesas.**Tamaño.** El diámetro del organismo incluyendo las espinas puede alcanzar hasta 13 cm.**Color.** El color de la testa así como las bases de todas las espinas secundarias son de color café claro a café rojizo. Las escamas de las espinas primarias son blancas, y los extremos distales están ligeramente teñidos de café claro. La base de las espinas primarias son de diferentes tonalidades de café y las escamas de la base de las mismas pueden tener diferentes colores. Espinas generalmente con bandas blancas, cafés o rosa pálido. Los pies ambulacrales son café claro, los aborales son muy anchos en la base, más o menos afilados y muy extensibles, los pies orales tienen bien desarrollados discos terminales.**Reconocimiento en campo**

Puede reconocerse fácilmente por tener espinas muy gruesas y por las espinas modificadas a escamas en la base de las espinas primarias.

Hábitat

Se encuentra en hendiduras, coral vivo, coral muerto, en pedacera de coral.

Distribución en el arrecife

En casi todos los transectos excepto en el suroeste y transición sur~ sur suroeste.

Distribución batimétrica

Entre 3 y 18 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

ECHINOIDEA

Diadema antillarum

(Philippi, 1845)

Nombre común. Erizo diadema

Descripción

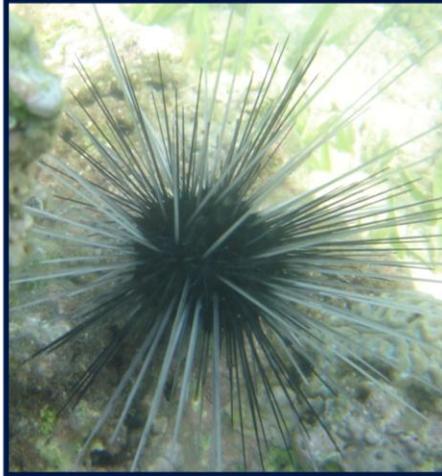
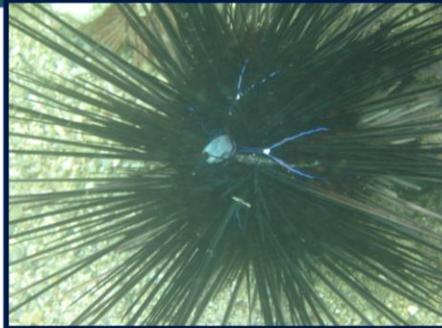
Forma. Organismos con espinas muy largas, que pueden medir casi cuatro veces el diámetro de la testa.

Tamaño. El diámetro total de esta especie puede exceder los 50 cm., las espinas pueden medir de 30 a 40 cm. de largo.

Color. La testa y las espinas generalmente son negras, pero algunos individuos pueden tener algunas o muchas espinas de color blanco o gris, y en algunos casos son completamente blancas. Los juveniles tienen las espinas con bandas blancas y negras y pueden confundirse con diferentes especies. Generalmente los organismos de color oscuro viven en aguas claras y los claros en aguas turbias, con poca luz o en aguas profundas.

Reconocimiento en campo

Se le reconoce fácilmente por el tamaño de las espinas.



Hábitat

Coral muerto, formaciones grandes de coral vivo, sobre extensiones de arena o roca.

Distribución en el arrecife

En el norte, noreste, este noreste y sur suroeste.

Distribución batimétrica

Entre 3.5 y 12 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

ECHINOIDEA

Lytechinus variegatus

(Lamarck, 1816)

Descripción.

Forma. Este erizo tiene espinas cortas.

Tamaño. Alcanza un diámetro total de 11 cm, el diámetro de la testa es de 8,5 cm aproximadamente.

Color. El color de la testa y de las espinas puede variar y suele usarse para distinguir las subespecies; *L. variegatus variegatus* (Lamarck) usualmente tiene una testa verdosa y las espinas verdes, y *L. variegatus carolinus* Agassiz usualmente tiene la testa y las espinas de color rojo claro. Sin embargo, el color puede ser muy variable dentro de una población.

Reconocimiento en campo

Son organismos pequeños, se encuentran cubiertos de conchas, *Thalassia*. Generalmente son color blanco o rosa.



Hábitat

Muy común en aguas tranquilas, en arena, coral muerto y pedacera de coral. Moore et al. (1963) notó que esta especie es intolerante a las partículas suspendidas y áreas abandonadas donde el agua es turbia.

Distribución en el arrecife

Entre sur y sur suroeste.

Distribución batimétrica

Entre 3 y 6 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

ECHINOIDEA

Lytechinus williamsi

Chesher, 1968

Descripción.

Forma. Son organismos pequeños y tienen pedicelarios globosos color púrpura.

Tamaño. El diámetro total de esta especie es de aproximadamente 5 cm, de los cuales la testa ocupa 3 cm.

Color. La testa es beige, las espinas generalmente verdes algunas veces blancas.

Reconocimiento en campo

Se puede diferenciar de *L. variegatus* ya que éste tiene pedicelarios blancos o rosas.

Hábitat

Entre coral vivo, coral muerto, arena y pedacera de coral.



Distribución en el arrecife

En la pendiente de barlovento, de norte a sur sureste, y en sotavento en el oeste noroeste y transiciones a y b.

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 18 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

ECHINOIDEA

Echinometra lucunter

(Linnaeus, 1758)

Descripción.

Forma. Las espinas son largas, aunque más cortas que las de *E. viridis*, gruesas en la base y con puntas afiladas.

Tamaño. Este erizo alcanza un diámetro total de 15 cm pero muchos individuos tienen la mitad de este diámetro.

Color. En la parte aboral, las espinas primarias y secundarias son de un color verde oliva oscuro, violetas o verdosas en las puntas, superficialmente el color de las espinas son negras, aunque algunos organismos son rojizos. La testa y los músculos de la base de las espinas son de rojas a cafés. Los pies ambulacrales aborales son café claro y los discos terminales de café oscuro a negro.



Las espinas orales tienen colores más claros que las espinas aborales, verde oliva claro cambiando a violeta claro. La testa y el peristoma son café crema.

Reconocimiento en campo

Es el erizo más común en los arrecifes, generalmente son completamente rojos o negros.

Hábitat

Generalmente cerca de las crestas y zonas de transición, en todo tipo de sustrato.

Distribución en el arrecife

En todos los transectos del arrecife

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 10.5 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

ECHINOIDEA

Echinometra viridis

A. Agassiz, 1863

Descripción

Forma. La testa tiene un contorno más circular que la de *E. lucunter*.

Tamaño. Esta especie en general es muy similar en tamaño a *E. lucunter*.

Color. En general, la testa es café rojiza así como los músculos de la base de las espinas. Tienen anillos blancos en la base de las espinas. Las espinas son café verdosas con la parte distal de las mismas con un 10% de un verde oliva uniforme pero con las puntas púrpura. Los pies ambulacrales aborales son café claro incluyendo los discos. El color de la superficie oral es más clara que la aboral, la testa es café claro, el peristoma es café rojizo oscuro. Todas las espinas de la superficie oral tiene coloración clara pero por otro lado no son muy diferentes de las espinas aborales, los pies de la superficie oral son similares en color a los de la superficie aboral pero los discos son más grandes.



Reconocimiento en campo

Las características distintivas de esta especie es que las espinas tienen un aro blanco en la base y las puntas de las mismas son notablemente más oscuras.

Hábitat

Se pueden encontrar en hendiduras, pedacera de coral, zonas de coral en asociación con conchas o rocas.

Distribución en el arrecife

En casi todos los transectos a excepción del sureste, transición sur-sur suroeste y suroeste.

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 13.5 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

HOLOTHUROIDEA***Ocnus suspectus***

(Ludwig, 1874)

Descripción

Forma. El cuerpo es grueso, corto y curvado, está hinchado centralmente con la boca y el ano dirigidos hacia arriba. Cerca del extremo posterior el cuerpo se adelgaza abruptamente formando un cono. La boca está rodeada por 10 tentáculos cortos muy ramificados. La pared del cuerpo es delgada y suave al tacto, debido al pequeño número de oscículos embebidos en ella. Los pies ambulacrales están dispersos en el cuerpo pero hay mucho de ellos en la zona ventral. Tienden a formar discretas hileras a lo largo del radio, especialmente en organismos pequeños.

Tamaño. Pueden alcanzar un tamaño de 6 a 7 cm pero varios individuos generalmente son más pequeños.

Color. Hay pequeñas manchas dispersas en el cuerpo y pies ambulacrales dándole a los organismos un matiz café, entre más pequeño sea el organismo, mayor es la concentración de pigmento.



Los individuos jóvenes son casi negros, los de talla mediana son café oscuro y los organismos grandes son café moteado. Las manchas café tienden a estar concentradas en el interradio, formando bandas longitudinales oscuras a lo largo del cuerpo.

Reconocimiento en campo

Es fácil distinguir a esta especie ya que lo único que sobresale son sus tenáculos.

Hábitat

Entre rocas, adheridos al sustrato.

Distribución en el arrecife

En casi todos los transectos.

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 15 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

HOLOTHUROIDEA***Holothuria (Thymiosycia)
impatiens*** (Forskal, 1775)**Descripción**

Forma. El cuerpo es delgado, elongado y estrecho anterior y posteriormente. Generalmente la diferencia en diámetro entre las dos terminaciones es tan marcado que el pepino adquiere la forma de un frasco. La piel es delgada, áspera y muy arrugada. Los pies ambulacrales son moteados, muchos están en las verrugas cónicas que tienden a formar bandas longitudinales a lo largo de los márgenes laterales. Hay relativamente pocos pies ambulacrales en la superficie ventral y abundantes papilas en la superficie dorsal. La boca, ubicada en el extremo anterior está rodeada por 20 tentáculos. Un collar estrecho de papilas rodean a los tentáculos.

Tamaño. Esta es una especie de tamaño medio que puede tener de 15 a 20 cm de largo.



Color. La pared del cuerpo es moteada con gris, café y púrpura, algunos organismos tienen manchas oscuras arregladas en dos series que corren a lo largo de la superficie dorsal. Ocasionalmente, cerca del extremo anterior del cuerpo las manchas se unen formando distintivas bandas transversales. Los organismos pueden ser oscuros cerca del extremo anterior, y algunos tienen un collar negro ancho.

Hábitat

En sedimentos arenosos, en pedacera de coral.

Distribución en el arrecife

En el noroeste.

Distribución batimétrica

Se registró a 4.5 metros de profundidad.

Vanía Villanueva Sousa

HOLOTHUROIDEA***Isostichopus badionotus***

(Selenka, 1867)

Descripción

Forma. Se distingue muy bien por la presencia de varias verrugas oscuras en la superficie dorsal y las papilas cónicas del margen ventrolateral. La superficie dorsal se distingue muy bien de la ventral, ya que ésta tiene tres bandas de pies ambulacrales cilíndricos. La pared corporal es gruesa y rígida, la cual segrega un moco cuando el organismo es removido del agua. La boca es ventral y está rodeada por aproximadamente 20 tentáculos con puntas delgadas.

Tamaño. Esta especie puede tener una longitud de 45 cm.

Color. La coloración de esta especie puede variar dramáticamente, el anaranjado, amarillo, rojo, café o violeta son comunes. Las verrugas dorsales y laterales son frecuentemente más oscuras que las que rodean la pared del cuerpo, lo que le da la apariencia de “choco-chip”.



Sin embargo, algunos organismos tienen una coloración oscura en el cuerpo y las verrugas de colores claros, y se han observado animales con una coloración uniforme.

Hábitat

Se encuentra en arenas y en pedacera de coral.

Distribución en el arrecife

En sotavento

Distribución batimétrica

Se registró en los primeros 13.5 metros de profundidad.

Vanía Villanueva Sousa

HOLOTHUROIDEA

Isostichopus sp.

Descripción

Forma. Presentan verrugas que se distribuyen de forma desordenada a lo largo de la superficie dorsal. La superficie ventral se diferencia claramente de la dorsal ya que entre las dos zonas se encuentran verrugas muy grandes.

Tamaño. Los organismos que se registraron en este arrecife tuvieron tallas de 15 a 30 cm aproximadamente.

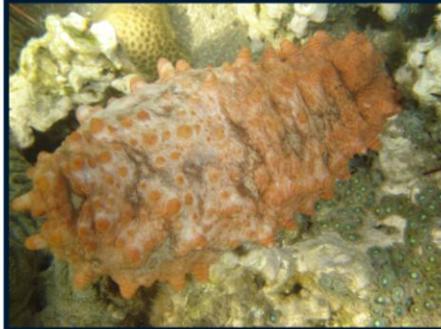
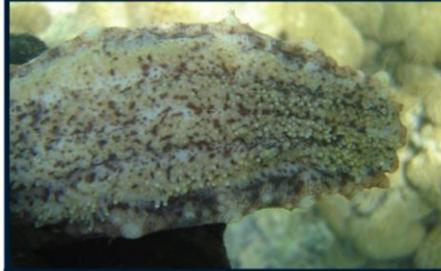
Color. La coloración es muy variada, pueden ser rosa pálido, rojo, grisáceo o café.

Reconocimiento en campo

Presentan una coloración que no es uniforme lo que les da el aspecto de tener parches de diferente coloración. Al tacto, desprenden una especie de moco.

Hábitat

Se encuentran en zonas donde hay coral vivo, a diferencia de *Isostichopus badionotus*, no se encuentran en zonas abiertas, siempre en quedades.



Distribución en el arrecife

Sur sureste, transición oeste noroeste-noroeste a y b.

Distribución batimétrica

Entre 1.5 y 7 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

HOLOTHUROIDEA***Euapta lappa***
(Müller, 1850)**Descripción**

Forma. Esta especie es única en apariencia entre los pepinos de mar. La pared corporal es extremadamente delgada y flexible, los organismos más activos pueden alterar rápidamente su tamaño. La boca está rodeada por 15 tentáculos largos, pinados, cada uno con 20 a 35 pares de dedos laterales. Los tentáculos en los organismos vivos están generalmente extendidos y muy activos.

Tamaño. Es un organismo grande, muy delgado que puede alcanzar un metro de longitud o más.

Color. El color es variable y se intensifica con relación al grado de expansión y contracción de los organismos. Las superficies dorsal y laterales están usualmente rayadas, con bandas longitudinales que se alternan de café y amarillo dorado. Parches blancos irregulares pueden estar dispersos a lo largo de las bandas cafés, y la pared corporal



moteada con puntos negros o blancos.

La superficie ventral está menos pigmentada y es a menudo blanca o plateada.

Reconocimiento en campo

La forma general es cilíndrica y vermiforme, la apariencia segmentada es producida por el ensanchamiento alternado y anillos constreñidos a intervalos irregulares a lo largo del cuerpo.

Hábitat

En pedacería de coral.

Distribución en el arrecife

En el sur.

Distribución batimétrica

Se registró a 3 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

HOLOTHUROIDEA*Chiridota rotifera*

(Pourtalés, 1851)

Descripción

Forma. La pared del cuerpo es ligeramente lisa y limosa. Sin embargo, da la apariencia áspera debido a la presencia de numerosas protuberancias hemisféricas parecidas a verrugas que contienen agregaciones de oscículos. La piel que se encuentra entre las verrugas es semitransparente, y las bandas musculares longitudinales y otras estructuras son visibles en los organismos vivos. Doce tentáculos digitales rodean la boca, cada uno con cinco pares de dedos, cuatro pares laterales y un par terminal.

Tamaño. Es una especie de pequeña a mediana talla, se reporta que puede medir 10 cm, varios individuos miden menos de 5 cm de largo, con un diámetro aproximado de 5 mm.

Color. El rosa o rojo de la pared corporal contrasta fuertemente con las verrugas blancas.

**Reconocimiento en campo**

Aunque esta especie es pequeña, los individuos son fácilmente reconocibles en campo por su coloración, el cuerpo es transparente y tiene manchas blancas.

Hábitat

Coral muerto, arena y pedacera de coral.

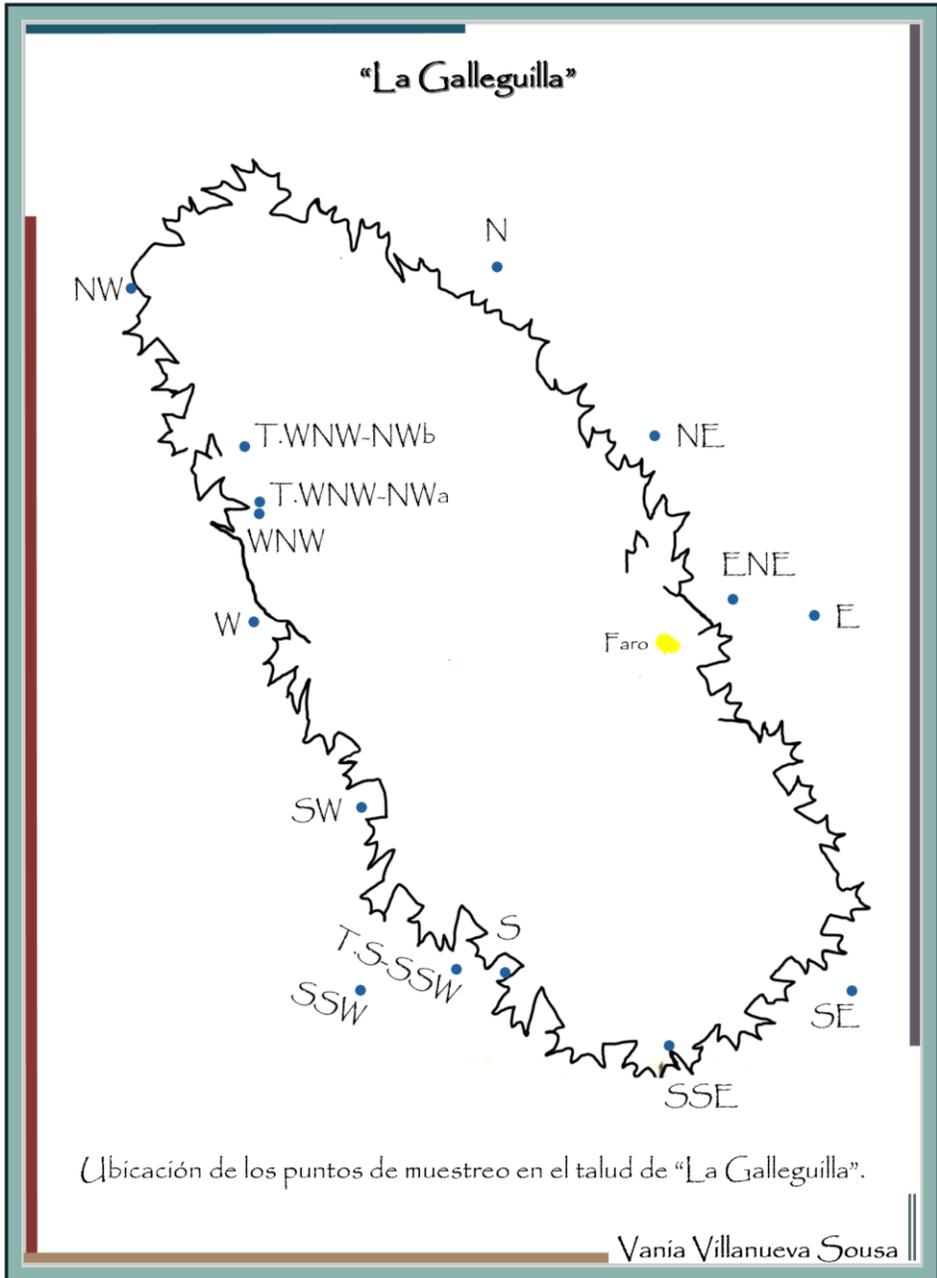
Distribución en el arrecife

En el sur.

Distribución batimétrica

Se registró a 3 y a 4.5 metros de profundidad.

Vania Villanueva Sousa

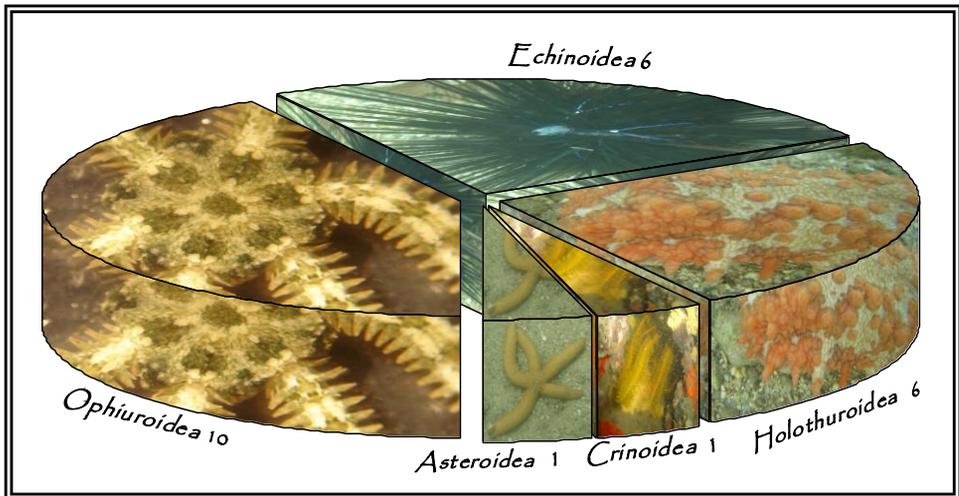


6.2. Análisis de la comunidad

6.2.1. Riqueza específica

6.2.1.1. Por Clase

La riqueza fue de 24 especies, siendo la Clase Ophiuroidea la que presentó el mayor registro y las Clases Crinoidea y Asteroidea las de menor riqueza específica (Gráfica 6.2.1.1).



Gráfica 6.2.1.1. Riqueza específica por Clase.

La riqueza específica alta, en el caso de los ofiuroideos, puede relacionarse a sus hábitos crípticos ya que en su mayoría se encontraron en coral muerto, y pedacera de coral (sustratos principales en los transectos muestreados); lo anterior debido a su particular forma, brazos alargados y disco pequeño, les permite utilizar estos ambientes de manera más eficiente, ocultándose bajo las rocas e introduciéndose en oquedades por lo que se encuentra un mayor número de especies de este grupo. Además, esto concuerda con el hecho de que estos sustratos brindan protección contra depredadores, por otro lado, este grupo tiene la ventaja de obtener su alimento de diversas formas, lo que es una ventaja en un ambiente heterogéneo como el talud.

La riqueza de especies en equinoideos se debe principalmente a sus hábitos alimenticios, lo que les da la capacidad de ocupar diversos sustratos y profundidades además de que algunos de ellos tienen gran resistencia al oleaje y condiciones extremas. El número de especies de holoturoideos se debe a que tienen la capacidad de esconderse entre el coral muerto y la pedacería de coral del talud, además de que se alimentan de materia que se encuentra en el sedimento, por lo que en este trabajo la mayoría de las especies se encontraron debajo de fragmentos de coral, a excepción de *Isostichopus badionotus* que siempre se encontró expuesto en áreas con arena o limo. Siendo que la Clase Crinoidea presenta de manera general el menor número de especies de los equinodermos en la costa oriental de México (Buitrón y Solís-Marín, 1993), es menos probable encontrarlos, así, en este trabajo sólo se registró una especie de crinoideo lo que además pudiera deberse a que las especies tienen hábitos principalmente nocturnos y todos los muestreos fueron diurnos, por otro lado, las zonas en donde pueden encontrarse los crinoideos son principalmente formaciones grandes de coral muerto y al ser espacios poco accesibles son difíciles de ser muestreados. Para la clase Asteroidea, también se registró sólo una especie debido a que muchos asteroideos se encuentran enterrados en la arena y en pocos lugares en el talud fue registrado este tipo de sustrato y a que por la forma rígida de su cuerpo, al contrario de los ofiuroideos, no ocupan de manera eficiente los espacios. Por otra parte, son organismos muy vistosos y que fácilmente pueden ser extraídos.

6.2.1.2. Por transecto

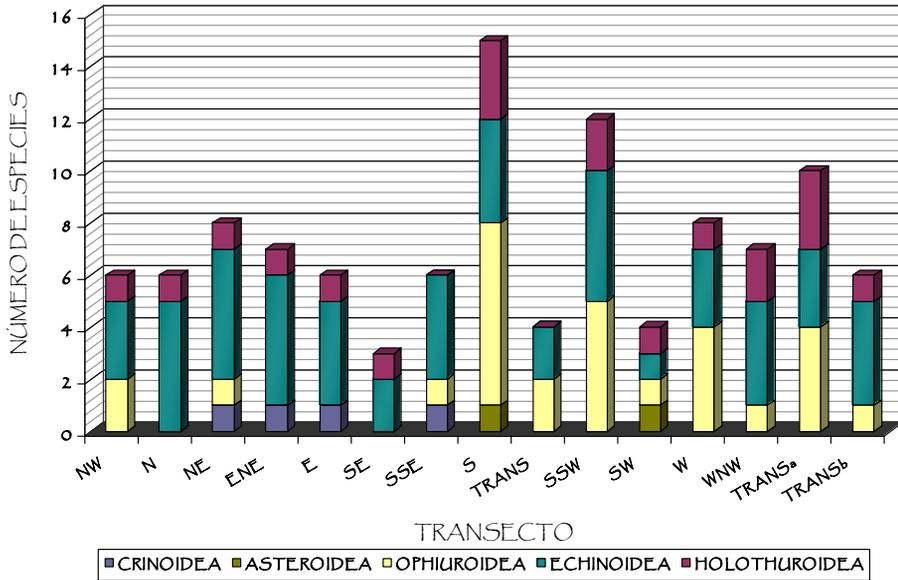
Las especies se distribuyeron de la siguiente manera en cada uno de los transectos:

ESPECIE	NW	N	NE	ENE	E	SE	SSE	S	TRANS.	SSW	SW	W	WNW	TRANS ^a	TRANS ^b
Crinoidea															
<i>Nemaster rubiginosa</i>			*	*	*		*								
Asteroidea															
<i>Linckia guildingii</i>								*			*				
Ophiuroidea															
<i>Ophiolepis paucispina</i>	*							*							
<i>Ophiocoma echinata</i>								*		*					
<i>Ophiocoma wendtii</i>								*		*			*	*	
<i>Ophionereis reticulata</i>								*		*		*			
<i>Ophioderma appressum</i>								*		*					
<i>Ophioderma cinereum</i>								*	*	*		*			
<i>Ophioderma rubicundum</i>			*											*	
<i>Ophiactis savignyi</i>								*				*		*	
<i>Ophiactis sp.</i>										*				*	
<i>Ophiothrix orstedii</i>	*						*	*	*			*		*	*
Echinoidea															
<i>Eucidaris tribuloides</i>	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*
<i>Diadema antillarum</i>		*	*	*						*					
<i>Lytechinus variegatus</i>								*	*	*					
<i>Lytechinus williamsi</i>		*	*	*	*		*					*	*	*	*
<i>Echinometra lucunter</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Echinometra viridis</i>	*	*	*	*	*		*	*		*		*	*	*	*

ESPECIE	NW	N	NE	ENE	E	SE	SSE	S	TRANS.	SSW	SW	W	WNW	TRANS ^a	TRANS ^b
Holothuroidea															
<i>Ocnus suspectus</i>		*	*	*	*	*		*		*		*	*	*	
<i>Holothuria impatiens</i>	*														
<i>Isostichopus badionotus</i>											*		*	*	
<i>Isostichopus sp.</i>										*				*	*
<i>Euapta lappa</i>								*							
<i>Chiridota rotifera</i>								*							*
TOTAL	6	6	8	7	6	3	6	16	4	12	4	8	7	10	6

* PRESENCIA

El transecto que presentó la mayor riqueza de especies fue el sur con 15 registros, en esta zona se encontró a *Euapta lappa* por lo que se consideran 16 registros totales, además de que en él se registraron cuatro Clases al igual que en el noreste, transición sur- sursuroeste y suroeste. La Clase que se distribuyó en todos los transectos fue Equinoidea, seguida por la Clase Holothuroidea localizada en 13 de los 15 transectos trabajados (Gráfica 6.2.1.2).



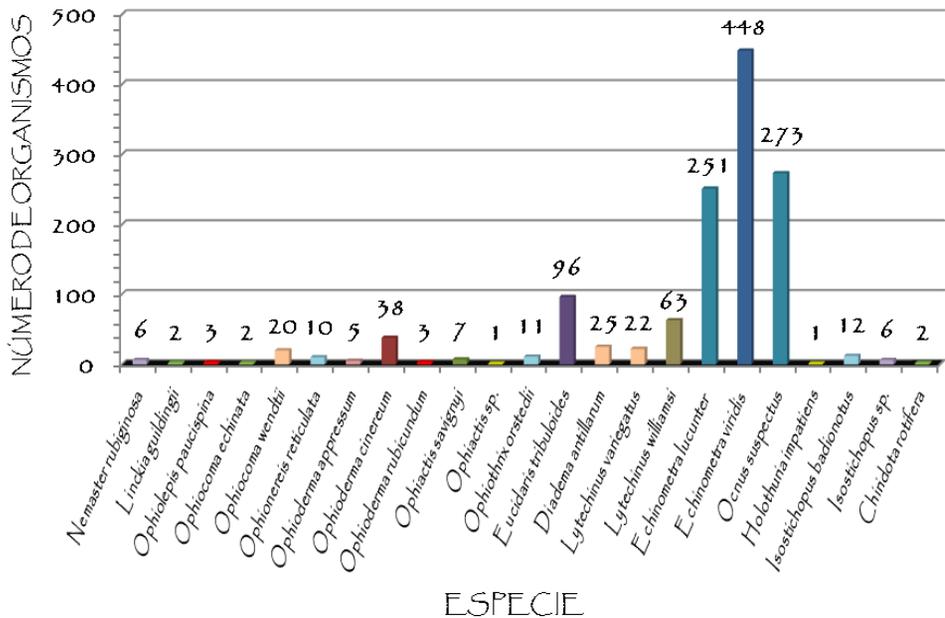
Gráfica 6.2.1.2. Riqueza específica de Clases por transecto.

El transecto sur tiene algunas características físicas (Anexo 4) como son el presentar una pendiente muy suave y sustrato constituido por pedacería de coral, lo que permite el establecimiento de un mayor número de especies. Por otra parte, en los transectos transición sur-suroeste y suroeste se presentó un menor número de especies debido a que la pendiente es muy pronunciada y la mayor parte del transecto tiene como sustrato principal arena y limo, lo que hace más difícil el establecimiento de algunas especies.

6.2.2. Abundancia

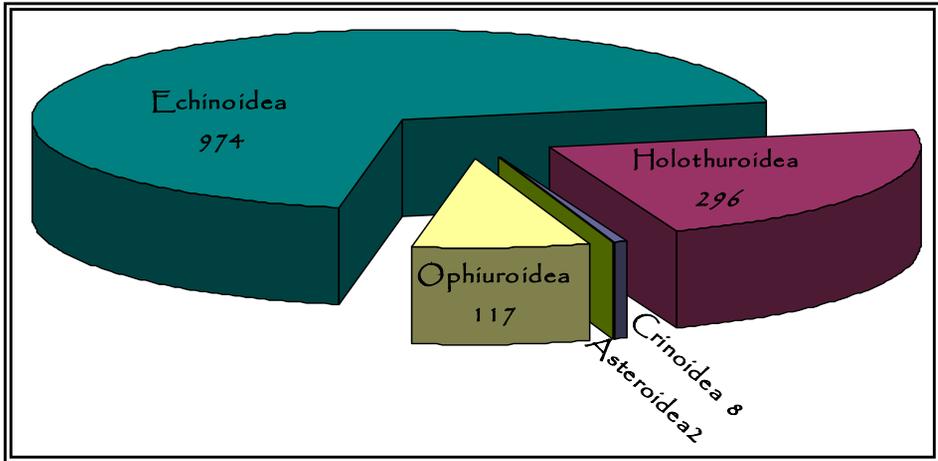
6.2.2.1. Por especie y Clase

La abundancia total fue de 1307 organismos, las especies más abundantes fueron *Echinometra lucunter*, *Ocnus suspectus* y *E. viridis*, las demás especies tuvieron abundancias por debajo de 100 individuos y la mayoría presentaron menos de 20 (Gráfica 6.2.2.1.a).



Gráfica 6.2.2.1.a. Abundancia por especie.

La Clase Echinoídea presentó la mayor abundancia y las Clases menos abundantes fueron Crinoídea y Asteroídea (Gráfica 6.2.2.1.b).

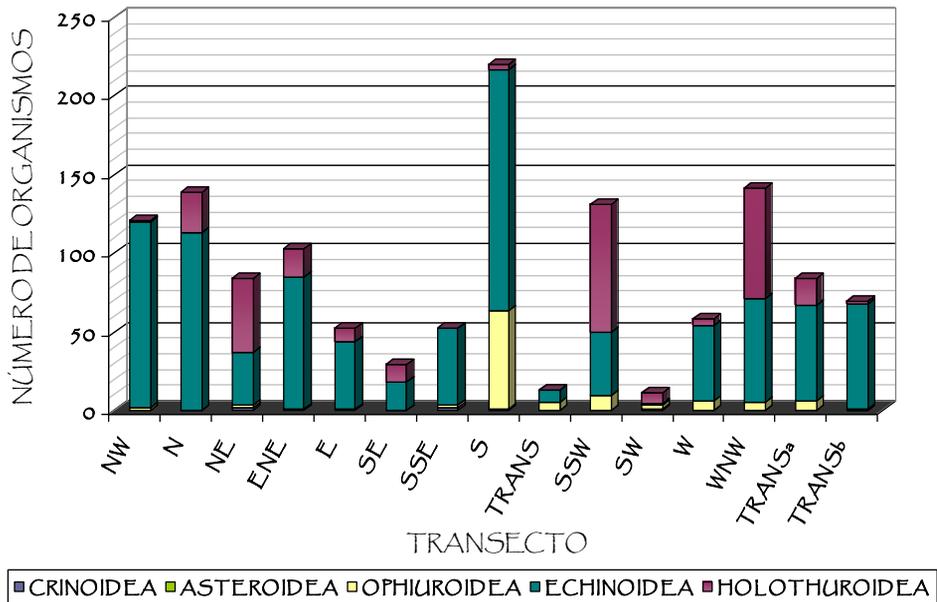


Gráfica 6.2.2.1.b. Abundancia por Clase.

Los equinoideos presentan hábitos alimenticios diversos y se consideran oportunistas, por lo que son organismos muy abundantes además de que algunos son resistentes al oleaje, y llegan a presentar estructuras de defensa eficaces. Entre los holoturoideos, *Ocnus suspectus* presentó una abundancia alta, esta especie se encontró entre las rocas lo que puede brindarle protección. Las demás especies de holoturoideos no fueron abundantes. Los ofiuroideos abundaron debido a especies como *Ophiocoma wendtii*, *Ophioderma cinereum* y *Ophiotrix orstedii*. Los crinoideos y asteroideos, por sus hábitos alimenticios y requerimientos de sustrato fueron los menos abundantes.

6.2.2.2. Por transecto

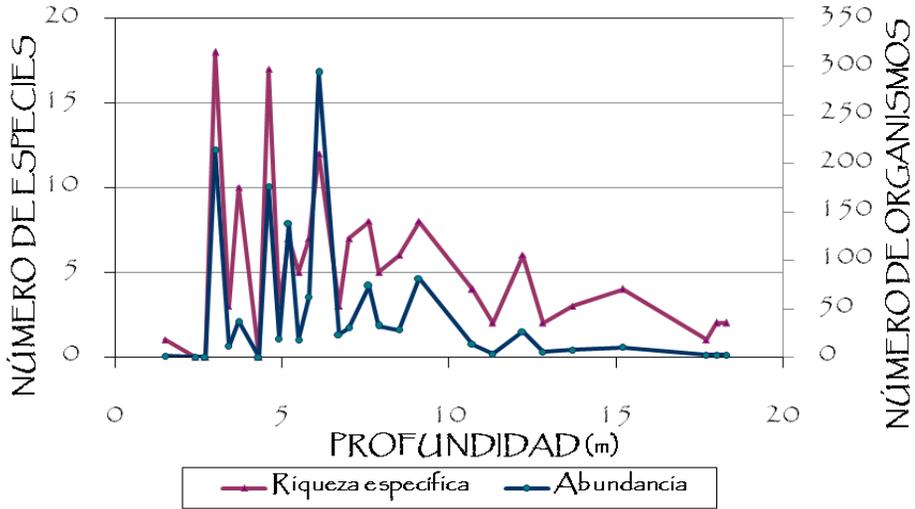
En cuanto a los transectos (Gráfica 6.2.2.2), en el sur se registró la mayor abundancia con 220 organismos, sin embargo, en este transecto se obtuvo una densidad de 17 ind/m², considerada media con respecto al valor más alto de densidad registrada en el transecto noroeste (30 ind/m²) los valores altos de abundancia en el sur pueden deberse en parte al número de especies ya que en este transecto se registró la mayor riqueza, esto sumado al tipo de sustrato y a que la pendiente es muy suave lo que puede permitir el establecimiento de más organismos, los transectos transición sur- sursuroeste y suroeste presentaron las abundancias más bajas lo que coincide también con los valores bajos de densidad, la pendiente de esta zona la cual es abrupta pudiera limitar el establecimiento de algunas especies por lo que se registró la menor abundancia de todo el arrecife.



Gráfica 6.2.2.2. Abundancia por Clase por transecto.

6.2.3. Riqueza específica y abundancia en relación con la profundidad

La profundidad máxima registrada en este trabajo fue de 18 metros, en la gráfica 6.2.3 se presenta la relación riqueza y abundancia con respecto a la profundidad. La mayor riqueza específica se registró a 3, 4.5 y 6 metros de profundidad, y en cuanto a abundancia es mayor de 3 a 6 metros y a partir de esta profundidad, disminuye considerablemente.



Gráfica 6.2.3. Relación riqueza y abundancia por profundidad.

Una de las razones por las que se presentó la mayor riqueza y abundancia en los primeros 6 metros, es porque en casi todos los transectos, el sustrato principal fue pedacería de coral o coral muerto, lo anterior aunado a que los primeros metros de la columna de agua reciben una mayor incidencia de luz y por lo tanto la producción de alimento es mayor que en zonas más profundas, favorece la ubicación de los equinodermos en estas zonas. Por debajo de 6 metros, en algunos transectos el sustrato fue limo o arena con muy pocos fragmentos de coral muerto, además de que algunas zonas del arrecife presentaron pendientes abruptas (en donde el sustrato fue limo) por lo que no fueron registradas ciertas especies como la mayoría de los ofiuroides y equinoideos que requieren sustratos duros para establecerse.

6.2.4. Análisis de Clases con respecto a profundidad, sustrato y talud

Nemaster rubiginosa fue registrada a 9 y 15 metros en el transecto este del arrecife mientras que *Linckia guildingii* se registró a 3 y 4.5 metros de profundidad en el sur y sureste. Las dos especies prefieren sustratos duros.

Los ofiuroides a pesar de presentar el mayor número de especies, no fueron tan abundantes como los equinoideos y holoturoideos, además de que a excepción de *Ophiolepis paucispina*, *Ophioderma rubicundum* y *Ophiothrix orstedii*, la mayoría se distribuyen a partir del sur suroeste hacia la pendiente de sotavento. En cuanto a profundidad, todas las especies de ofiuroides se restringen a profundidades entre 3 y 7.5 metros, a excepción de *O. rubicundum* y *Ophiactis savignyi* que fueron registradas a 12 y 18 metros de profundidad respectivamente, el tipo de sustrato que prefieren los organismos de esta Clase es el de pedacería de coral y se encuentran en los transectos que tienen una pendiente suave.

La Clase que en su mayoría tuvo una distribución amplia tanto horizontal como vertical fue la Echinoidea; *Diadema antillarum* se registró en la zona este del arrecife y entre 3.5 y 12 metros de profundidad, mientras que *Lytechinus variegatus* se encontró únicamente de sur a sur suroeste del arrecife entre 3 y 6 metros, siempre en sustratos blandos, es importante mencionar que en los lugares donde se encontró esta especie, *Lytechinus williamsi* no fue registrada ya que ésta sólo se encontró en sustratos duros. *Echinometra lucunter* es una especie muy abundante que se distribuye en casi todo el arrecife, sin embargo, se encuentra restringida a zonas poco profundas (de 3 a 10.5 metros), por debajo de esta profundidad las especies abundantes son *Eucidaris tribuloides* y *L. williamsi*.

En el caso de los holoturoideos, sólo *Ocnus suspectus* se distribuyó en la mayor parte del arrecife y en profundidades de 3 a 9 metros; sólo se encontró un organismo a 15 metros de profundidad. *Isostichopus badionotus* fue poco abundante, aunque se encontró en un mayor intervalo de profundidad, mientras que *Holothuria impatiens* se registró únicamente en el noroeste y a 4.5 metros de profundidad, *Euapta lappa* y *Chiridota rotifera* tuvieron una distribución restringida, sólo en el transecto sur, a 3 metros de profundidad.

Solamente dos especies del total registrado se encontraron expuestas en sustratos blandos (arena y limo); *L. variegatus* e *I. badionotus*, las demás fueron registradas en coral muerto, alga calcárea y pedacería de coral. La nueva especie, *Isostichopus sp.*, únicamente se distribuye en lugares que presentan coral vivo, siendo este un indicador de que se restringe a lugares donde el agua es clara.

6.2.5. Diversidad

6.2.5.1. Para la zona de estudio

La Galleguilla presentó una diversidad general de 2.8 bits/ind., y una equitatividad de 0.61.

6.2.5.2. Por transecto

En cuanto a los transectos, el sur presentó la mayor diversidad con 2.48 bits/ind. y $J'=0.63$, lo anterior debido a que este transecto al tener como sustrato principal pedacería de coral, pendiente suave y poca materia suspendida, es un lugar apto para que varias especies se establezcan en él, a pesar de ello, en este transecto la especie más abundante fue *Echinometra lucunter*.

Por el contrario, en el transecto transición oeste noroeste- noroeste la especie más abundante fue *Echinometra viridis*, y en él se registró la diversidad más baja con 0.62 bits/ind. y $J' = 0.24$, lo que indica que las condiciones no son tan favorables como en el sur ya que este transecto presenta limo y coral muerto como sustrato principal, la pendiente es más abrupta además de que hay una gran cantidad de partículas suspendidas, lo que es evidente por la poca visibilidad en esta zona; estas características en conjunto, son poco favorables para algunas especies de equinodermos. En el transecto sureste no se registró la dominancia de ninguna de las especies y sus abundancias fueron muy parecidas.

6.2.6. Valor de importancia relativa (VIR)

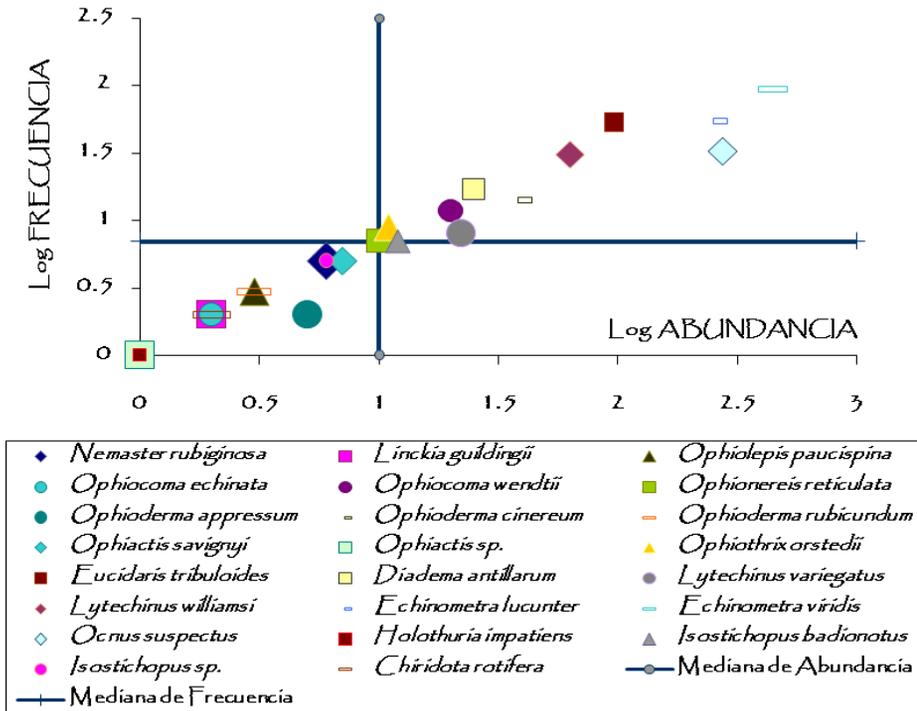
Los valores de importancia de las especies se encuentran ordenados de mayor a menor.

ESPECIE	VIR	ESPECIE	VIR
<i>Echinometra viridis</i>	85.1	<i>Ophiactis savignyi</i>	3.24
<i>Echinometra lucunter</i>	48.4	<i>Nemaster rubiginosa</i>	3.16
<i>Ocnus suspectus</i>	38.73	<i>Isostichopus sp.</i>	3.16
<i>Lucidaris tribuloides</i>	36	<i>Ophioderma rubicundum</i>	1.85
<i>Lytechinus williamsi</i>	21.58	<i>Ophiolepis paucispina</i>	1.85
<i>Diadema antillarum</i>	11.11	<i>Ophioderma appressum</i>	1.46
<i>Ophioderma cinereum</i>	10.47	<i>Linckia guildingii</i>	1.23
<i>Ophiocoma wendtii</i>	8.02	<i>Ophiocoma echinata</i>	1.23
<i>Lytechinus variegatus</i>	6.01	<i>Chiridota rotifera</i>	1.23
<i>Ophiothrix orstedii</i>	5.71	<i>Ophiactis sp.</i>	0.62
<i>Isostichopus badionotus</i>	4.7	<i>Holothuria impatiens</i>	0.62
<i>Ophionereis reticulata</i>	4.55		

El V I R nos permite reconocer a aquellas especies que tienen un alto número de individuos por unidad de área, así como aquellas que son frecuentes y dominantes y por lo tanto, organizar a las especies por orden jerárquico dentro de la comunidad. *E. viridis* registró el valor más alto por lo que fue la especie más importante, lo anterior se relaciona directamente con lo que se conoce de la biología de la especie ya que además de ser resistente al estrés físico causado por cambios en la temperatura y salinidad, se alimenta de algas y es una especie raspadora lo que le permite alimentarse en varias zonas de un arrecife y no se restringe a zonas poco profundas donde se ubica la cresta arrecifal sino puede ocupar de manera más eficiente el sustrato de zonas más profundas que fueron las muestreadas durante este trabajo. Por otra parte, *E. lucunter* que registró el segundo valor más alto, es una especie que tiene la capacidad de distribuirse de manera más amplia probablemente porque sus hábitos alimenticios y resistencia al estrés se lo permiten, pero a diferencia de *E. viridis*, es una especie predominantemente raspadora y se distribuye en zonas pocas profundas, principalmente en la cresta arrecifal. Mientras que *O. suspectus* es muy abundante pero en áreas específicas, ubicándose en pequeños espacios que pueden brindarle protección y constituyen el sustrato adecuado para su establecimiento.

6.2.7. Test de asociación Frecuencia- Abundancia

Los equinodermos registrados en La Galleguilla se agrupan en dos cuadrantes: 1) Las especies frecuentes y abundantes (dominantes), en esta zona se ubican todas aquellas pertenecientes a la Clase Echinoidea así como *Ophiocoma wendtii*, *Ophioderma cinereum* de la Clase Ophiuroidea y de la Holothuroidea *O. suspectus* y 2) las poco frecuentes y poco abundantes, consideradas también como especies raras, esta característica la presentaron la mayoría de los organismos de la Clase Ophiuroidea, Holothuroidea, y las Clases Asteroidea y Crinoidea. Sólo *Ophionereis reticulata*, *Ophiothrix orstedii* e *Isostichopus badionotus* se ubicaron en la zona intermedia ya que fueron especies con frecuencia y abundancia medias (Gráfica 6.2.7).



Gráfica 6.2.7. Test de asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1995).

6.3. Análisis de similitud y agrupamiento (cluster) de transectos.

Con base en los registros de equinodermos en los transectos, se definió un análisis de similitud y agrupamiento (cluster) el cual fue expresado en porcentaje, de manera que pudieron ser agrupados de la siguiente forma:

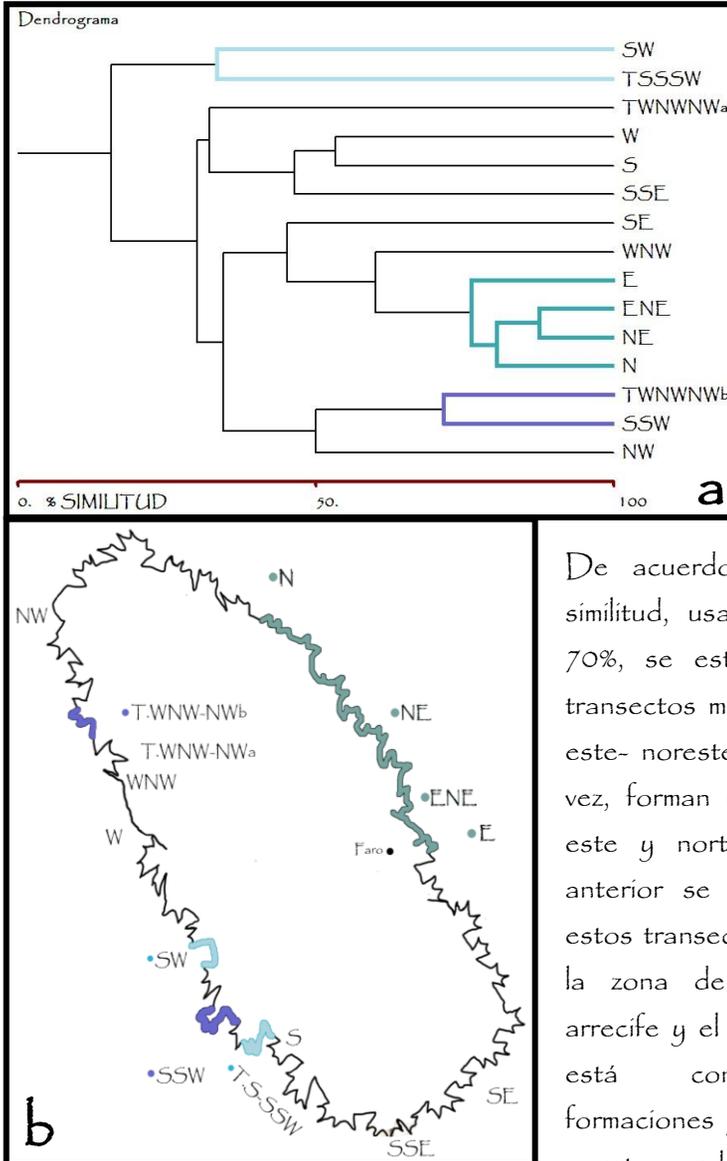


Figura 6.3.
Asociación entre los transectos de acuerdo al índice de Jaccard.

De acuerdo al análisis de similitud, usando un corte a 70%, se estableció que los transectos más parecidos son este-noreste y noreste; a su vez, forman un grupo con el este y norte (Fig.6.3); lo anterior se relaciona a que estos transectos se ubican en la zona de barlovento del arrecife y el sustrato en ellos está constituido por formaciones grandes de coral muerto, coral vivo y poca arena,

además de que la pendiente en ellos es suave, estas condiciones favorecen el establecimiento de especies en común como *Eucidaris tribulooides*, *Lytechinus williamsi*, *Echinometra lucunter*, *E. viridis* y *Ocnus suspectus*, que por su biología son especies que se adaptan a estas zonas.

Los transectos transición oeste noroeste- noroeste b y sur- suroeste también fueron similares (Fig. 6.3), al presentar sustratos que se constituyeron principalmente de formaciones de coral vivo, coral muerto, pedacera de coral y arena, esta coincidencia de sustratos aumenta la probabilidad de encontrar especies en común, en el caso de estos dos transectos se registraron a *Ophiothrix orstedii*, *E. tribulooides*, *L. williamsi*, *E. lucunter* y *E. viridis*, otro aspecto que comparten es que se ubican en la zona de sotavento. Los grupos restantes que se formaron no presentan una asociación clara, lo que se asocia a que las características físicas difieren en el resto de los transectos y por lo tanto las especies se distribuyen heterogéneamente de acuerdo a las adaptaciones que presenten a cada uno de estos hábitats. Otra de las razones por las que algunos grupos se formaron entre transectos, en los que las características físicas son notablemente diferentes, es porque en ellos se registró a *E. tribulooides*, *L. williamsi*, *E. lucunter*, *E. viridis* y *O. suspectus* que se ubicaron en casi todos los transectos y por ello no representaron un patrón particular de distribución, sin embargo, en ellos también fueron registradas las siguientes especies: *Linckia guildingii*, *Ophiolepis paucispina*, *Ophiocoma echinata*, *Ophioderma appressum*, *O. rubicundum*, *Ophiactis sp.*, *Holothuria impatiens* y *Chiridota rotifera*. Dos transectos que forman un grupo evidentemente diferente son el suroeste y transición sur- sur suroeste (Fig.6.3), ya que ambos tienen características diferentes y exclusivas como presentar en su mayoría limo además de que la pendiente es abrupta, por lo que las especies que se distribuyen en ellos son más particulares, entre ellas *L. guildingii*, *O. cinereum*, *O. orstedii*, *E. lucunter* e *Isostichopus badionotus*.

6.4. Descripción del talud de La Galleguilla

Si bien el talud de un arrecife coralino se divide de acuerdo principalmente a ciertas características físicas como tipo de sustrato, pendiente y corrientes, en dos zonas: barlovento y sotavento, para el caso de La Galleguilla, las características específicas de estas zonas no coinciden con las observadas durante este estudio. Con base en el análisis de similitud y agrupamiento de transectos por presencia de equinodermos, sólo se pudieron agrupar algunos transectos ubicados en la zona de barlovento que presentaron características similares de sustrato y pendiente por lo que en ellas se registraron las mismas especies. Los demás grupos que se formaron, no proporcionan datos claros que permitan hacer una zonación para el talud de este arrecife, lo anterior debido a que el arrecife presentó una heterogeneidad marcada en cuanto a tipo de sustrato, pendiente, partículas suspendidas por lo que las especies se distribuyen de manera dispersa de acuerdo a su biología y por lo tanto a sus adaptaciones. De manera general se puede decir que, en la zona que se encuentra entre norte y este hay formaciones grandes de coral muerto y coral vivo además que la pendiente es suave, hacia el sur del arrecife se encuentran algunas formaciones de coral muerto y coral vivo así como pedacería de coral, y la pendiente es suave. Entre el suroeste y transición sur- sur suroeste se ubican las pendientes más abruptas del arrecife y presentan limo como sustrato principal lo que limita el establecimiento de algunas especies. En la zona oeste del arrecife hay zonas de coral muerto, así como de pedacería de coral y la pendiente es suave. La zona de barlovento está representada por el este del arrecife y en su mayoría presenta pendientes suaves, mientras que sotavento se ubica hacia el oeste del arrecife siendo la zona más heterogénea del arrecife con pendientes suaves hacia el norte y abruptas hacia el sur.

6.5. Consideraciones Finales

A pesar de que se han hecho trabajos en los arrecifes veracruzanos sobre equinodermos, únicamente se han presentado en ellos listados taxonómicos, por lo que la gran aportación de esta investigación es que representa el primer registro de equinodermos en un arrecife del SAV que incluye datos como profundidad, tipo de sustrato y distribución de estos organismos en el talud de un arrecife, permitiendo así tener una aproximación más real de la distribución de los equinodermos en el talud arrecifal.

De acuerdo a los resultados de esta investigación, se concluye que hay factores que determinan la distribución de los equinodermos en los arrecifes de coral, de manera específica para el talud, ya que el tipo de sustrato, la profundidad y pendiente influyen de manera directa en la distribución y abundancia de los organismos. La importancia de conocer las condiciones en las que se encuentran las especies radica en el hecho de que la distribución de los organismos es el resultado de las adaptaciones a las condiciones del hábitat por lo que son necesarios estos datos para comprender la biología de los equinodermos, ya que aun dentro de la misma Clase, los especies tienen una biología diferente.

Lo anterior explica el hecho de que hay ciertas especies que se restringen a algunas zonas, como *Nemaster rubiginosa* que se distribuyó únicamente hacia el talud de barlovento por ser una especie que por su tipo de alimentación se ubica en zonas con corrientes, mientras que *Lytechinus variegatus* por poseer una testa delicada no se encuentra en estas zonas y prefiere zonas protegidas con poca corriente ubicadas en sotavento. *Isostichopus badionotus* prefiere zonas de arenales que sólo se ubican hacia el occidente del arrecife e *Isostichopus sp.* requiere de zonas claras y coral vivo por lo que estas especies se restringen a sotavento, en base a estos datos, los equinodermos, además de los corales pudieran servir para delimitar áreas dentro de los complejos arrecifales.

Las 24 especies que se reconocieron durante este estudio, ya habían sido registradas para el Sistema Arrecifal Veracruzano, sin embargo, el arrecife Galleguilla que se encuentra en este sistema, no había sido trabajado, por lo que, todas las especies aquí reportadas son el primer registro para este arrecife y es por ello la importancia del presente trabajo.

Comparando el total de registros con el reportado por Villalobos (1971) quien encontró siete especies de equinodermos en el arrecife La Blanquilla ubicado cerca de La Galleguilla, y el de Henkel (1982) quien reportó 41 especies en el arrecife Isla de Enmedio ubicado frente a las costas de Antón Lizardo, el número de especies registrado durante esta investigación es alto considerando que el arrecife Enmedio es más grande (más del doble) que La Galleguilla.

El método utilizado en este estudio fue adecuado, y con él se obtuvieron datos de la distribución de las diferentes especies de equinodermos, sin embargo, dado la duración de los buceos, además de que no hubo colecta, los organismos que pudieron registrarse fueron mayores a un centímetro, por lo que es importante complementar este trabajo, en donde se incluya una exploración más detallada para incrementar y definir el listado específico ya que con ello se podría hacer una comparación con el talud de otros arrecifes del SAV. Debido a la posición geográfica de La Galleguilla es necesario continuar su estudio sistemáticamente para determinar el efecto directo de las actividades antropogénicas sobre la distribución y abundancia de las especies, no sólo de los equinodermos que en él se desarrollan, sino de todas las especies, con base en ello y las comparaciones con otros arrecifes que se ubican lejos de la costa, definir el estado de los mismos.

7. Conclusiones

- Se determinaron 24 especies de equinodermos en el talud de La Galleguilla, siendo el primer registro para el arrecife.
- La Clase con la mayor riqueza específica fue la Ophiuroidea, Crinoidea y Asteroidea fueron las de menor riqueza de especies.
- La Clase más abundante fue Echinoidea y la menos abundante fue Asteroidea.
- Los ofiuroideos son poco abundantes, a pesar de tener una riqueza específica alta y en su mayoría se ubican en zonas poco profundas.
- *Ocnus suspectus* fue la especie más abundante de los holoturoideos.
- El transecto sur tuvo la riqueza específica y abundancia más alta.
- Los valores más bajos de riqueza y abundancia se presentaron en la transición sur- sursuroeste y el suroeste lo que puede relacionarse a la pendiente pronunciada y sustrato limoso que se presentan en ellos.
- El valor más alto de diversidad fue registrado en el transecto sur y el valor más bajo se encontró en el transecto transición oeste noroeste-noroeste a.
- Entre 3 y 6 metros de profundidad se encuentran los mayores valores de riqueza específica y abundancia, a medida que la profundidad aumentó, los valores disminuyeron notablemente.
- *Nemaster rubiginosa* se restringe a la zona este del arrecife a 9 y 15 metros de profundidad.
- *Linckia guildingii* se registró a 3 y 4.5 metros de profundidad y se presentó un organismo en el sur y uno en el sureste.
- Por debajo de 10.5 metros de profundidad, abundan *Eucidaris tribuloides* y *Lytechinus williamsi*.

- Los equinoideos se distribuyeron en casi todos los transectos y profundidades.
- *Echinometra lucunter* es una especie dominante que se distribuye en casi todo el arrecife, sin embargo, se encuentra restringida a zonas poco profundas.
- La diversidad general registrada en La Galleguilla fue de 2.8 bits/ind., y una equitatividad de 0.61.
- Las especies más importantes en el arrecife fueron *Echinometra viridis*, *Echinometra lucunter*, *Ocnus suspectus* y *Eucidaris tribuloides*, mientras que *Holothuria impatiens*, *Euapta lappa* y *Chiridota rotifera* tuvieron una distribución restringida y fueron especies raras.
- El análisis de similitud y agrupamiento mostró una asociación entre los transectos norte, noreste, este-noreste y este, ubicados en barlovento.
- Los transectos transición oeste noroeste- noroeste b y sur-suroeste, fueron similares y se ubican en sotavento.
- Los demás transectos no formaron grupos claros que permitieran establecer una zonación en el talud del arrecife, al menos con la presencia de equinodermos.
- El sustrato, la profundidad y la pendiente influyen directamente en la distribución de los equinodermos en el talud arrecifal.
- El talud de La Galleguilla presenta características heterogéneas, en donde la zona este del arrecife presenta pendientes suaves, y el sustrato principal es coral muerto y coral vivo, mientras que las pendientes más abruptas del arrecife se ubican entre el suroeste y transición sur- sursuroeste, además de que presentan limo como sustrato principal.

8. Literatura citada

A

Arriaga, C. L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. R. Jiménez, L. E. Muñoz, S. V. Aguilar (coords.). 1998. Regiones prioritarias marinas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 198 pp.

B

Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2003. Invertebrates. 2^{da} edición. Sinauer Associates Inc. USA. 936 pp.

Buitrón, S. B. E. y F. A. Solís-Marín. 1993. Los equinodermos Fósiles y Recientes de México. pp 209- 231 In Diversidad Biológica en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Vol. Esp. (XLIV).

C

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. González (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO. México. 865 pp.

Caso, M. E. 1961. Los equinodermos de México. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 338 pp.

- Caso, M. E. 1978. Ciencia y Técnica de los equinodermos en relación con el hombre. Primera parte, Aspecto Científico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 5 (1): 255-286.
- Chávez, E. A. y E. Hidalgo. 1988. Los arrecifes coralinos del Caribe noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 15(1): 167-175.
- Chía, F. y F. W. Harrison. 1994. Introduction to the Echinodermata. Chapter 1. In Microscopic Anatomy of Invertebrates. Vol. 14: Echinodermata. Ed. Wiley-Liss. New York. 510 pp.
- Celaya, E. V. 2006. Erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) 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.

D

- Dando, M., M. Burchett y G. Waller. 1996. Sea Life. A complete Guide to the Marine Environment. Smithsonian Institution. USA. 504 pp.
- De la Lanza E., G. 2001. Características Físico- Químicas de los Mares de México, 1. Textos Monográficos: 9. Las Costas y los Mares de México. Temas Selectos de Geografía de México. México. 149 pp.
- Durán-González, A., A. Laguarda-Figueras, F. A. Solís-Marín, B. E. Buitrón-Sánchez, A. C. Gust y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. Revista de Biología Tropical. 53 (Suppl. 3): 53- 68.

F

Franco, L. J. 1998. Manual de ecología. Trillas. México. 266 pp.

G

Gaston, K. J. y J. I. Spicer. 2004. Biodiversity: An Introduction. 2^{da} edición. Blackwell Publishing. Reino Unido. 191 pp.

Gobierno Federal. 1992. Diario Oficial de la Federación. 457 17:3-4.

Goreau, T. F., N. J. Goreau y T. J. Goreau. 1979. Corales y Arrecifes Coralinos. Investigación y Ciencia. 60: 46-60.

Gosner, K. L. 1978. A Field Guide to the Atlantic Seashore from the Bay of Fundy to Cape Hatteras. The Peterson field guide series. Houghton Mufflin Company. USA. 329 pp.

H

Hendler, G., J. E. Miller, D. L. Pawson y P. M. Kier. 1995. Sea Star, Sea Urchins & Allies: Echinoderms of Florida & the Caribbean. Smithsonian Institute Press. 390 pp.

Henkel, D. H. 1982. Echinoderms of Enmedio Reef, southwestern Gulf of Mexico. M. S. thesis, Corpus Christi State University, Corpus Christi, Texas. 78 pp.

Humann, P y N. Deloach. 2002. Reef Creature Identification, Florida, Caribbean, Bahamas. 2^{da} edición. New World Publications. Inc. USA. 420 pp.

I

INE-SEMARNAT. 2000. Áreas Naturales Protegidas de México con Decretos Federales. INE-SEMARNAT. México. 748-759 pp.

Ives, J. E. 1890. Echinoderms from the Northern Coast of Yucatan and the Harbor of Veracruz. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 1890: 317-340.

J

Jácome, P. L. 1992. Análisis de las comunidades malacológicas asociadas al arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 62 pp.

K

Kaplan, E. H. 1982. A Field Guide to Coral Reefs Caribbean and Florida. The Peterson field guide series. Houghton Muffin Company. USA. 289 pp.

L

Lara, M. 1989. Zonación y caracterización de los escleractineos en el arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 91 pp.

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.

M

Meinkoth, N. A. 1995. National Audubon Society Field Guide to North American Seashore Creatures. Alfred A. Knopf, USA. 813 pp.

N

Nishimura, M., M. 2005. Distribución y abundancia del erizo blanco *Triploneustes ventricosus* (Echinodermata: Toxopneustidae) en la laguna del arrecife de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 113 pp.

Noriega, N., A. Cróquer y S. M. Pauls. 2002. Población de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) y características estructurales de las praderas de *Thalassia testudinum* en la Bahía de Mochima, Venezuela, Revista de Biología Tropical, 50(1): 49-56.

P

Padilla S. C. A., M. Lara y M. A. García. 2000. Uso del Buceo en el Muestreo de Comunidades Bénticas. 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, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 448 pp.

PEMEX, 1987. Evaluación de los corales escleractinios del Sistema Arrecifal Veracruzano. PEMEX- Secretaría de Marina. 119 pp.

Q

Quintana y Molina, J. 1991. Resultados del programa de investigaciones en arrecifes Veracruzanos del laboratorio de sistemas bentónicos litorales. *Hidrobiológica*. 1 (1) 73- 86.

R

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.

S

Saura, F. 1991. El Arrecife de Coral. Coordinación y supervisión de la edición Luis Rubio Gil. RTVE. Rtve/Serbal. 191 pp.

Schuhmacher, H. 1978. Arrecifes coralinos. Omega. Barcelona, España. 283 pp.

Secretaría de Marina, 1997. Carta de Navegación S. M. 823 Veracruz y Proximidades, 1:25 000. 2ª edición. Secretaría de Marina Dirección General de Oceanografía Naval. México D. F.

Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1995. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 3ª. edición W.H. Freeman and Company New York. 871 pp.

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.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Solís-Marín, F. A. y A. Laguarda-Figuera. 1998. Los equinodermos de México. *Biodiversitas*. Año 4. N° 18, 1-7.

Solís-Marín, F. A., A. Laguarda-Figuera y M. A. Gordillo-Hernández (en prensa). Estudio Taxonómico de los Equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *In*: Granados-Barba, A., L.G. Abarca-Arenas y J.M. Vargas-Hernández (eds.). *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. PROMEP*. Universidad Veracruzana, Universidad Autónoma de Campeche. México. ISBN 968-5722-53-6.

Solís Weiss, V., A. P. Hernández y F. A. Solís Marín. 2000. Muestreo del Bentos. *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. 448 p.

V

Vargas-Hernández, J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra, 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. pp 559- 575 *In* *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO. México, 865 pp.

Vázquez-Domínguez, E. 2003. Diversidad y distribución de crustáceos y equinodermos y su relación con niveles de sedimentación en arrecifes coralinos. *Revista de Biología Tropical*. 51 (1): 183- 194 pp.

Villalobos, A. 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. *In* *Symposium on investigations and resources of the Caribbean Sea and adjacent regions*. Willemstad, Curacao. 531-545 pp.

9. Anexo 1.

Coordenadas

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

TRANSECTO	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
Norte (N)	19° 14' 4.2"	96° 07' 23.7"
Sur (S)	19° 13' 41.9"	96° 07' 23.7"
Este (E)	19° 13' 53.7"	96° 07' 16.5"
Oeste (W)	19° 13' 53.7"	96° 07' 31"
Noreste (NE)	19° 13' 58.9"	96° 07' 18.6"
Noroeste (NW)	19° 14' 5.7"	96° 07' 35.6"
Sureste (SE)	19° 13' 48.9"	96° 07' 12.5"
Suroeste (SW)	19° 13' 42.5"	96° 07' 28.6"
Nornoroeste (NNW)	19° 14' 08"	96° 07' 29.5"
Oeste noroeste (WNW)	19° 13' 57.8"	96° 07' 33.5"
Este sureste (ESE)	19° 13' 49.6"	96° 07' 13.5"
Sur sureste (SSE)	19° 13' 38.7"	96° 07' 17.4"
Faro	19° 13' 52.8"	96° 07' 17.9"

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

TRANSECTO	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
Norte (N)	19° 14' 2.4"	96° 07' 22"
Sur (S)	19° 13' 40.1"	96° 07' 22"
Este (E)	19° 13' 51.9"	96° 07' 14.8"
Oeste (W)	19° 13' 51.9"	96° 07' 29.3"
Noreste (NE)	19° 13' 57.1"	96° 07' 16.9"
Noroeste (NW)	19° 14' 3.9"	96° 07' 33.9"
Sureste (SE)	19° 13' 47.1"	96° 07' 10.8"
Suroeste (SW)	19° 13' 40.7"	96° 07' 26.9"
Nomoroeste (NNW)	19° 14' 6.2"	96° 07' 27.8"
Oeste Noroeste (WNW)	19° 13' 55.7"	96° 07' 30.9"
Sur Sureste (SSE)	19° 13' 36.9"	96° 07' 15.7"
Faro	19° 13' 51"	96° 07' 16.2"

En el caso de las coordenadas de latitud se restaron 1.8 grados y para las de longitud se restaron 1.7 grados.

Cuadro 3. Coordenadas de los transectos muestreados.

TRANSECTO	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
Norte (N)	19° 14' 3.8"	96° 07' 22"
Sur (S)	19° 13' 39.9"	96° 07' 21.6"
Este (E)	19° 13' 51.9"	96° 07' 11.3"
Oeste (W)	19° 13' 51.7"	96° 07' 30.1"
Noreste (NE)	19° 13' 58"	96° 07' 16.6"
Noroeste (NW)	19° 14' 3.1"	96° 07' 34.1"
Sureste (SE)	19° 13' 39.3"	96° 07' 10.1"
Suroeste (SW)	19° 13' 45.5"	96° 07' 26.4"
Oeste Noroeste (WNW)	19° 13' 55.5"	96° 07' 29.9"
Sur Sureste (SSE)	19° 13' 37.5"	96° 07' 16.1"
Sur Suroeste (SSW)	19° 13' 39.3"	96° 07' 26.4"
Este Noreste (ENE)	19° 13' 52.5"	96° 07' 13"
Transición S-SSW	19° 13' 40"	96° 07' 23.2"
Transición WNW-NWa	19° 13' 55.8"	96° 07' 29.8"
Transición WNW-NWb	19° 13' 57.7"	96° 07' 30.4"
Faro	19° 13' 51"	96° 07' 16.2"

10. Anexo 2.

Conversión pies a metros

Los valores que se utilizaron para la profundidad en metros fueron los redondeados, los cuales se ajustaron a valores de 0 y 0.5 para facilitar su expresión.

Profundidad en pies	Profundidad en metros (m)	
	Valor exacto (m)	Valor redondeado (m)
5	1.524	1.5
8	2.4384	2.5
9	2.7432	2.5
10	3.048	3
11	3.3528	3
12	3.6576	3.5
14	4.2672	4
15	4.572	4.5
16	4.8768	5
17	5.1816	5
18	5.4864	5.5
19	5.7912	5.5
20	6.096	6
22	6.7056	6
23	7.0104	7
25	7.62	7.5

Profundidad en pies	Profundidad en metros (m)	
	Valor exacto (m)	Valor redondeado (m)
26	7.9248	8
28	8.5344	8.5
30	9.144	9
35	10.668	10.5
37	11.2776	11
40	12.192	12
42	12.8016	13
45	13.716	13.5
50	15.24	15
55	16.764	16.5
58	17.6784	17.5
59	17.9832	18
60	18.288	18

11. Anexo 3.

Parámetros comunitarios

Las fórmulas fueron tomadas de Franco (1998) y Rocha y col. (2006).

3. a. **RIQUEZA ESPECÍFICA.** Nos indica el número de especies del lugar estudiado.

3. b. **ABUNDANCIA.** Es el número de organismos de cada especie.

3. c. **ABUNDANCIA RELATIVA.** Es la fracción con la que contribuye una especie a la abundancia total.

$$pi = Ni / \sum_{i=1}^S Ni, \text{ donde:}$$

pi = Abundancia relativa de la especie i

S = Número total de individuos de la comunidad

Ni = Abundancia de la especie i

3. d. **DENSIDAD.** Es el número de organismos de una especie por unidad de área.

$$Di = ni / A, \text{ donde:}$$

ni = Número de organismos de la especie i

A = Área total muestreada

3. e. DENSIDAD RELATIVA. Densidad de una especie referida a la densidad de todas las especies del área.

$$DiR = (ni / nT)100, \text{ donde:}$$

ni = Densidad de la especie i

nT = Sumatoria de las densidades de todas las especies

3. f. DOMINANCIA. Es la cobertura de todos los individuos de una especie, medida en unidades de superficie.

$$Ci = \delta i / A, \text{ donde:}$$

Ci = Dominancia de la especie

δi = Área donde aparece la especie i

A = Área total muestreada

3. g. DOMINANCIA RELATIVA. Es la dominancia de una especie referida a la dominancia de todas las especies.

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

Ci = Dominancia de una especie

$\sum c$ = Sumatoria de las dominancias

3. h. FRECUENCIA. Es el número de muestras en las que se encuentra una especie.

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

Fi = Frecuencia absoluta de la especie

mi = Número de estaciones donde aparece una especie

MT = Total de estaciones muestreadas

3. i. 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.

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

Fi = Frecuencia de una especie

$\sum Fi$ = Sumatoria de frecuencias de todas las especies

3. j. DIVERSIDAD (H')

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.

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

H' = Diversidad de Shannon Weaver (contenido de información de la muestra) *bits*/individuo.

pi = Proporción de la especie i en la muestra = ni / N

S = Número de especies en la muestra.

N = Número total de individuos en la muestra.

3. k. DIVERSIDAD MÁXIMA. Mide la uniformidad de la distribución de la comunidad.

$$H'máx. = \log_2 S, \text{ donde:}$$

$H'máx.$ = Diversidad bajo condiciones de máxima equitatividad.

S = Número de especies

3. l. **EQUITATIVIDAD (J')**. Se considera una medida relativa de la heterogeneidad de la comunidad, en donde el valor máximo se presenta cuando todas las especies en la muestra están representadas con la misma abundancia.

$$J' = D / D_{m\acute{a}x}, \text{ donde:}$$

D = Valor del índice de diversidad.

$D_{m\acute{a}x}$ = Diversidad máxima, para S especies y N individuos.

3. m. **VALOR DE IMPORTANCIA**. Nos proporciona información de la influencia de una especie dentro de la comunidad, varía de 0 a 300.

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

DiR = Densidad relativa

CiR = Dominancia relativa

FiR = Frecuencia relativa

3. n. **FRECUENCIA- ABUNDANCIA**. La relación frecuencia-abundancia se obtuvo con el test de asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) el cual es un método gráfico que nos permite determinar si existe correlación, sin embargo, no determina la magnitud de la misma.

Para el caso específico de los equinodermos de La Galleguilla, se utilizó el logaritmo base 10 de frecuencia y abundancia con los que se elaboró un diagrama de dispersión. Una vez elaborado el diagrama, se marcaron las medianas tanto de frecuencia como de abundancia, ambas líneas delimitaron cuatro cuadrantes en la gráfica (Fig. 3. k): el cuadrante superior izquierdo nos muestra aquellas especies que son muy frecuentes-poco abundantes; el cuadrante superior derecho muestra las especies muy frecuentes-muy abundantes; el cuadrante inferior izquierdo muestra las especies poco frecuentes-poco abundantes y el cuadrante inferior derecho muestra las especies poco frecuentes-muy abundantes.

3. ñ. ANÁLISIS DE SIMILITUD Y AGRUPAMIENTO (CLUSTER) DE TRANSECTOS.

Para conocer la composición de una comunidad, es necesario conocer las especies que en ella se encuentran, y cuando se tienen muestras dentro de la comunidad, éstas pueden ser comparadas entre sí, lo que nos muestra con base en las especies presentes, la similitud entre las áreas muestreadas y por lo tanto la heterogeneidad ambiental en la cual se asienta la comunidad. En el caso específico de este trabajo se compararon los transectos con el índice de Jaccard, ya que es un índice cualitativo, sólo se registró presencia-ausencia de las especies. El dendrograma se elaboró con el programa BioDiversity Professional Beta de Neil McAleece, 1997. The Natural History Museum and the Scottish Association for Marine Science.

12. Anexo 4.

Descripción de los transectos

Para este trabajo el talud fue dividido de acuerdo a su orientación, teniendo como resultado 15 transectos, a continuación se describe de manera general cada uno de ellos y se anexa un esquema en el que se muestra el perfil del transecto con una línea gruesa.

Transecto NW (Fig. 12.1). El sustrato se conforma de coral muerto y algas calcáreas, la pendiente es suave y la visibilidad durante los muestreos fue mala (de menos de un metro) debido a la gran cantidad de partículas suspendidas.

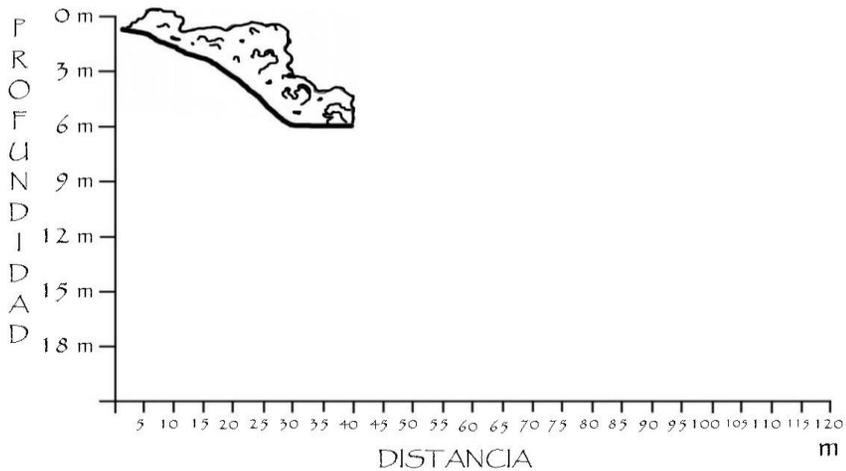


Figura 12.1. Perfil del transecto noroeste.

Transecto N (Fig. 12.2). El sustrato se constituye de formaciones grandes de coral muerto y coral vivo, la pendiente es suave, la visibilidad fue regular (de 4 a 5 m). La temperatura que se registró durante los muestreos fue de 25 a 28° C.

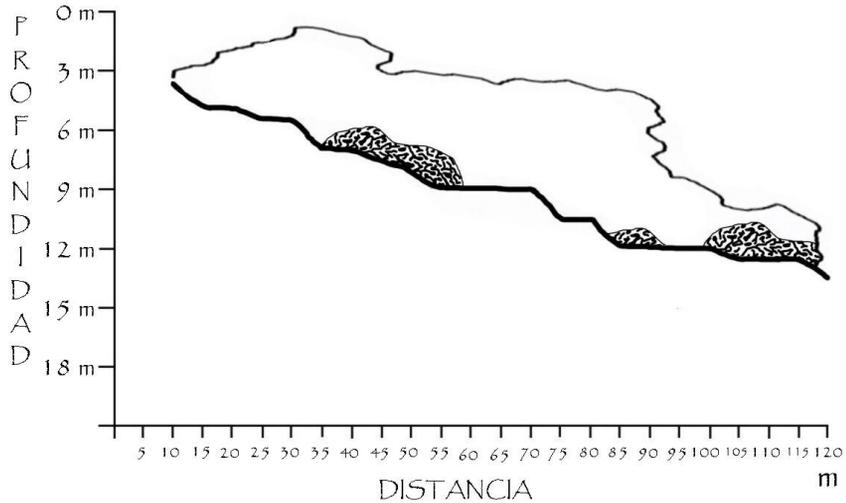


Figura 12.2. Perfil del transecto norte.

Transecto NE (Fig. 12.3). La mayoría del talud se constituye por coral muerto y aproximadamente el 10% de coral vivo, la pendiente es suave, la visibilidad fue regular (de 4 a 5 m) y la temperatura fue de 28° C de manera general, aunque por debajo de 18 m, bajó 1° C.

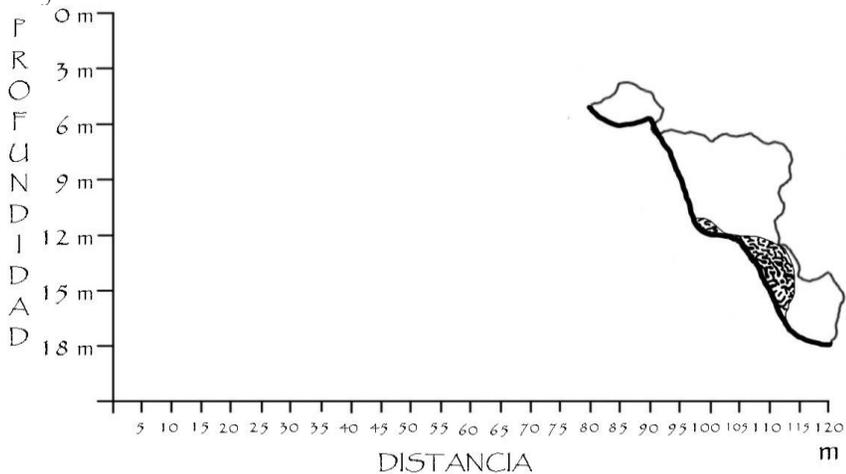


Figura 12.3. Perfil del transecto noreste.

Transecto ENE (Fig. 12.4). El sustrato se compone de coral muerto y coral vivo, la pendiente es suave, la temperatura registrada fue de 27°C . por encima de 9 m, en las partes con profundidades de 15 y 18 m, la temperatura fue de 25°C .

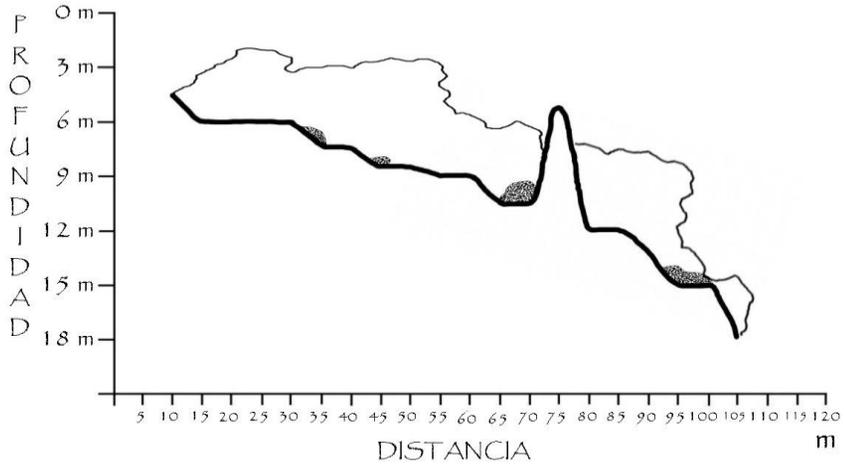


Figura 12.4. Perfil del transecto este noreste.

Transecto E (Fig. 12.5). El sustrato se compone de formaciones grandes de coral muerto y coral vivo, la pendiente es suave, la visibilidad fue buena durante los muestreos (de 6 a 8 m) y la temperatura registrada fue de 28°C .

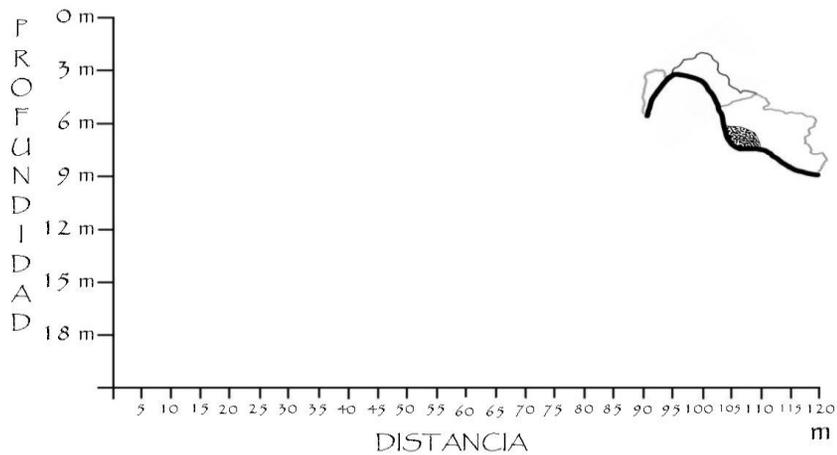


Figura 12.5. Perfil del transecto este.

Transecto SE (Fig. 12.6). El sustrato se constituye principalmente de pedacaría de coral y poco coral vivo (aproximadamente el 20%), la pendiente es suave, la visibilidad fue regular (de 4 a 5 m) y la temperatura varió entre los 28 y 29° C.

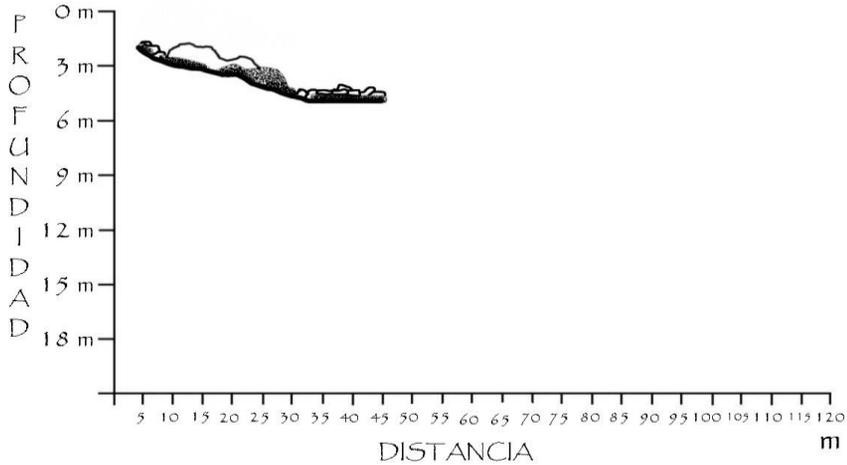


Figura 12.6. Perfil del transecto sureste.

Transecto SSE (Fig. 12.7). A los 3 m de profundidad, el sustrato se compuso de arena y pedacaría de coral, de 4.5 a 6 metros, hay formaciones grandes de coral vivo y por debajo de 7.5 m hay limo, la pendiente es suave, la visibilidad fue buena (de 6 a 8 m), la temperatura registrada fue de 27° C en las partes superficiales y a partir de 10.5 m hubo un cambio brusco de temperatura a 23° C.

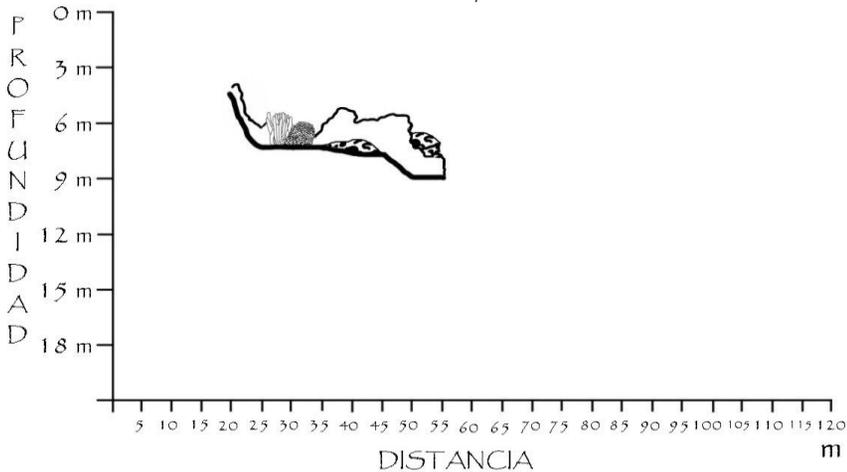


Figura 12.7. Perfil del transecto su sureste.

Transecto S (Fig. 12.8). Este talud se conforma en su mayoría de pedacera de coral. Por debajo de 7.5 m se encontró limo, a 6 m arena, a los 3 m se encontró coral muerto, algas calcáreas y arena, la pendiente es suave y la visibilidad fue buena y la temperatura fue de 26° C.

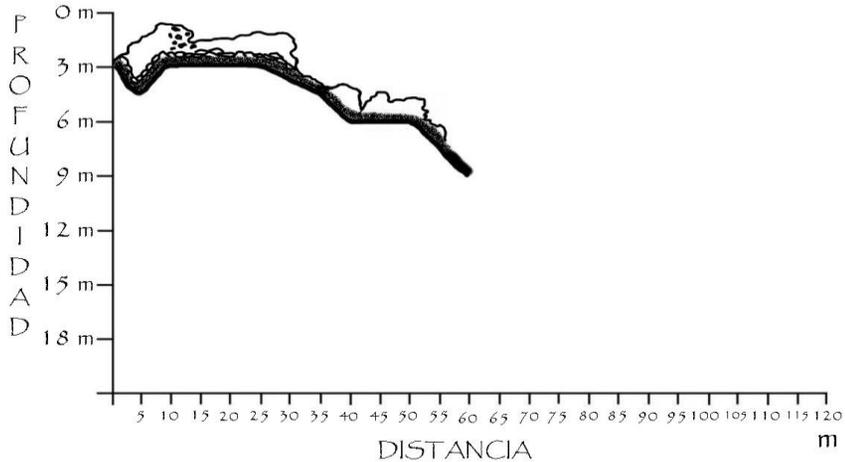


Figura 12.8. Perfil del transecto sur.

Transecto Transición S- SSW (Fig. 12.9). El sustrato está constituido básicamente de limo, en algunas zonas hay esponjas, pedacera de coral y arena, la pendiente es abrupta, la visibilidad fue regular por arriba de 9 m y por debajo de esta profundidad, fue mala, la temperatura se encontró entre los 27 y 29° C.

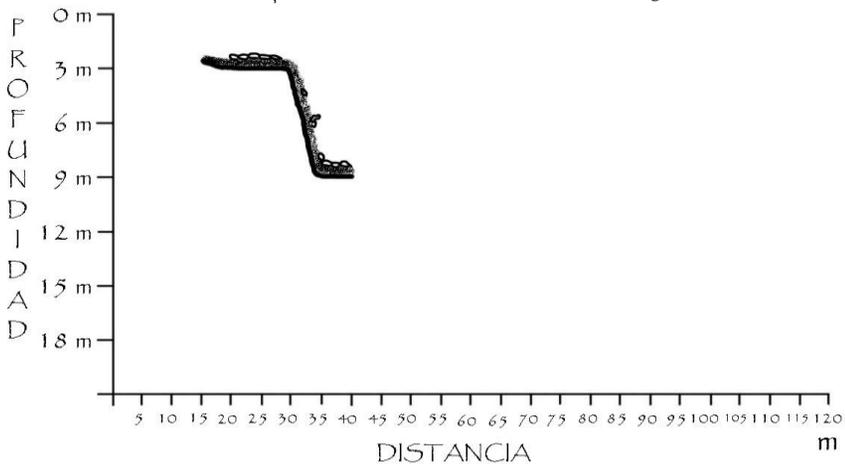


Figura 12.9. Perfil del transecto sur- sur suroeste.

Transecto SSW (Fig. 12.10). El sustrato es de coral vivo y coral muerto, hay una gran cantidad de gorgonáceos, la pendiente es suave, visibilidad regular y la temperatura aproximada fue de 28° C.

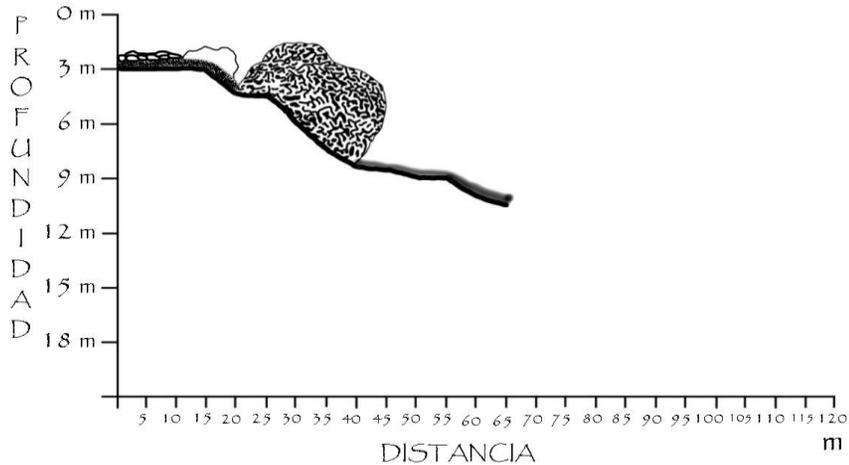


Figura 12.10. Perfil del transecto sur suroeste.

Transecto SW (Fig. 12.11). El sustrato es limo, la pendiente es abrupta, la visibilidad fue mala y hubo un cambio brusco de temperatura a 6 m, de 28 a 23° C.

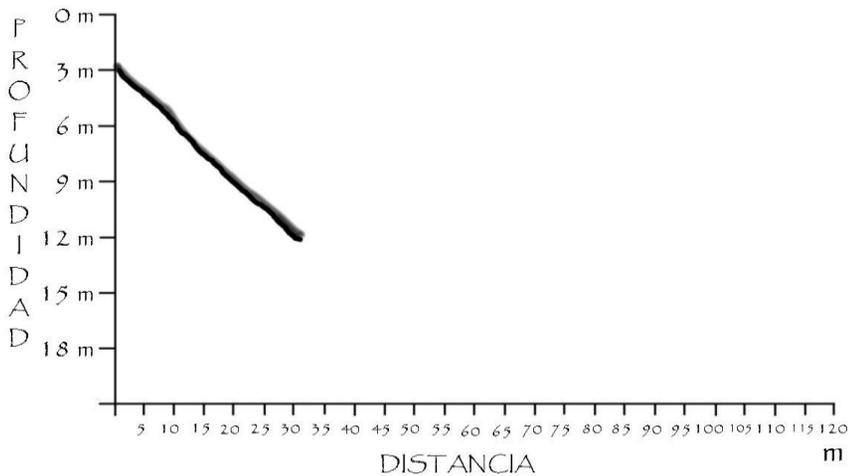


Figura 12.11. Perfil del transecto suroeste.

Transecto W (Fig. 12.12). El sustrato en las partes superficiales, por encima de 4.5 m fue arena, la temperatura registrada en esta zona fue de 24 a 26° C, en las partes más profundas a 4.5 m, hubo coral vivo y pedacería de coral, la temperatura fue de 23° C en estas zonas. La pendiente es suave y la visibilidad fue regular.

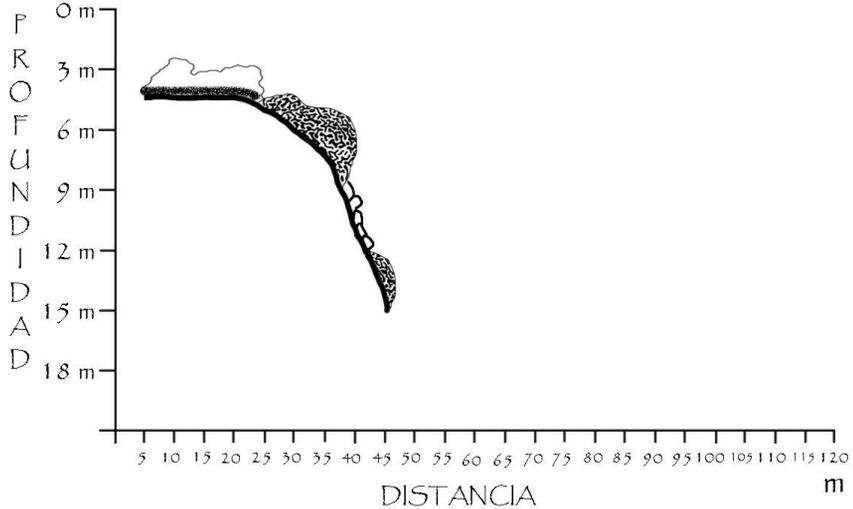


Figura 12.12. Perfil del transecto oeste.

Transecto WNW (Fig. 12.13). El sustrato que se registró fue pedacería de coral, la pendiente es suave, visibilidad fue regular y la temperatura fue de 23° C.

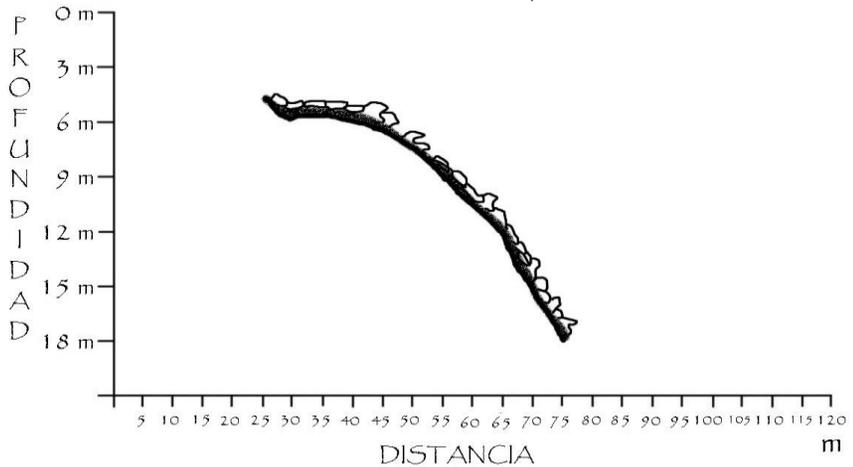


Figura 12.13. Perfil del transecto oeste noroeste.

Transecto Transición WNW- NWa (Fig. 12.14). Por encima de 9 m se registró coral vivo y grandes formaciones de coral muerto así como una temperatura de 27 a 28° C, por debajo de 9 m se registró coral muerto y limo, así como 25° C de temperatura, la pendiente es suave y la visibilidad fue regular.

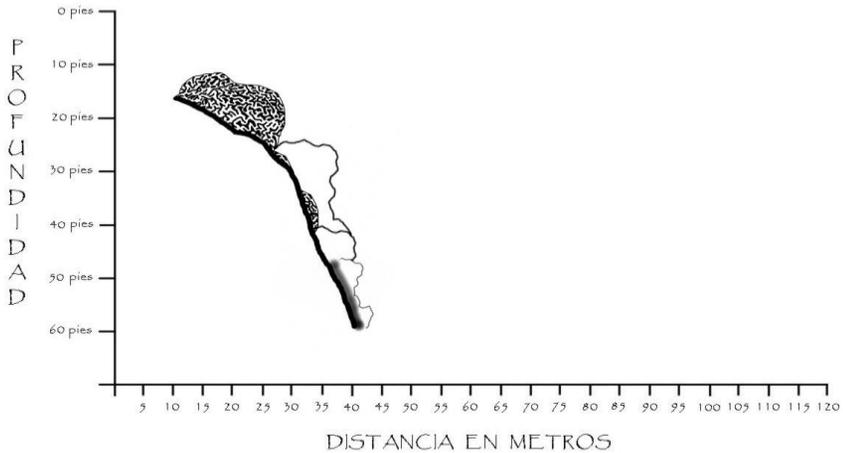


Figura 12.14. Perfil del transecto transición oeste noroeste-noroeste a.

Transecto Transición WNW- NWb (Fig. 12.15). El sustrato de 1.5 a 6 m, fue en su mayoría coral vivo, gran cantidad de gorgonáceos y poco coral muerto, en las partes más superficiales hay camas de *Palythoa sp.*, por debajo de 7.5 m, es pedacería de coral. La pendiente es suave, visibilidad regular (de 4 a 5 m) y la temperatura fue de 28 a 29° C.

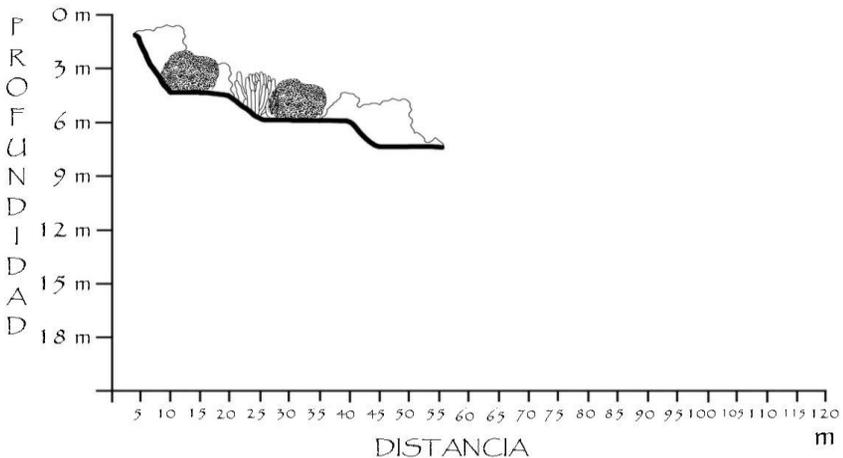


Figura 12.15. Perfil del transecto transición oeste noroeste-noroeste b.