



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
Campus Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**“EVALUACIÓN DE LA COMUNIDAD DE LOS
CORALES PÉTREOS DEL ARRECIFE NO
EMERGENTE ORO VERDE, TUXPAN, VERACRUZ”**

TESIS

Que para obtener el título de:

**MAESTRA EN MANEJO DE
ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS**

P R E S E N T A:

MAURA MARURI CRUZ

Director:

Mtro. FRANCISCO JAVIER MARTOS FERNÁNDEZ



Universidad Veracruzana

Tuxpan, Veracruz

2012

La presente Tesis titulada **“EVALUACIÓN DE LA COMUNIDAD DE LOS CORALES PÉTREOS DEL ARRECIFE NO EMERGENTE ORO VERDE, TUXPAN, VERACRUZ”**, realizada por la C. Biol. Maura Maruri Cruz, bajo la dirección del Mtro. Francisco Javier Martos Fernández, ha sido aprobada y aceptada para llevar a cabo la solicitud de fecha de examen para obtener el grado de:

MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

CONSEJO PARTICULAR

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long vertical stroke extending downwards from the bottom of the signature.

MTRO. FRANCISCO JAVIER MARTOS FERNÁNDEZ
DIRECTOR

La presente Tesis titulada: “EVALUACIÓN DE LA COMUNIDAD DE LOS CORALES PÉTREOS DEL ARRECIFE NO EMERGENTE ORO VERDE, TUXPAN, VERACRUZ”, realizada por la C. Biol. Maura Maruri Cruz, ha sido revisada y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

COMISIÓN LECTORA



DRA. MARITZA LÓPEZ HERRERA
LECTOR



DR. RODRIGO CUERVO GONZÁLEZ
LECTOR



DR. ARTURO SERRANO SOLÍS
LECTOR

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, Noviembre 2012

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Veracruzana, Institución que una vez más, me brindó la formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero a través de la beca otorgada N° 60522.

Al Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO) por todo el apoyo académico y logístico para el presente proyecto.

Al Mtro. Francisco Javier Martos Fernández, Director de tesis. Por su paciencia y dedicación para la realización del proyecto.

A la Dra. Maritza López Herrera, Dr. Rodrigo Cuervo González y al Dr. Arturo Serrano Solís, miembros de la Comisión Revisora. Por sus revisiones y acertados comentarios.

Al Coordinador y Docentes de la Maestría Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros. Por sus enseñanzas y consejos.

A Manuel González por su valioso apoyo en las salidas a campo.

A David Morales por su colaboración en los mapas 3D.

A mis tíos José Manuel Maruri y Rocío Rodríguez por el apoyo moral y por los análisis de laboratorio.

A mis compañeros de la maestría por compartir gratos momentos dentro y fuera de clase.

A Mariana, Xavier, Claus, Edher, Rosina, Blanca, Juan, Edna, Isa, Italia, Claudia, Melissa y Johanna por brindarme su apoyo y amistad.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que directa o indirectamente me apoyaron con mi formación académica y con la culminación de este proyecto.

DEDICATORIA

A **Dios**, por haberme dado salud y fuerza para seguir adelante. Por acompañarme siempre y por haber realizado este logro conmigo. Gracias por tu bondad y amor.

A mis papás

Georgina Cruz Torres y Agustín Maruri García. Por todo el amor y confianza que me tienen. Por ser mis guías, mis horizontes, mis límites ante los excesos. Por cuidarme siempre y sobre todo por sus oraciones. Mis mejores consejeros, gracias por darme la oportunidad de ser su hija. Gracias por todo el apoyo que me han brindado y por haber realizado este logro que orgullosamente es de ustedes. Los amo.

A mis hermanos

Hilda, César, Nuri, Mari y Oscar. Por toda la confianza que han puesto en mí. Por los momentos buenos y difíciles que hemos pasado. Por sus consejos. Los quiero mucho.

A mis sobrinos

Jorge, Abril, Ximena, Gael, Alin, Aori y Agus. Por las aventuras que hemos compartido. Los quiero mucho.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. HIPÓTESIS.....	8
IV. OBJETIVOS.....	9
V. ÁREA DE ESTUDIO.....	10
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
VII. RESULTADOS	17
VIII. DISCUSIÓN.....	53
IX. CONCLUSIONES.....	69
X. APLICACIÓN PRACTICA DEL TRABAJO.....	70
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	73

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1.- Valores de pH en las muestras de sedimento tomadas en el Arrecife Oro Verde.....	22
Cuadro 2.- Listado de especies de coral observadas en el Arrecife Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.....	23
Cuadro 3.- Distribución de especies de coral por sitio, Arrecife Oro Verde.....	43
Cuadro 4.- Colonias de coral con signos de daño en el Arrecife Oro Verde.....	50
Cuadro 5.- Colonias de coral con superficie con daño en el Arrecife Oro Verde.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.- Localización del Arrecife no emergente Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.....	12
Figura 2.- Sitios de muestreo en el Arrecife Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.....	16
Figura 3.- Modelo 3D del Arrecife Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.....	17
Figura 4.- Modelo batimétrico del Arrecife Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.....	18
Figura 5.- Temperatura del agua en el Arrecife Oro Verde.....	19
Figura 6.- Visibilidad del agua en el área de estudio.....	20
Figura 7.- Salinidad del agua del arrecife no emergente.....	21
Figura 8.- Nutrientes en el Arrecife Oro Verde.....	22
Figura 9.- Riqueza de especies por sitio de muestreo.....	25
Figura 10.- Distribución de riqueza de especies por sitio de muestreo.....	26
Figura 11.- Cobertura del fondo del sitio uno.....	27
Figura 12.- Características del fondo del sitio uno.....	27
Figura 13.- Cobertura bentónica del sitio dos.....	28
Figura 14.- Características del fondo del sitio dos.....	28
Figura 15.- Cobertura por grupo morfofuncional del sitio tres.....	29
Figura 16.- Características del fondo del sitio tres.....	29
Figura 17.- Cobertura bentónica del sitio cuatro.....	30

Figura 18.-	Características del fondo del sitio cuatro.....	30
Figura 19.-	Cobertura bentonica del sitio cinco.....	31
Figura 20.-	Características del fondo del sitio cinco.....	31
Figura 21.-	Cobertura del fondo del sitio seis.....	32
Figura 22.-	Características del fondo del sitio seis.....	32
Figura 23.-	Cobertura bentonica del sitio siete.....	33
Figura 24.-	Características del fondo del sitio siete.....	33
Figura 25.-	Cobertura por grupo morfofuncional del sitio ocho.....	34
Figura 26.-	Características del fondo del sitio ocho.....	34
Figura 27.-	Cobertura bentonica del sitio nueve.....	35
Figura 28.-	Características del fondo del sitio nueve.....	35
Figura 29.-	Cobertura del fondo del sitio diez.....	36
Figura 30.-	Características del fondo del sitio diez.....	36
Figura 31.-	Cobertura por atributo morfofuncional, Arrecife Oro Verde.....	37
Figura 32.-	Cobertura de corales por sitio de muestreo.....	38
Figura 33.-	Distribucion de la cobertura de corales por sitio de muestreo.....	39
Figura 34.-	Cobertura relativa por especie.....	40
Figura 35.-	Numero de colonias de coral por sitio de muestreo.....	41
Figura 36.-	Distribución del número de colonias de coral por sitio de muestreo.....	42
Figura 37.-	Número de colonias por especies de coral.....	44
Figura 38.-	Similitud entre sitios de muestreos de acuerdo a la cobertura coralina.....	45
Figura 39.-	Valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener para el arrecife Oro Verde.....	46
Figura 40.-	Distribución de diámetros máximos de las colonias de coral.....	47
Figura 41.-	Distribución de diámetros mínimos de las colonias de coral.....	48
Figura 42.-	Distribución de la altura de las colonias de coral.....	49
Figura 43.-	Distribución de colonias con signos de daño por sitio de muestreo.....	51
Figura 44.-	Arrecifes Norveracruzanos, Tuxpan, Veracruz.....	72

EVALUACIÓN DE LA COMUNIDAD DE LOS CORALES PÉTREOS DEL ARRECIFE NO EMERGENTE ORO VERDE, TUXPAN, VERACRUZ.

RESUMEN

MAURA MARURI CRUZ

La costa norte de Veracruz cuenta con seis arrecifes emergentes y en los últimos años han sido localizados otros denominados no emergentes, como el arrecife Oro Verde. Se localiza a 24 km al norte de la desembocadura del Río Tuxpan y a unos 10 km de la costa. Se evaluó la condición de la comunidad de los corales pétreos en diez sitios de muestre, se empleó el método de transecto de punto interceptado de 10 m de longitud con dos repeticiones. El arrecife Oro Verde se eleva desde los 10 a 21 metros de profundidad con una morfología de tipo plataforma. El hallazgo de la estructura de origen coralino, aumenta a nueve el número de arrecifes coralinos conocidos en la región. Los parametros ambientales estuvieron en el rango promedio (temperatura=26°C, salinidad=38‰). Los nutrientes determinaron una concentración baja en los sedimentos (Nitrogeno=18.25ppm, fósforo=7.5ppm). Se registró un total de 19 especies de corales, de las cuales las más conspicuas fueron los corales masivos *Montastraea cavernosa*, *Siderastrea siderea*, y *Colpophyllia natans*. El sitio siete tuvo la mayor riqueza con 11 especies. Cabe señalar que no se registró ningún *Acroporido* para los sitios estudiados. Se considera una cobertura baja de corales (17.8%). La especie *Montastraea cavernosa* tuvo el mayor número de colonias de coral (236) y la mayor cobertura relativa con un 37.05%. Se registraron 637 colonias de coral en los sitios de muestreo, con variaciones importantes en cada sitio. Se presenta un 34.15% de colonias con signos de daño y 16 colonias con afectación de blanqueamiento. La localidad tiene un riqueza de especies menor para lo reportado en los arrecifes del SAV y de la región. El ambiente arrecifal presenta condiciones severas para el desarrollo de los corales.

Palabras clave: corales pétreos, riqueza, no emergente, Tuxpan.

I. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos son uno de los más antiguos ecosistemas ya que han tenido una riqueza biótica e histórica de cientos de millones de años (Pandolfi, 2011). Una de sus características más notorias es que son ecosistemas biogénicos, es decir, el resultado directo o indirecto de la actividad orgánica, desarrollada debido a la acumulación de organismos marinos epibentónicos especialmente de los corales pétreos (Wood, 1998). Los corales pétreos constan de dos capas de células que mantienen una simbiosis con algas microscópicas. Su unidad morfológica es denominada pólipo o *corallite* y hay especies que se desarrollan en pólipos solitarios, mientras otros lo hacen de manera agregada o colonial, en las que los pólipos individuales se encuentran interconectados tisularmente; las colonias de corales son denominadas *corallum*, y pueden contener a miles de pólipos genéticamente iguales o clones (Knowlton y Jackson, 2001). Esta simbiosis es fundamental, ya que permite que los corales puedan calcificar eficientemente.

Los arrecifes de coral están considerados como los ecosistemas más diversos, productivos y complejos de la tierra, también como fuente de valor cultural y de gran belleza. Tienen una gran importancia económica, ya que constituyen una fuente importante de productos alimenticios y medicinales, apoyan la industria turística, proveen arena a las playas, actúan como barrera contra la acción de las olas y la erosión costera (Moberg y Folke, 1999; Tunnell *et al.*, 2007). Son ecosistemas tropicales que se desarrollan en aguas someras y su existencia se restringe a las bajas latitudes, entre 30° Norte y los 30° Sur. Las aguas del litoral oriental mexicano han sido divididas en dos grandes zonas: la del Golfo de México y la del Caribe. En el Golfo de México existen formaciones que se pueden diferenciar en tres regiones: Banco de Campeche, Veracruz Sur y Veracruz Norte (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993).

En la región Veracruz Norte se encuentra el “Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan” (SALT) decretado como Área Natural Protegida con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna (D.O.F. 5 jun 2009). Incluye dos polígonos el de Lobos y Tuxpan, el primero tiene una superficie de 12,586-45-38.63 ha (Doce mil quinientas ochenta y seis hectáreas, cuarenta y cinco áreas, treinta y ocho punto sesenta y tres centiáreas), en donde se localizan los arrecifes Blanquilla, Medio y Lobos, mientras que el polígono Tuxpan cubre 17,984-69-64.81 ha (Diecisiete mil novecientos ochenta y cuatro hectáreas, sesenta y nueve áreas, sesenta y cuatro punto ochenta y uno centiáreas), incluye a los arrecifes Tanhuijo, Enmedio y Tuxpan. Los arrecifes dentro del decreto son estructuras de tipo plataforma en donde la sección más elevada prácticamente alcanza la superficie (Tunnell *et al.*, 2007).

Existen otros arrecifes en la región también de tipo plataforma pero cuya sección más elevada se encuentra de 9 a 15 metros de profundidad. Estos arrecifes eran desconocidos hasta antes de 2005, por lo que no fueron considerados en el decreto del SALT. Jordán (2004) denomina a ese tipo de arrecifes como “no emergentes”, debido a que sus estructuras no llegan a la superficie, y señala que debido a las condiciones de profundidad pueden presentar poco crecimiento coralino. En el 2005, la Universidad Veracruzana inició el proyecto “Localización y Caracterización de arrecifes no emergentes en la costa norte de Veracruz”, con el objetivo de localizar y caracterizar estas comunidades, a la fecha han sido registradas tres estructuras coralinas de ese tipo (Martos, 2007). Una de estas estructuras ha sido denominada Arrecife Oro Verde. Sus dimensiones, relieve y composición biótica eran desconocidas antes del presente trabajo, por ello se planteó realizar una caracterización detallada para generar un marco de referencia y así mismo usarse como estudio base de próximas investigaciones. Con la descripción de las características de las estructuras coralinas no emergentes se podrá generar más información sobre las condiciones ambientales locales y regionales para establecer estrategias adecuadas de manejo.

II. ANTECEDENTES

Los primeros estudios de los arrecifes del Golfo de México iniciaron en 1890 a cargo de Heilprin, relató la naturaleza tropical de la biota marina del sur del Golfo de México (corales y arrecifes coralinos). Discutió sobre siete de los arrecifes e islas en las cercanías de la ciudad de Veracruz, menciona 12 especies de corales y 1 gorgonáceo y señaló “la gran cantidad de coral” utilizado para la construcción de muelles, espigones y casas antiguas. Incluyó figuras de dos mapas antiguos en los que se muestran los arrecifes (Tunnell *et al.*, 2007). Los trabajos realizados en los arrecifes del norte de Veracruz se iniciaron por Moore (1958), en el arrecife Blanquilla en donde enlistó 44 especies e incluyó 11 corales pétreos, 3 corales gorgonáceos, 17 gasterópodos, 7 bivalvos, 3 equinoideos, 1 asteroideo y 1 holoturoideo.

Rigby y McIntire (1966) estudiaron el arrecife Lobos, su topografía y la comunidad biótica. Describieron las principales comunidades bióticas del arrecife, destacaron las comunidades ubicadas en la llanura arrecifal, tales como los promontorios de *Diploria clivosa*, *Porites-Diploria*, así como las bien desarrolladas barreras de *Acropora palmata* en las zonas de rompiente. Señalaron que las secciones más profundas del arrecife, estuvieron ocupadas por comunidades de *Colpophyllia natans* y *Siderastrea siderea*. Para ese mismo arrecife, Chamberlain (1966) reportó 8 especies de octocorales.

Para el Sur del Golfo de México se reportaron 57 especies de corales pétreos de los cuales 54 escleractinios y 3 son milleporinos (Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet, 1999). En contraste, para el arrecife Tuxpan Martos (1993) mencionó la presencia de 19 especies de corales pétreos. Señaló que el arrecife se desarrolla hasta 30 m de profundidad, con una mayor cobertura coralina en la zona somera de sotavento (64%), destacó la contribución de los corales masivos como *Colpophyllia natans* y *Montastraea annularis*.

Malpica-Calles (2000) realizó una evaluación de la distribución de los corales pétreos en el arrecife Lobos, registró 24 especies de corales escleractinios y un hidrozoario (*Millepora alcicornis*). Las especies de mayor distribución fueron *Millepora alcicornis*, *Diploria clivosa*, *Colpophyllia natans*, *Montastrea cavernosa*, *Montastrea annularis* y *Porites astreoides*. Mencionó que había una mayor riqueza de especies en el talud de sotavento y que las formas de crecimiento de los corales son planas e incrustantes en las zonas con profundidad mayor a los 15 m.

Chicatto-Lucho (2001) comparó la estructura comunitaria de los corales pétreos de Isla Lobos. Describió la cobertura de corales en las zonas ubicadas a 15 m de profundidad, resaltó que existen diferencias significativas, siendo menor a barlovento. Señaló que los corales masivos e incrustantes fueron los dominantes de las cuales las más importantes incluyen a *Montastraea cavernosa* y *Siderastrea siderea*. Destacó la ausencia de las colonias de la especie *Acropora palmata*, en relación con las preferencias batimétricas de la especie.

El hallazgo de dos arrecifes no emergentes en la costa norte de Veracruz lo señaló Martos (2007), como parte del proyecto “Localización de arrecifes no emergentes en la costa norte de Veracruz”. Uno de los arrecifes está ubicado frente a las costas de Cazonas (Arrecife Blake) y el otro frente a las playas de Tuxpan (ahora llamado Arrecife Pantepec). Mencionó la posible existencia de otras estructuras arrecifales de tipo coralino en la misma costa, por lo que recomienda continuar con los trabajos de exploración.

Tunnell *et al* (2007) señalaron la existencia de “numerosos arrecifes de bancos sumergidos pequeños y poco conocidos” en los Bancos Orientales, así como arrecifes sumergidos poco conocidos en la costa veracruzana, tal como La Lavandera y el Bajo Mersey.

Para el año 2008, Aguilar y Zapata presentaron los resultados de un programa de monitoreo del estado de los corales en el Arrecife Tuxpan. Observaron un mayor número de especies en la zona sur del arrecife (25 especies) que en la zona norte (19 especies). Mencionaron que la cobertura por corales presentó diferencias significativas con respecto a la profundidad. El blanqueamiento en los corales fue un evento esporádico, poco extendido y de intensidad reducida.

Antonio-Cruz (2009) realizó la “Evaluación del estado de condición del arrecife Enmedio”, reportó 18 especies de coral, de las cuales, cuatro son nuevos registros. Señaló que la zona de sotavento presenta mayor cobertura coralina, y que la especie más abundante en el arrecife fue *Montastraea annularis*. Detectó la enfermedad de banda negra y banda amarilla. Destacó la presencia de blanqueamiento parcial y total en algunas colonias coralinas del arrecife.

El estado de la población de *Acropora palmata* en el arrecife Enmedio fue abordado por Maruri-Cruz (2009). Reportó la presencia de una barrera formada por colonias con muerte antigua, mientras que las colonias vivas estuvieron ubicadas en tres núcleos principales de agregación localizados en sotavento. Señaló un número reducido de colonias grandes y que las tallas menores tienen el mayor número de elementos, por lo que consideró que la población se encontraba en recuperación controlada por el efecto del oleaje.

Dueñes-Meza (2010) realizó un estudio sobre la cobertura de grupos morfofuncionales en el arrecife Lobos, empleo videotransectos. Reportó la presencia de 15 especies de coral. Las especies más abundantes fueron *Diploria clivosa* y *Siderastrea siderea* seguidas de *Colpophyllia natans* y *Montastraea cavernosa*. Mencionó que sotavento presentó la mayor cobertura coralina y que las diferencias con los trabajos previos en cuanto a la riqueza de especies y la cobertura coralina pueden atribuirse al método empleado en su muestreo.

La comunidad de corales en el arrecife Tanhuijo fue caracterizada por Jacovo-Montiel (2011), reportó 20 especies. Menciona que la cobertura coralina sigue el mismo patrón observado en los arrecifes de la región, con una mayor riqueza de especies en sotavento (13 especies). La especie más abundante fue *Colpophyllia natans*. No registró la presencia de enfermedades en las colonias de coral pero si colonias que presentaron mortalidad parcial (11.88%). Destacó la observación de un evento esporádico de blanqueamiento total en diez colonias de *Acropora palmata*.

La comunidad de escleractíneos del arrecife emergente Blanquilla fue caracterizada por Takemura-Horita (2012). Reportó 22 especies de corales pétreos. Las especies más abundantes fueron *Colpophyllia natans* y *Montrastraea cavernosa* y la especie con mayor distribución fue *Siderastrea radians*. La cobertura coralina alcanzó valores promedio del 70.28% para sotavento, 21.33% para barlovento y un 15% para la llanura arrecifal. Indica que sotavento fue la zona arrecifal con mayor riqueza de especies (19 especies). Registró 227 colonias con síntomas de enfermedad.

Un estudio sobre la localización y caracterización de los arrecifes no emergentes en la costa de Tuxpan fue realizado por González-Cobos (2010). Después de analizar tres sitios en la costa reportados por habitantes de la localidad como áreas arrecifales, confirmo la presencia de una estructura coralina que alcanza una altura de 15 m sobre el fondo en una zona con 21 de profundidad. A esta estructura se le denomina, "Arrecife Pantepec". Registró 13 especies de coral. La especie con mayor distribución fue *Siderastrea siderea* además de ser una de las especies más dominante junto con *Colpophyllia natans*. La cobertura promedio de los corales fue de un 22%, oscilando de 10 a 38% por sitio. Observo el alga roja *Asparagopsis taxiformis*.

Para el arrecife Blake Martos (2010) determinó las características de la comunidad de corales pétreos, reportó 22 especies de constructores primarios. *Colpophyllia natans* fue la especie más abundante en los sitios de muestreo. La cobertura promedio fue del 16%, aunque alcanzó hasta el 28% y el 38% en algunos sitios. No registró colonias de corales blanqueadas ni con síntomas de enfermedades. Destaca la presencia de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*. Además, utilizó la presencia de coliformes fecales en la época de lluvias como indicador para establecer la condición del ambiente, señaló una menor influencia de los aportes de aguas continentales en esta zona, debido a los 24 km que la separan de la costa.

Otros temas que se han abordado en el transcurso de los años en los arrecifes del norte de Veracruz son: la ficoflora (Huerta y Garza, 1965; Garza y Hernández, 1969; Cruz-Arellano, 2005; González-Gándara *et al.*, 2007), en pastos marinos (González-Gándara, 2003a; González-Gándara, *et al.*, 2005), esponjas (Mateo-Martinez, 2008; González-Gándara *et al.*, 2009 y Cruz-Ferrer, 2010), equinodermos (Baron, 2007), gasterópodos (Guadarrama, 1973; Sevilla-Hernández, *et al.*, 1983; Sevilla-Hernández, 1998; Vicencio y González-Gándara, 2006), crustáceos (Rojas, 2000), fauna íctica (González-Gándara, 1996; 2003b; González-Gándara y González-Sansón, 1997, Rosas-Sanchez, 2008, Arguelles-Jiménez, 2008; Zaragoza-Villela, 2008, Reyes-Osorio, 2009 y Muñoz-Bautista, 2010).

III. HIPÓTESIS

Los indicadores ecológicos de los corales pétreos en el Arrecife Oro Verde muestran una comunidad en buen estado.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar la condición de la comunidad de corales pétreos en el arrecife no emergente Oro Verde, Tuxpan, Ver.

Objetivos particulares

- Obtener un modelo batimétrico del arrecife Oro Verde, Tuxpan, Ver.
- Determinar los valores de los principales parámetros ambientales en el área de estudio.
- Determinar la concentración de nutrientes en sedimentos en el área de estudio.
- Determinar las características del bentos en el arrecife Oro Verde.

V. ÁREA DE ESTUDIO

El arrecife Oro Verde se localiza en la costa norte del estado de Veracruz, a 24 km al norte de la desembocadura del Río Tuxpan y a unos 10 km de la costa (Figura 1). Se le incluye en el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, el cual también incluye a 6 arrecifes emergentes. Además se ha reportado la presencia de arrecifes no emergentes como el Blake (Martos, 2007; 2010) y el Pantepec (González-Cobos, 2010).

Los movimientos del nivel del mar fueron de suma importancia para la formación y permanencia de los arrecifes actuales. Se considera que los arrecifes Veracruzanos se desarrollaron sobre dunas kársticas o domos salinos, previamente consolidados y después sumergidos y que alcanzaron su elevación actual entre 6 y 10 mil años atrás (Jordán y Rodríguez, 2003).

El tipo de clima que corresponde a la región costera es el AW 2" (e), según el sistema de clasificación climática de Köeppen modificada por García (1973). Este tipo de clima se interpreta como tropical lluvioso con dos estaciones lluviosas separadas por una temporada seca corta en el verano y una larga en la mitad fría del año. La oscilación térmica es de 20 a 29 °C, con un promedio anual de 25 °C.

Los vientos dominantes en la zona proceden del noreste, mientras que las corrientes marinas van hacia el noroeste. Entre los fenómenos atmosféricos más importantes destacan los frentes fríos, que produce vientos que soplan de norte a sur, conocidos localmente como Nortes, y pueden alcanzar los 30 m s⁻¹. El frente frío genera vientos intensos y descenso de temperatura del aire que al encontrarse con las masas de aire cálido y húmedo forman nubes que pueden provocar lluvias invernales (Caso *et al.*, 2004).

En cuanto al oleaje, en el Golfo existen dos sistemas de oleaje diferentes anualmente, uno generado por los vientos alisios durante la mayor parte del año y otro por los nortes, durante la temporada invernal. La Corriente del Lazo es una de las más importantes en la región, y es un flujo de agua con alta salinidad (36.7 ‰) y temperaturas superficiales durante el verano de 28 a 29 °C que disminuyen en el invierno entre 24 y 26 °C. Esta corriente presenta una intrusión dentro del Golfo, la cual varía estacionalmente.

La extensión de los Nortes varía de un año a otro, principalmente entre años “normales” y años con presencia del fenómeno de “El Niño”. Durante los años que se hace presente dicho fenómeno, los Nortes son menos frecuentes, más intensos y llegan más al sur. En el verano el Golfo es influenciado por tormentas tropicales, de las cuales el 60% alcanza intensidad de huracán (Caso *et al.*, 2004). Septiembre-octubre es la época de mayor descarga fluvial en las costas de México (después de las lluvias continentales) y septiembre es el mes que presenta el mayor número de tormentas.

Los factores fisicoquímicos influyen en la formación de arrecifes de coral, y la tolerancia a ellos determina los patrones de distribución de los organismos característicos del arrecife (Escobar-Briones, 2004).

La fauna y flora predominantes en la región son pertenecientes a la Provincia Arrecifal Caribeña. Los reportes incluyen casi un centenar de especies de algas, unas treinta especies de corales pétreos (Horta-Puga *et al.*, 2007), más de 200 especies de peces (González-Gándara, 2003b), y 77 especies de gasterópodos (Vicencio y Gonzalez-Gandara, 2006).

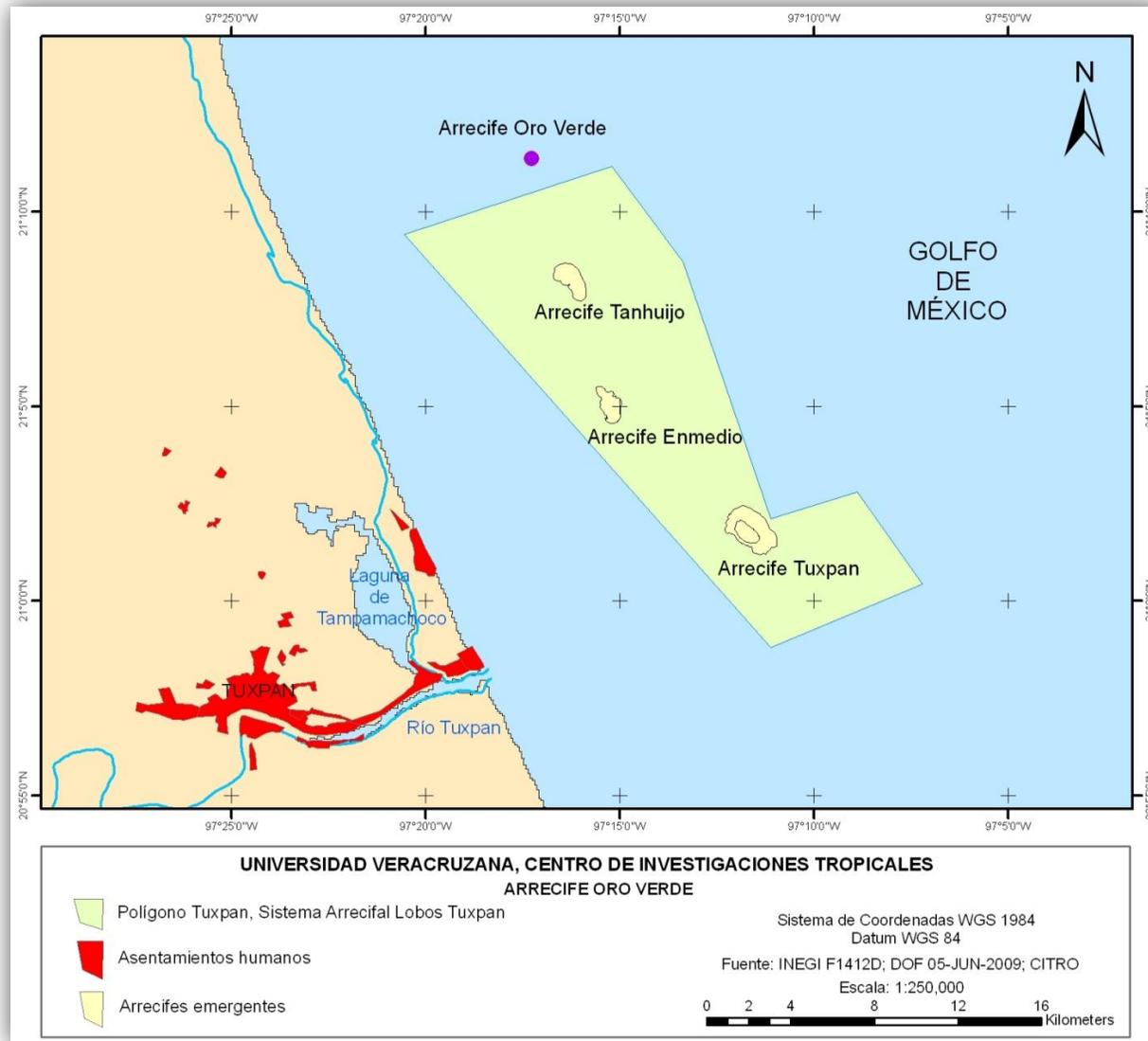


Figura 1.- Localización del Arrecife no emergente Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el período de Septiembre 2010 a Marzo del 2012. El trabajo de campo fue realizado por un equipo de cuatro especialistas, que fue trasladado al área de estudio usando una embarcación de fibra de vidrio con dos motores fuera de borda, partiendo del puerto de Tuxpan.

Modelo batimétrico: Una vez verificada la ubicación del arrecife, su polígono se determinó mediante seguimiento a buzos con arrastre de boya, marcando el recorrido con un receptor del Sistema de Geoposicionamiento por Satélite (SPG). Para determinar las características geomorfológicas del arrecife no emergente, se realizaron recorridos en los cuales se efectuó un levantamiento batimétrico. Los sondeos batimétricos se realizaron mediante una ecosonda con exactitud de 0.3 m, cada punto de sondeo fue referenciado empleando un receptor del Sistema de Posicionamiento Global por satélite con un error de posicionamiento estándar de 1 m (+/- 0.2 m). Los datos obtenidos en la batimetría fueron descargados del receptor mediante el software Humminbird PC[®] y convertido a formato Shapefile con el Software DNR Garmin[®]. Posteriormente los archivos fueron procesados con el software de Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc Map[®] v 9.3. Se utilizó como base los datos de profundidad, se determinó el polígono que abarcará la totalidad de los datos para la realización del modelo de elevación digital. Se utilizó la función Topo to Raster combinando los puntos de entrada con el polígono delimitante del área a interpolar. Se eliminaron las posiciones que generaron anomalías o valores fuera de rango. Con la obtención de un modelo aceptable se empleó la extensión Spatial Analyst empleando la técnica de interpolación con el valor vecino más cercano. Se generaron contornos de profundidad en intervalos de 10 m y un modelo de sombras de superficie. Se obtuvo el modelo del arrecife, el polígono envolvente, su longitud, anchura y superficie.

Parámetros ambientales: Se considero la temperatura superficial y de fondo, la salinidad y visibilidad. Los registros se tomaron *in situ*. La temperatura se registró con una computadora digital suunto. Así mismo, para tener un panorama regional de la temperatura superficial, se analizaron las imágenes hotspots del Programa NESDIS de la NOAA. La salinidad se registró con multi-parámetro YSI 556MPS y la visibilidad con disco de Secchi.

Nutrientes en sedimento: Se determino la concentración de nitrógeno y fósforo y se registro su pH. Se tomaron muestras de sedimentos en cuatro sitios del arrecife. Las colectas se realizaron manualmente empleando una jeringa de plástico estéril. Cada frasco fue rotulado adecuadamente y colocado en una hielera. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Tuxpan, Ver. Las muestras de sedimento fueron secadas, trituradas y tamizadas. Cada muestra se le determino la concentración de nitrógeno y fósforo con la técnica general de extracción para medición cualitativa, test kit HI 3896 y el pH con potenciómetro Hanna HI3220.

Características del bentos: Se realizó mediante equipo de buceo autónomo con aire comprimido. Se colocaron de manera aleatoria diez estaciones de muestreo marcadas desde la superficie con una boya y georefenciadas con un receptor GPS. En cada sitio se determinó la cobertura de los atributos morfofuncionales propuestos por Jordan (1987, Figura 2): corales, algas, esponjas, equinodermos y sustrato expuesto (roca, roca coralina, coral muerto cubierto de algas filamentosas, pedacería de coral, casajo y arena). Para ello se empleó el método de transecto de punto interceptado (Ohlhorst, 1988) de 10 m de longitud, con dos repeticiones cada una con 2 m de separación, los puntos de muestreo fueron cada 10 cm a lo largo del transecto. Se contaron las colonias de coral de cada especie presentes en un cuadrante de 10 por 6 m, se registró la especie, diámetro máximo y mínimo y altura de las colonias. Para determinar el estado de las colonias, se tomaron fotografías digitales de las colonias en el cuadrante.

La condición de la comunidad de corales pétreos en el arrecife no emergente Oro Verde fue estimada con los siguientes indicadores:

Riqueza de especies: El número de especies de corales pétreos presentes en el sitio de muestreo.

Cobertura por atributo: Porcentaje de puntos del transecto ocupado por el atributo morfofuncional *i*. Se obtuvo con la fórmula

Cobertura de *i* = Número de puntos de *i* en el transecto, sitio y arrecife.

Cobertura relativa por especie: Porcentaje de la cobertura del atributo corales formado por la especie *i*.

$$CRE = \frac{\text{número de puntos cubierto por la especie } i}{\text{número de puntos cubiertos por corales}}$$

Abundancia por especie: Se utilizó como indicador al número de colonias de coral presentes en cada sitio de muestreo.

La distribución de las especies: Fue estimada considerando el porcentaje del total de estaciones en las que está presente cada una de las especies.

Con los datos morfométricos de las colonias se elaboraron histogramas de los indicadores morfométricos de las colonias, es decir del diámetro máximo, mínimo y la altura, para ello fue utilizado el software Statistica v7. Así mismo, usando el software Past se calculó la diversidad con el índice de Shannon-Wiener H, la diversidad Máxima Hmax, y la Equitatividad J'. Se determinó la prevalencia de signos de daños en las colonias, se considero el porcentaje de colonias con signos de daño con respecto al total de colonias. Así mismo se determinó el porcentaje de la superficie dañada de las colonias y la presencia de blanqueamiento.

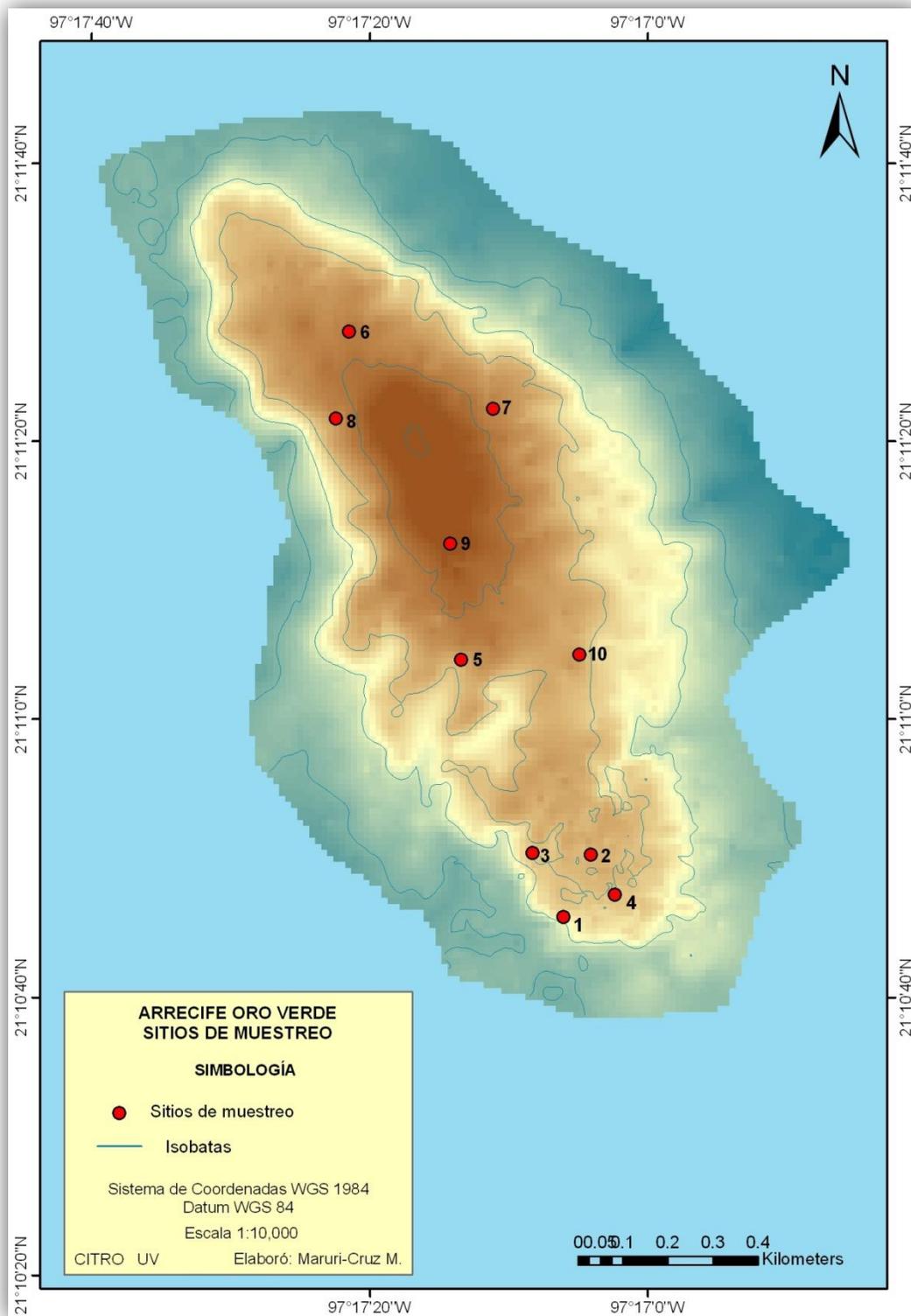


Figura 2.- Sitios de muestreo en el Arrecife Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.

VII. RESULTADOS

Modelo batimétrico

Con los datos batimétricos obtenidos se determinó que la estructura arrecifal Oro Verde tiene un rango de profundidad de 10 a 21 metros (Figura 4). Sus límites están entre los paralelos $21^{\circ}11'38''$ N y $21^{\circ}10'43''$ N, y los meridianos $97^{\circ}16'57''$ O y $97^{\circ}17'30''$ O. Los datos batimétricos muestran una estructura que tiene 1.9 km de longitud en su eje noroeste-sureste y un ancho máximo de aproximadamente 0.78 km de este a oeste, con una superficie total de 1.1 km^2 aproximadamente. Se observan los rasgos de la superficie topográfica irregular del arrecife. Tiene una amplia meseta que se localiza a una profundidad entre los 10 y los 11 metros. La caída es mas abrupta en sotavento, mientras que en barlovento tiene una pendiente mas suave (Figura 3).

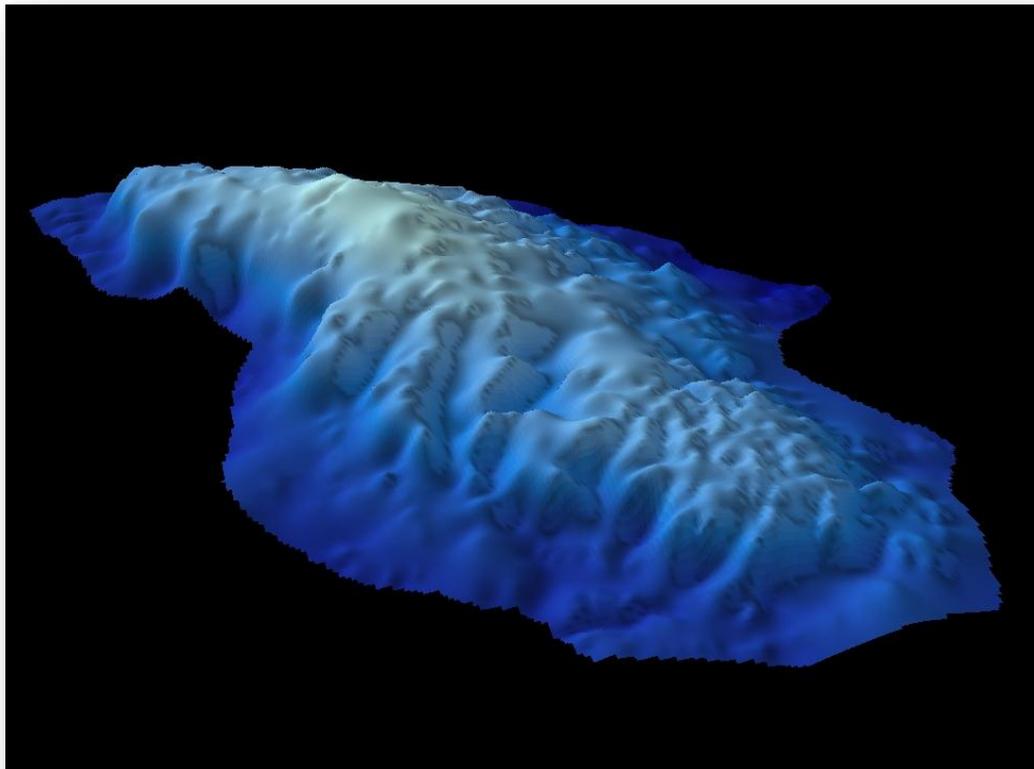


Figura 3.- Modelo de elevación digital del Arrecife Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.

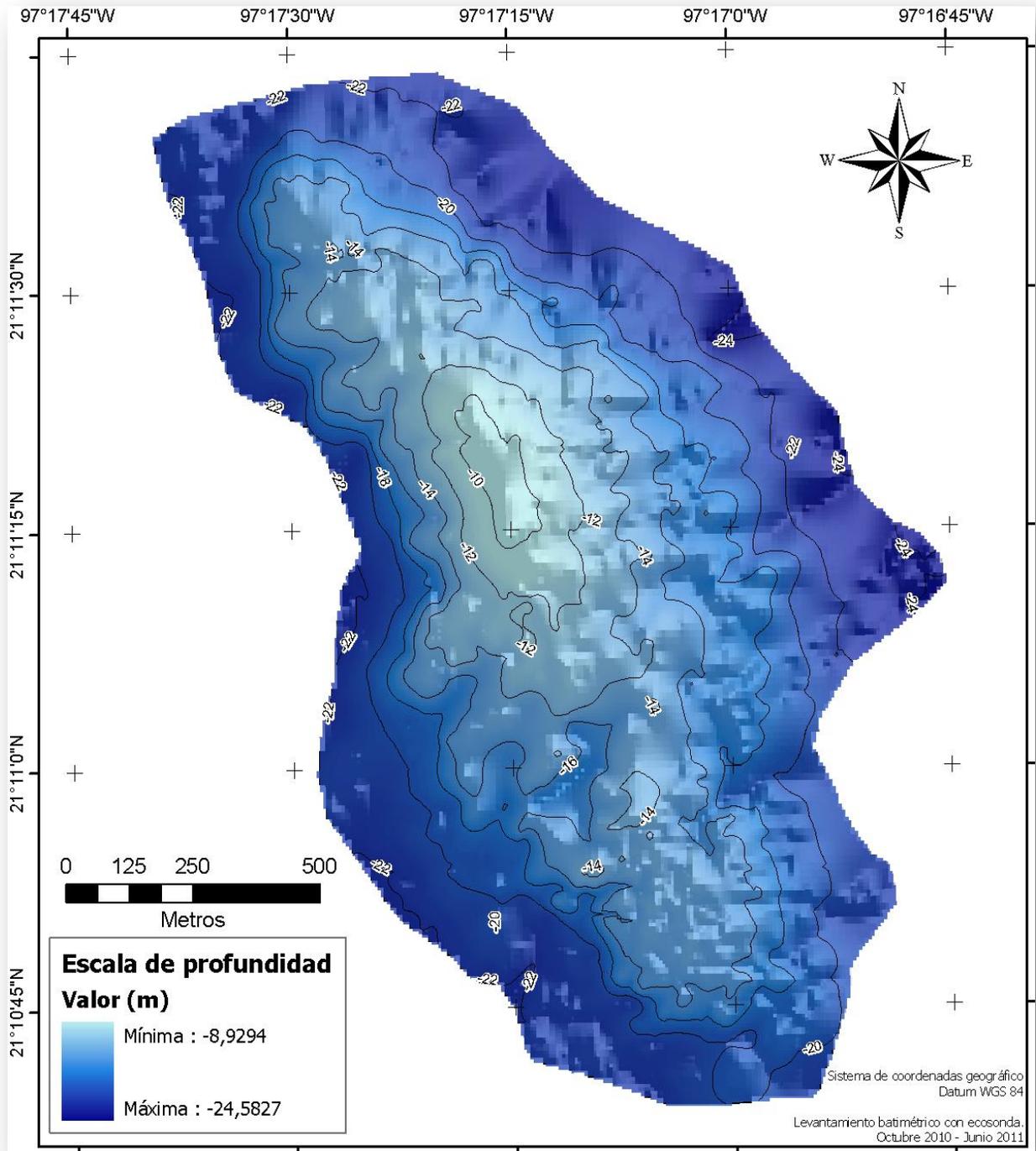


Figura 4.- Modelo batimétrico del Arrecife Oro Verde, Tuxpan, Veracruz.

Parámetros ambientales

La temperatura del agua de la superficie registrada en la fase de campo osciló entre 22.3 a 29.2 °C. La temperatura más baja se registró para el mes de enero y la más alta en el mes de julio. Mientras que los datos de temperatura de fondo fluctuó entre 20.2 a 27.8°C. En el mes de enero fue registrada la temperatura más baja y en septiembre y octubre las temperaturas de fondo más altas (Figura 5).

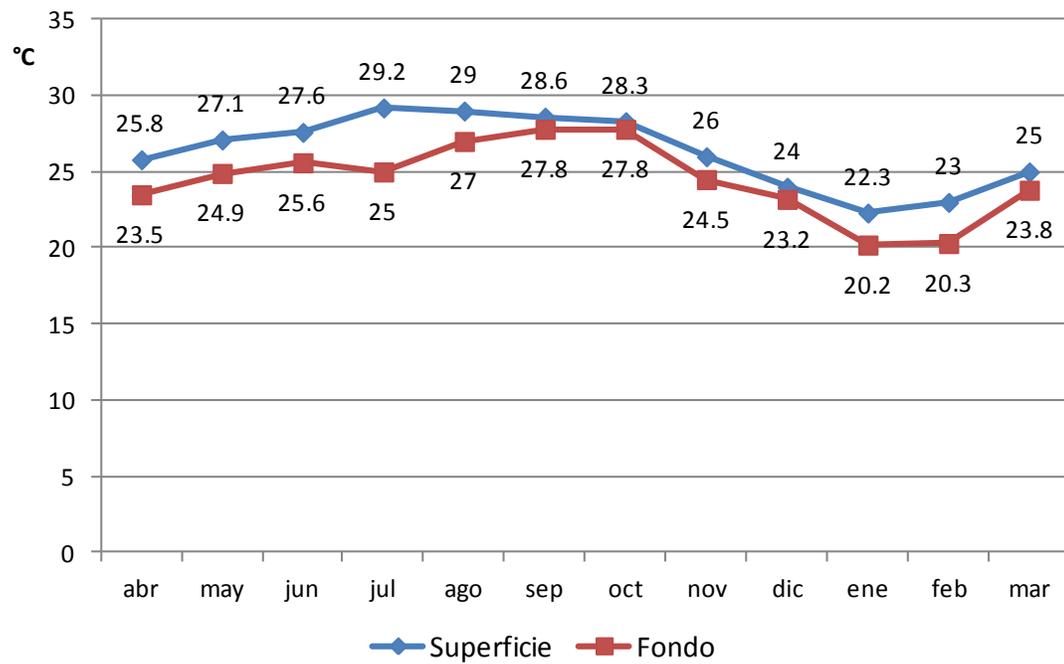


Figura 5.- Temperatura del agua en el Arrecife Oro Verde (2011-2012)

Anomalías térmicas.

Se analizaron 105 imágenes de NESDIS en las cuales se encontraron 18 con anomalías térmicas que corresponden a la zona costera de Veracruz. Solo 8 registraron anomalías de 1 °C durante los meses de agosto- septiembre 2011.

La visibilidad del agua en el área de estudio registró valores de 5 a 10 m (Figura 6). Los valores más elevados se obtuvieron en junio, julio y agosto, mientras que para marzo, abril y noviembre tuvo una visibilidad de 5 metros.

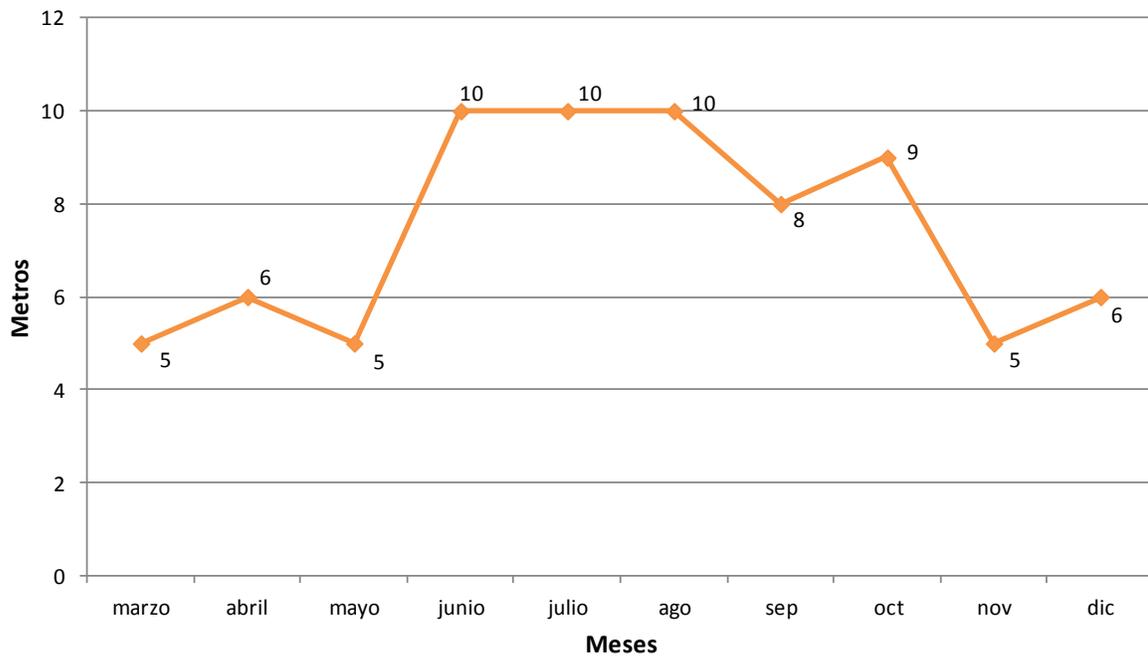


Figura 6.- Visibilidad del agua en el área de estudio (2011).

La salinidad registrada en el área de estudio osciló de 38.6 a 38.8 ups (Figura 7). No hubo variaciones significativas entre los meses.

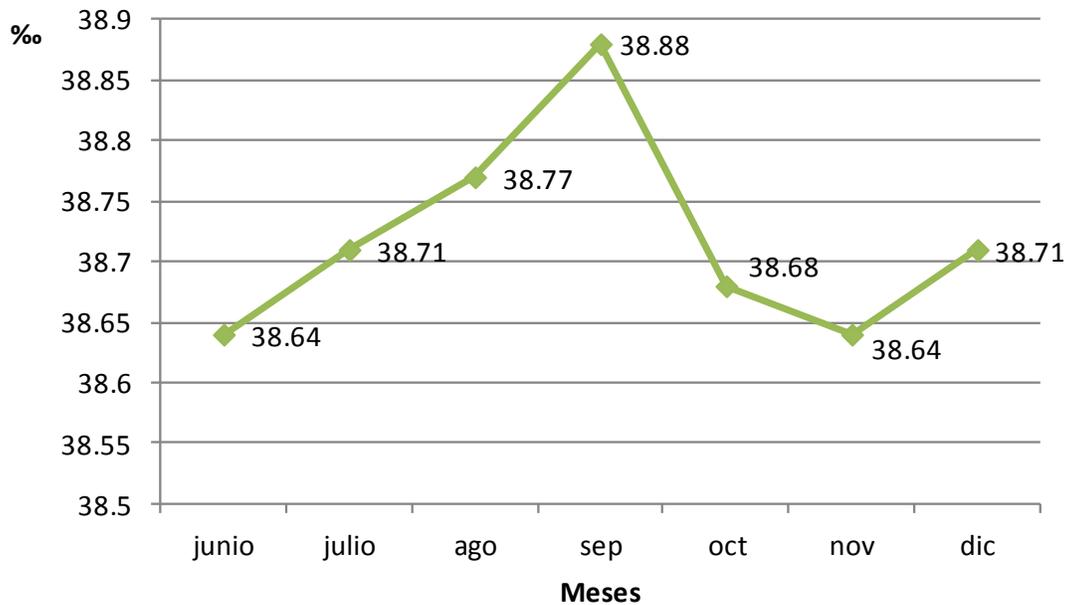


Figura 7.- Salinidad del agua del arrecife no emergente (2011).

Nutrientes en sedimento

De acuerdo a los análisis se determinó que en las muestras de sedimento, el nitrógeno y el fósforo fueron constantes en las cuatro muestras tomadas del Arrecife (Figura 8).

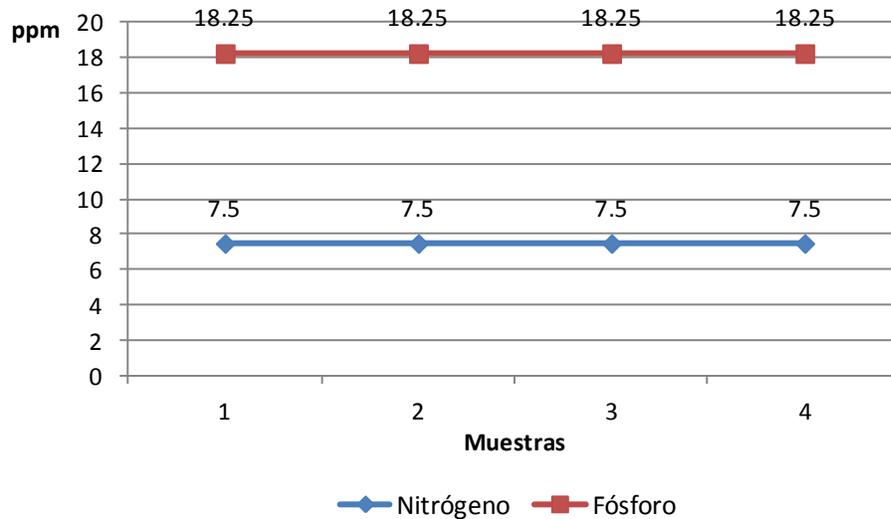


Figura 8.- Nutrientes en el Arrecife Oro Verde.

El pH de las muestras de sedimento osciló de 8.2 a 8.8, teniendo una variación mínima entre 8.2 y 8.4 (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Valores de pH en las muestras de sedimento tomadas en el Arrecife Oro Verde.

Muestras	pH
1	8.8
2	8.4
3	8.2
4	8.2

Características del bentos

Durante el presente trabajo se registró la presencia de 19 especies de corales pétreos pertenecientes a 9 familias. La familia Faviidae fue la más representada en los sitios de muestreo (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Listado de especies de coral observadas en el arrecife, basado en el orden sistemático de Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet (1999).

Phylum Cnidária

Clase Hydrozoa
Orden Milleporina

Familia Milleporidae Fleming, 1828

1. *Millepora alcicornis* (Linnaeus, 1758)

Clase Anthozoa
Subclase Zoantharia
Orden Scleractinia
Suborden Archaeoeniina

Familia Astrocoeniidae Kobe, 1890

2. *Stephanocoenia michelinii* (Esper, 1795)

Familia Pocilloporidae

3. *Madracis decactis* (Lyman, 1859)

Suborden Poritiina

Familia Poritidae Gray, 1842

4. *Porites astreoides* (Lamarck, 1816)

Suborden Fungiina

Familia: Siderastreidae Vaughan y Wells, 1943

5. *Siderastrea radians* (Pallas, 1766)
6. *Siderastrea siderea* (Ellis & Solander, 1786)

Familia Agariciidae Gray, 1847

7. *Agaricia agaricites* (Linnaeus, 1758)
8. *Leptoseris cucullata* (Ellis & Solander, 1786)

Suborden Meandriina

Familia Oculinidae Ortmann, 1890

9. *Oculina diffusa* (Lamarck, 1816)

Suborden Faviina

Familia Mussidae Ortmann, 1890

10. *Mussa angulosa* (Pallas, 1766)
11. *Scolymia lacera* (Pallas, 1766)
12. *Genero Mycetophyllia* (Milne Edwards & Haime, 1848)

Familia Faviidae Gregory, 1900

13. *Colpophyllia natans* (Houttuyn, 1772)
14. *Diploria clivosa* (Ellis & Solander, 1786)
15. *Diploria strigosa* (Dana, 1848)
16. *Montastraea annularis* (Linnaeus, 1767)
17. *Montastarea cavernosa* (Linnaeus, 1767)
18. *Montastraea faveolata* (Ellis & Solander, 1786)
19. *Montastraea franksi* (Gregory, 1895)

De las 15 especies registradas en los sitios de muestreo para el arrecife Oro Verde (Figura 9), 9 especies se localizan en los sitios 1, 2, 6 y 9, el sitio 7 fue el de mayor número de especies (11 especies), y el sitio 10 con el menor número (6 especies). La riqueza osciló por sitio entre 6 y 11 especies.

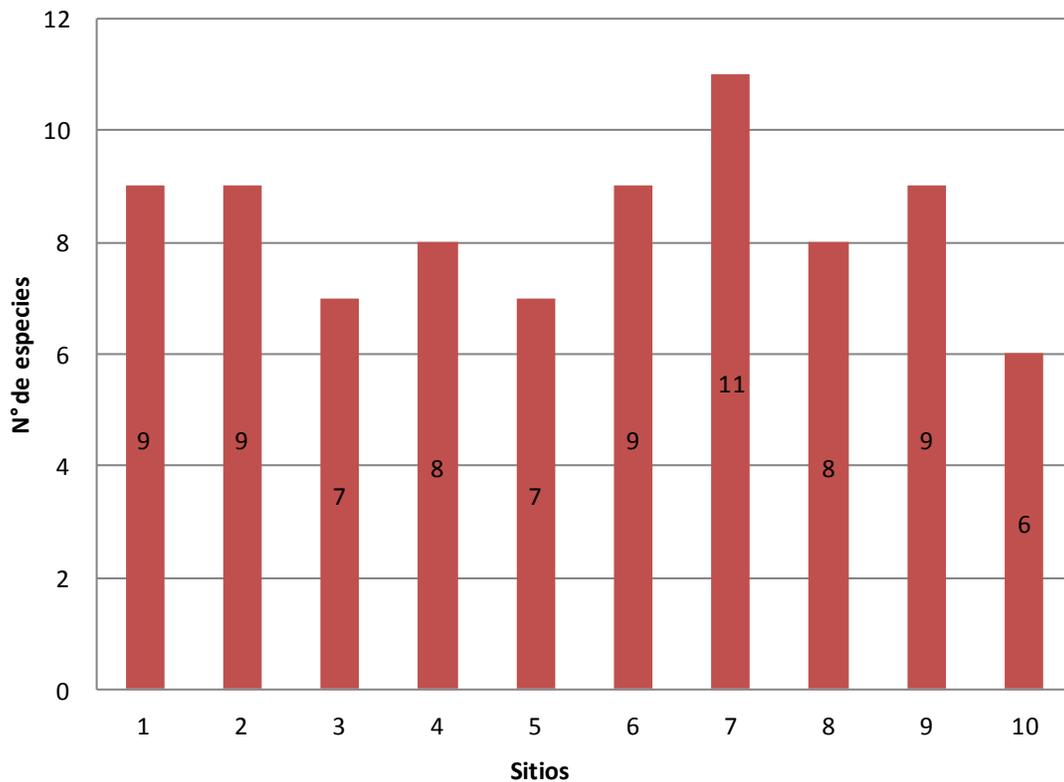


Figura 9.- Riqueza de especies por sitio de muestreo.

La mayor riqueza de especies se registró en la meseta del arrecife con 11 especies, mientras que el lado de sotavento osciló entre 7 y 9 especies (Figura 10).

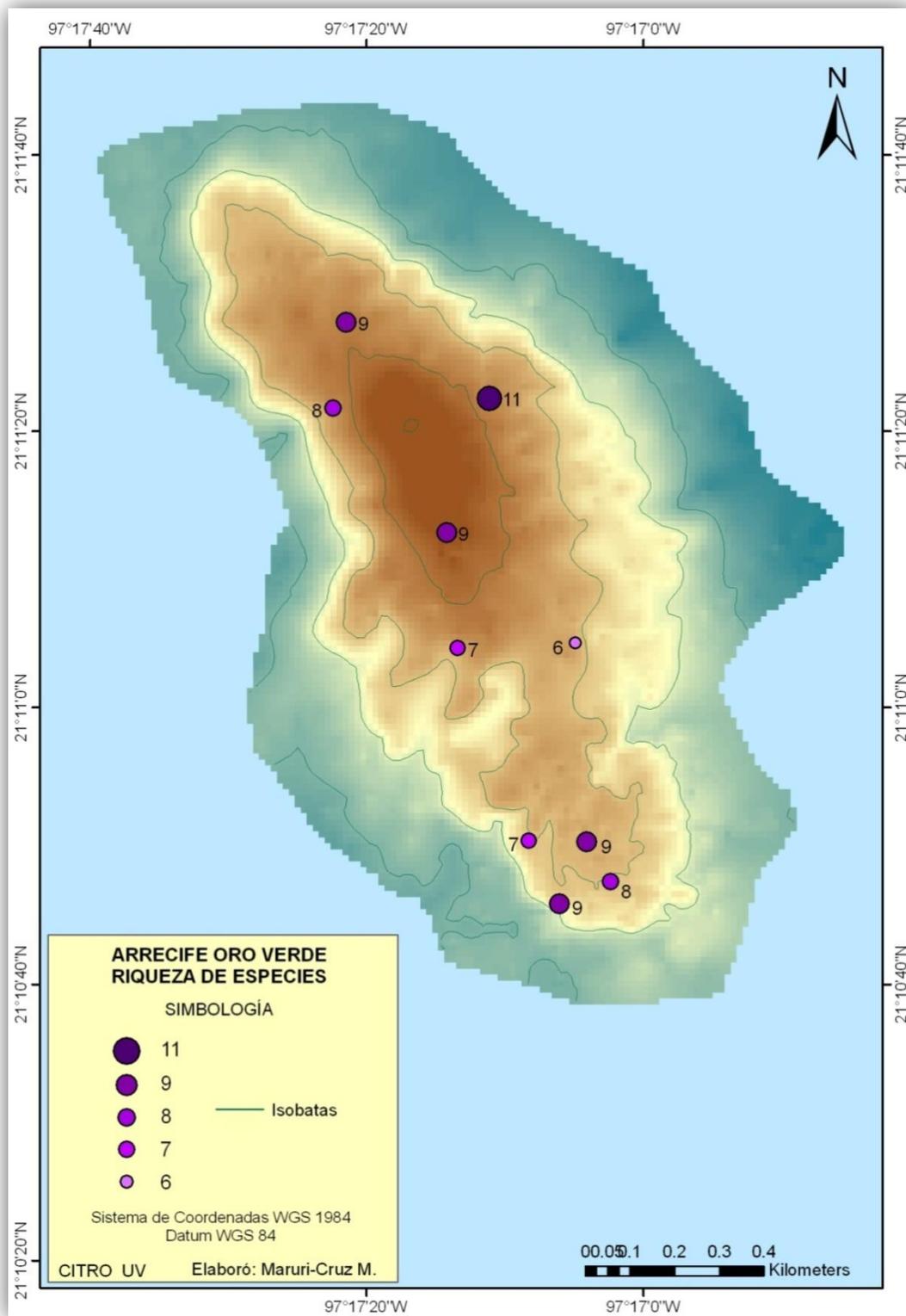


Figura 10. Distribución de riqueza de especies por sitio de muestreo.

Cobertura por grupo morfofuncional

El sitio 1 estuvo formado por 20% de coral, 7.67% correspondió a la cobertura de algas mientras que el 70.33% por sustrato expuesto. Solo el 1% del fondo estuvo ocupado por equinodermos y 1% por esponjas (Figura 11).

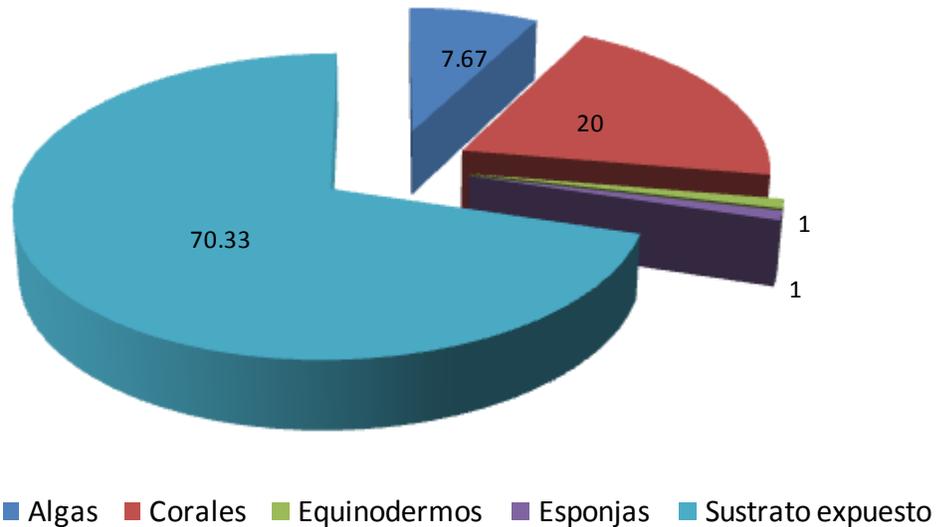


Figura 11.- Cobertura del fondo del sitio uno.



Figura 12.- Características del fondo del sitio uno.

El sitio 2, estuvo cubierto por coral con un 17.33%, el 6.33% de algas. Solo el 2% del fondo estuvo ocupado por esponjas y el 1.33% de equinodermos, mientras que el 73% lo ocupó el sustrato expuesto (Figura 13).

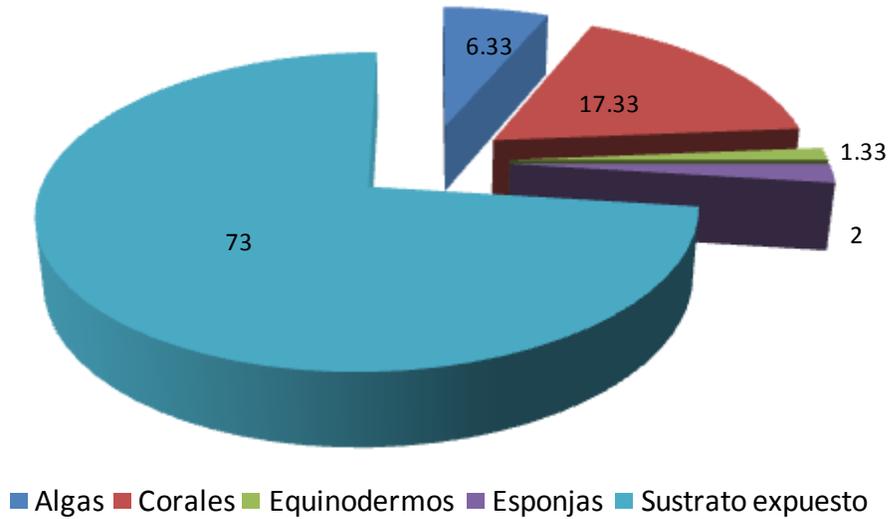


Figura 13.- Cobertura bentónica del sitio dos.

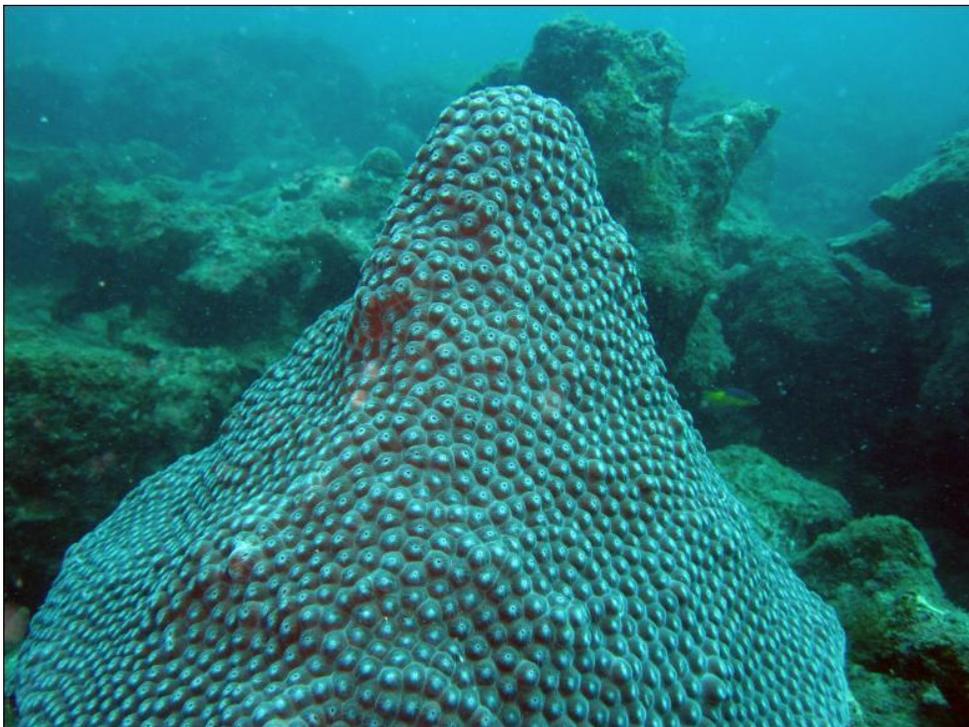


Figura 14.- Características del fondo del sitio dos.

Se registró un 11.33% de coral para el sitio 3, mientras que 11% fue para las algas, 1% para esponjas y el 76.67% estuvo cubierto por sustrato expuesto (Figura 15).

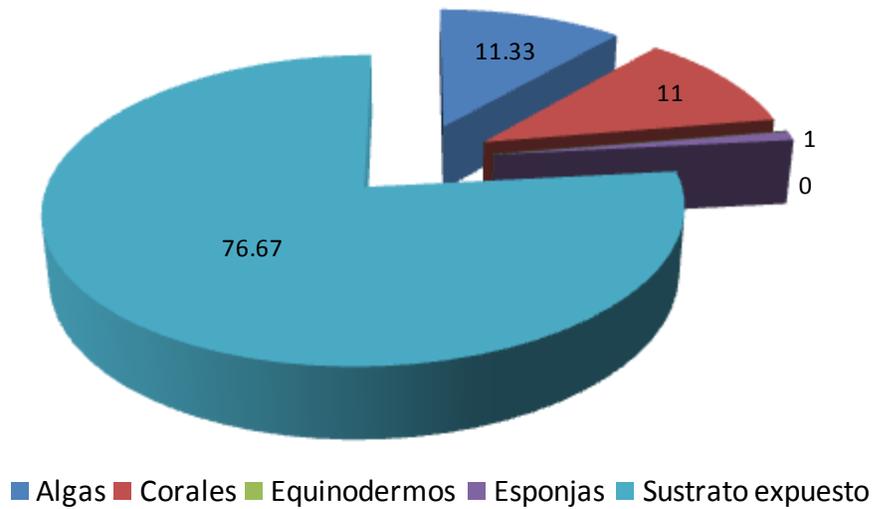


Figura 15.- Cobertura por grupo morfofuncional del sitio tres.



Figura 16.- Características del fondo del sitio tres.

El sitio 4 estuvo representado por coral con el 12%, el mismo porcentaje (12%) correspondió a la cobertura de algas mientras que el 75.67% por sustrato expuesto (Figura 17).

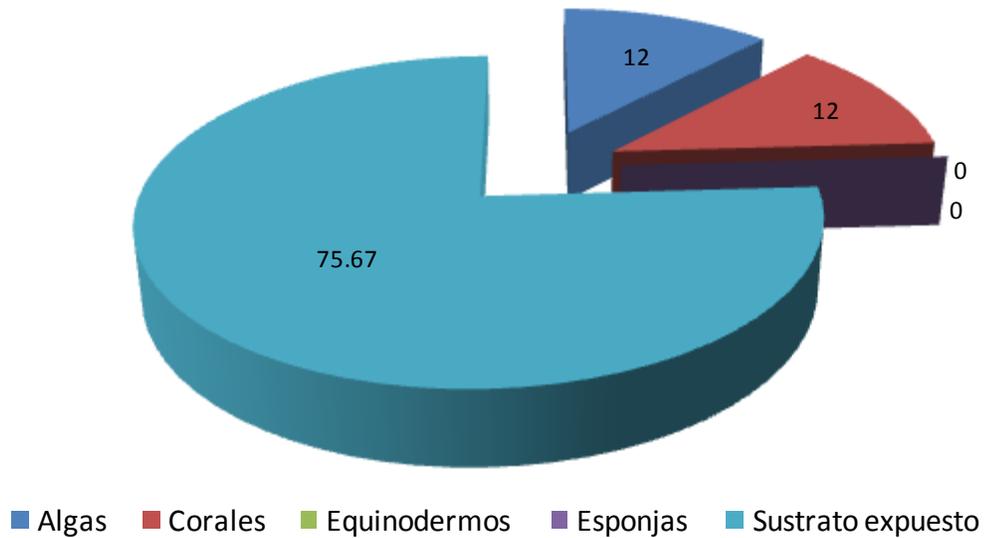


Figura 17.- Cobertura bentónica del sitio cuatro.



Figura 18.- Características del fondo del sitio cuatro.

El sitio 5 estuvo cubierto por coral con un 31.67%, y el resto del fondo estuvo ocupado por sustrato expuesto con un 68.33% (Figura 19).

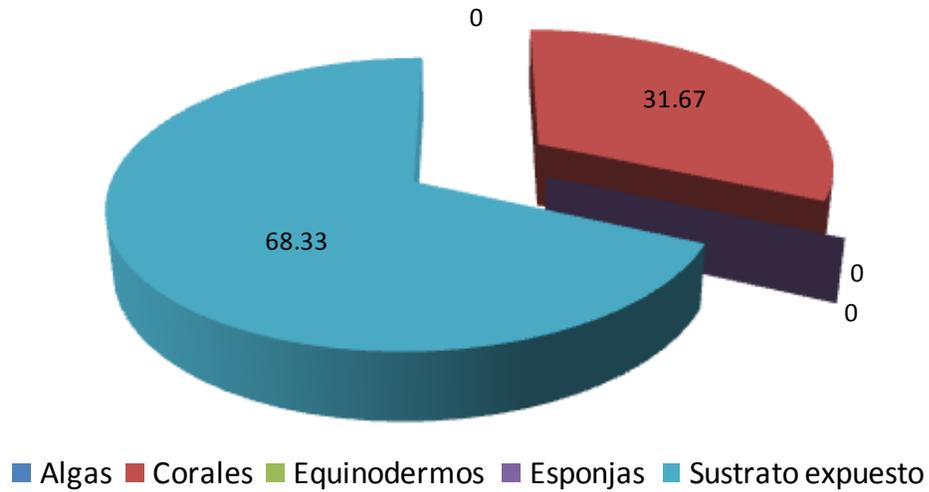


Figura 19.- Cobertura bentónica del sitio cinco.



Figura 20.- Características del fondo del sitio cinco.

El sitio 6 fue cubierto por coral con un 4.33%, 7.33% de algas mientras que el 0.67% por esponjas y con 88.67% por sustrato expuesto (Figura 21).

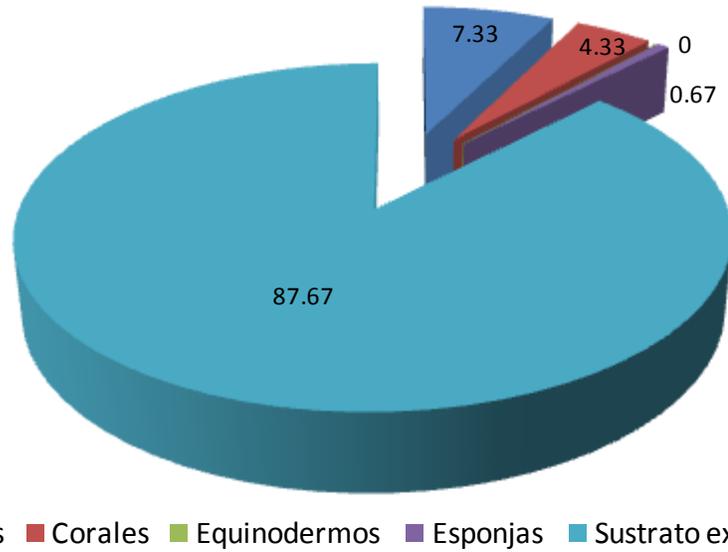


Figura 21.- Cobertura del fondo del sitio seis.



Figura 22.- Características del fondo del sitio seis.

El sitio 7 estuvo cubierto por coral con un 17.67%, el 6.33% de algas mientras que el 76% por sustrato expuesto (Figura 23).

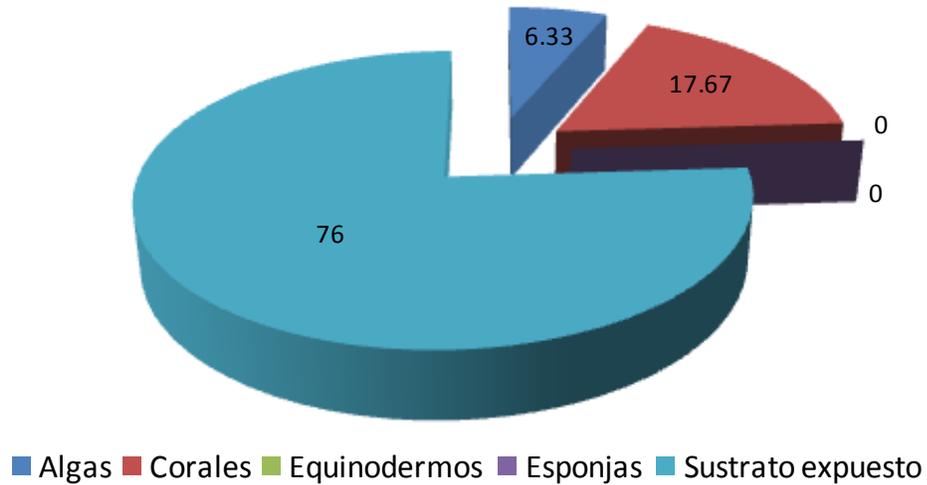


Figura 23- Cobertura bentónica del sitio siete.



Figura 24.- Características del fondo del sitio siete.

El sitio 8 estuvo cubierto por coral con un 25.33%, el 14.33% de algas, mientras que el 60% fue ocupado por sustrato expuesto (Figura 25).

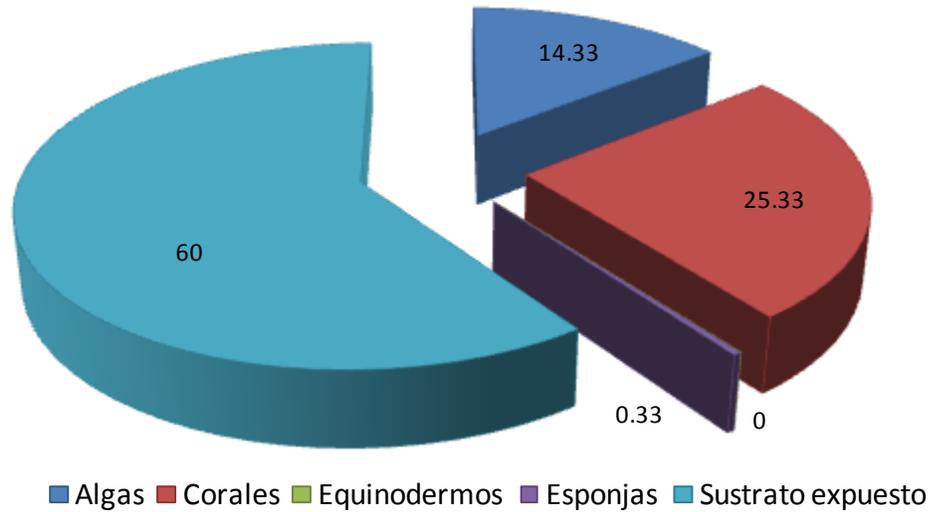


Figura 25.- Cobertura por grupo morfofuncional del sitio ocho.



Figura 26.- Características del fondo del sitio ocho.

Con un 31.33% de fondo se registro coral, el 3% de alga, 2.67% por corales blandos y con un 63% de sustrato expuesto (Figura 27).

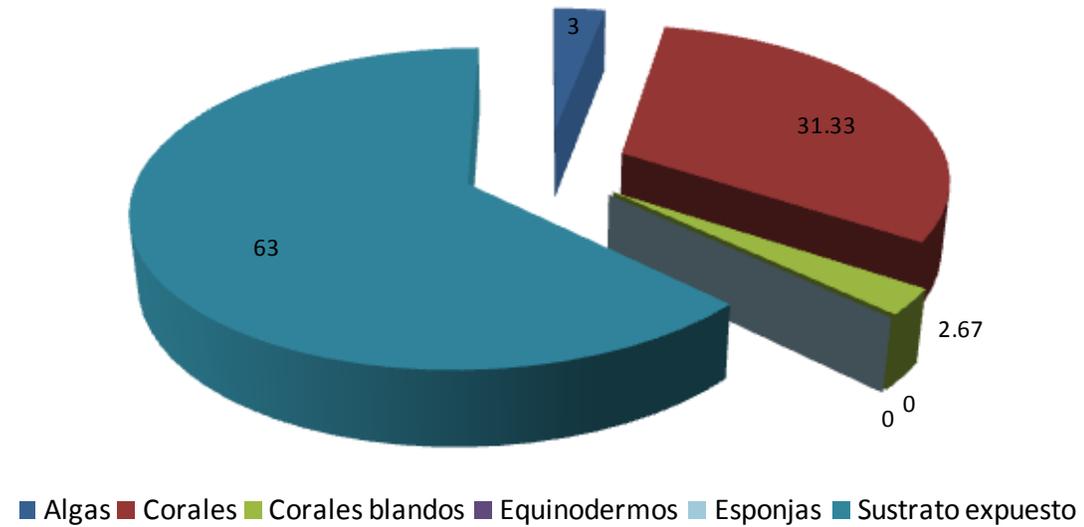


Figura 27.- Cobertura bentónica del sitio nueve.



Figura 28.- Características del fondo del sitio nueve.

El sitio 10 estuvo cubierto por coral con un 8%, el 31.33% de sustrato expuesto mientras que el 60.33% por algas (Figura 29).

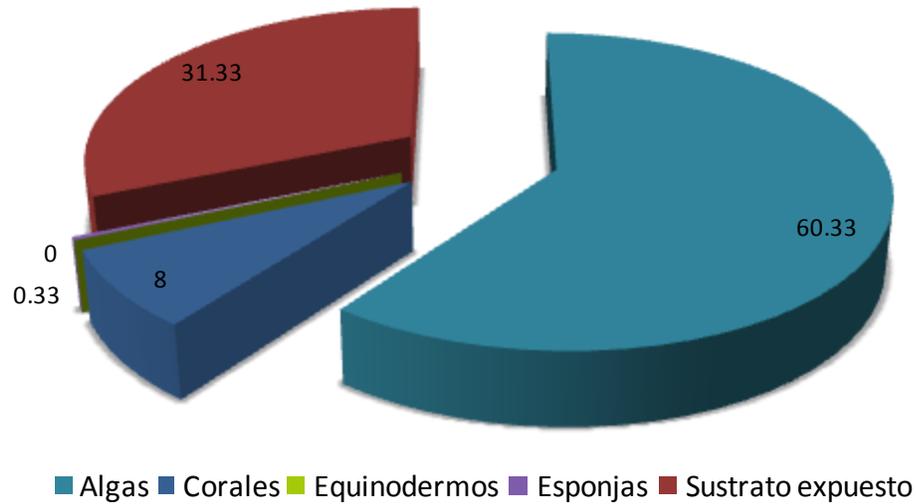


Figura 29.- Cobertura del fondo del sitio diez.

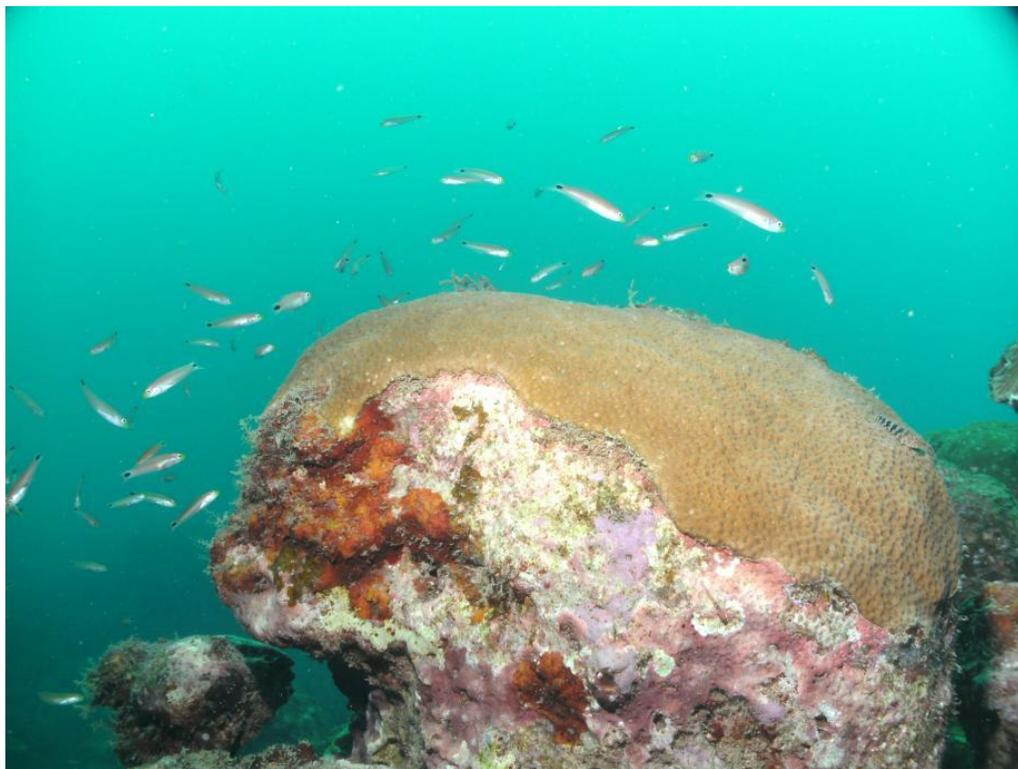


Figura 30.- Características del fondo del sitio diez.

Se determinó que en los sitios muestreados en el arrecife Oro Verde fue cubierto principalmente por sustrato expuesto ocupó un 68.2% del total, mientras que la cobertura coralina solo fue de un 17.8% y algas con un 13% (Figura 31). Los grupos de equinodermos, esponjas y corales blandos fueron los de menor cobertura ocuparon menos del 1%.

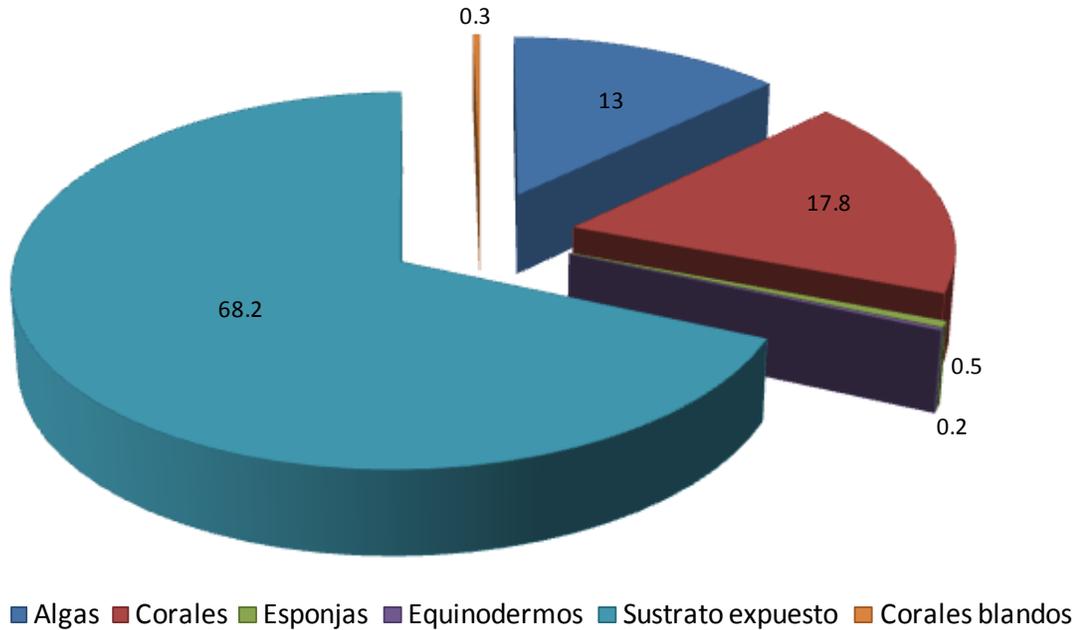


Figura 31.- Cobertura por atributo morfofuncional, Arrecife Oro Verde.

Los resultados expresan que de los 10 sitios muestreados, los sitios 5 y 9 fueron los de mayor cobertura coralina con 31.67 y 31.33% respectivamente, mientras que el sitio 6 fue el de menor cobertura con 4.3% (Figura 32).

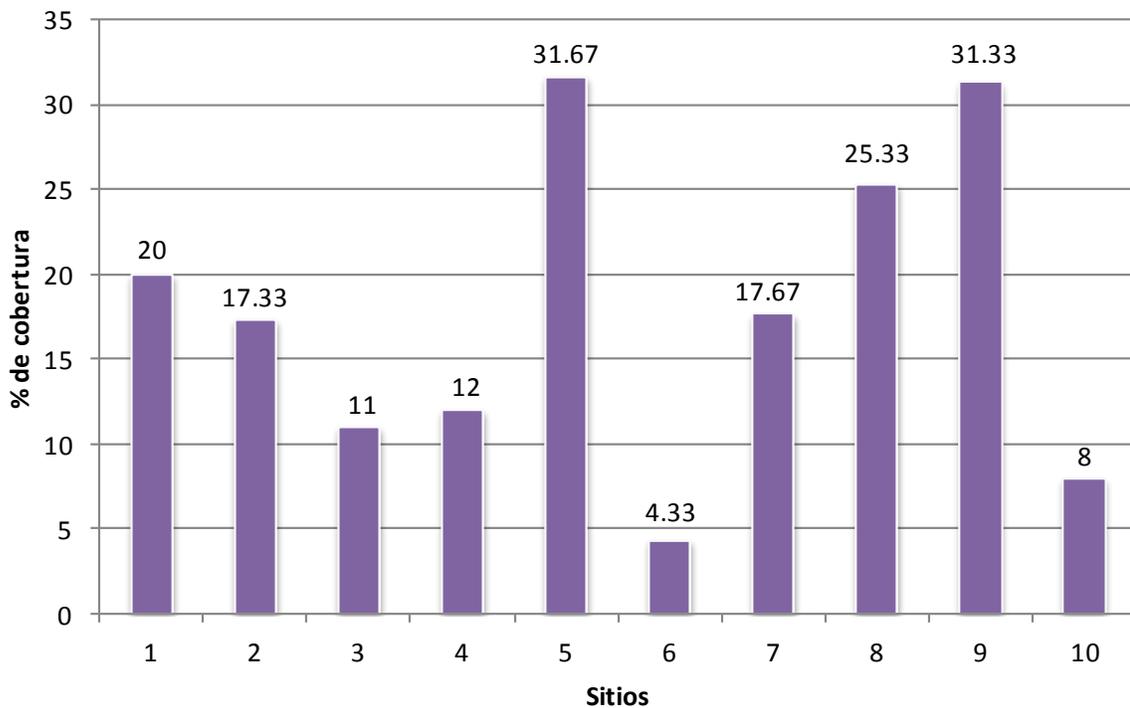


Figura 32.- Cobertura de corales por sitio de muestreo.

Se observa mayor cobertura en los sitios ubicados en la meseta del arrecife. Mientras que el sitio 6 ubicado al norte fue el que presentó menor cobertura coralina (Figura 33).

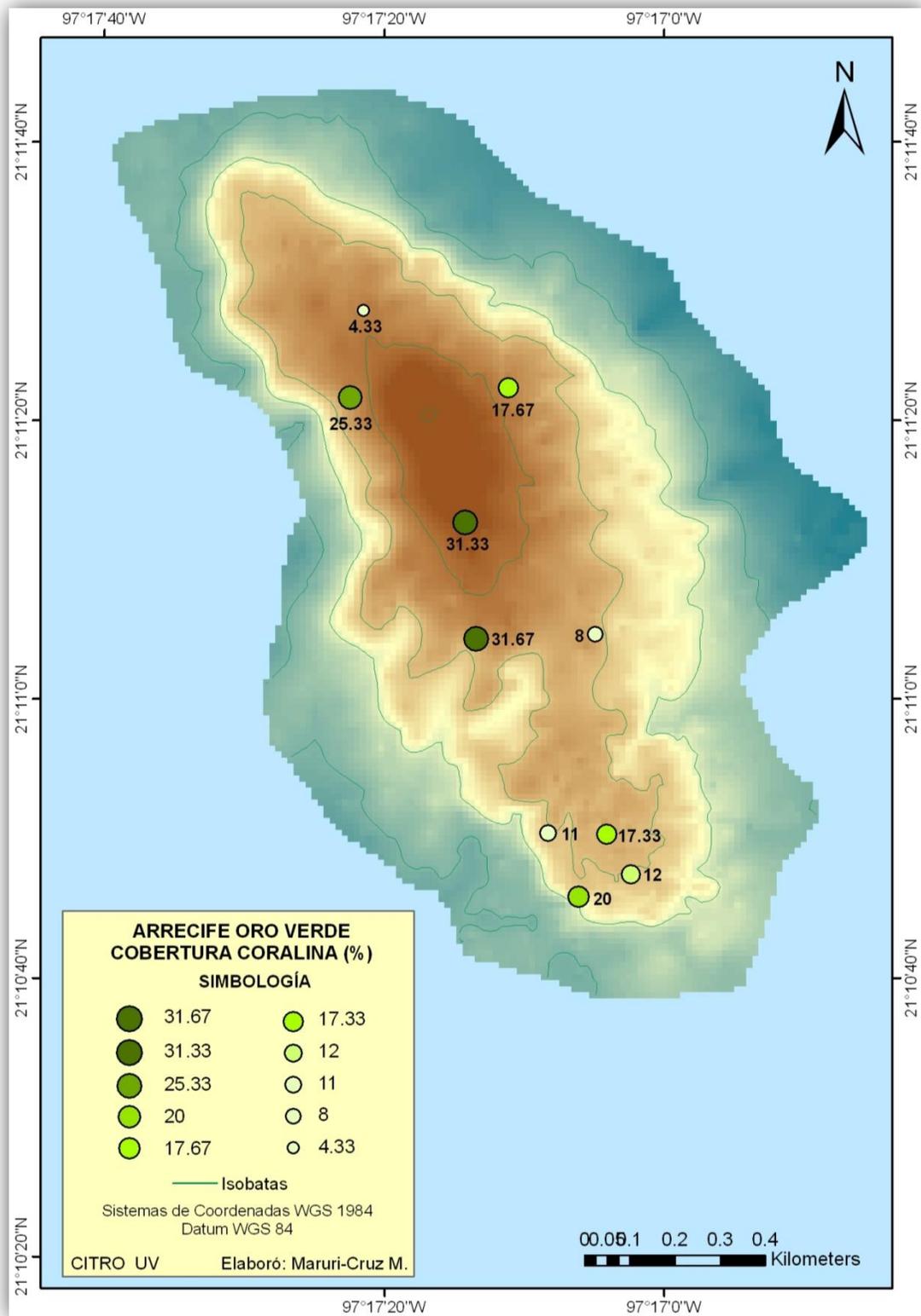


Figura 33.- Distribución de la cobertura de corales por sitio de muestreo.

De acuerdo a las especies registradas en el presente trabajo, se observó que *Montastraea cavernosa* obtuvo la mayor cobertura relativa con un 37.05% del total, seguida de *Siderastrea siderea* con 28.57%. Las especies con menor cobertura fueron *Mussa angulosa* con 0.31%, *Scolymia lacera* con 0.47%, *Madracis decactis* con 0.47%, por mencionar algunas(Figura 34).

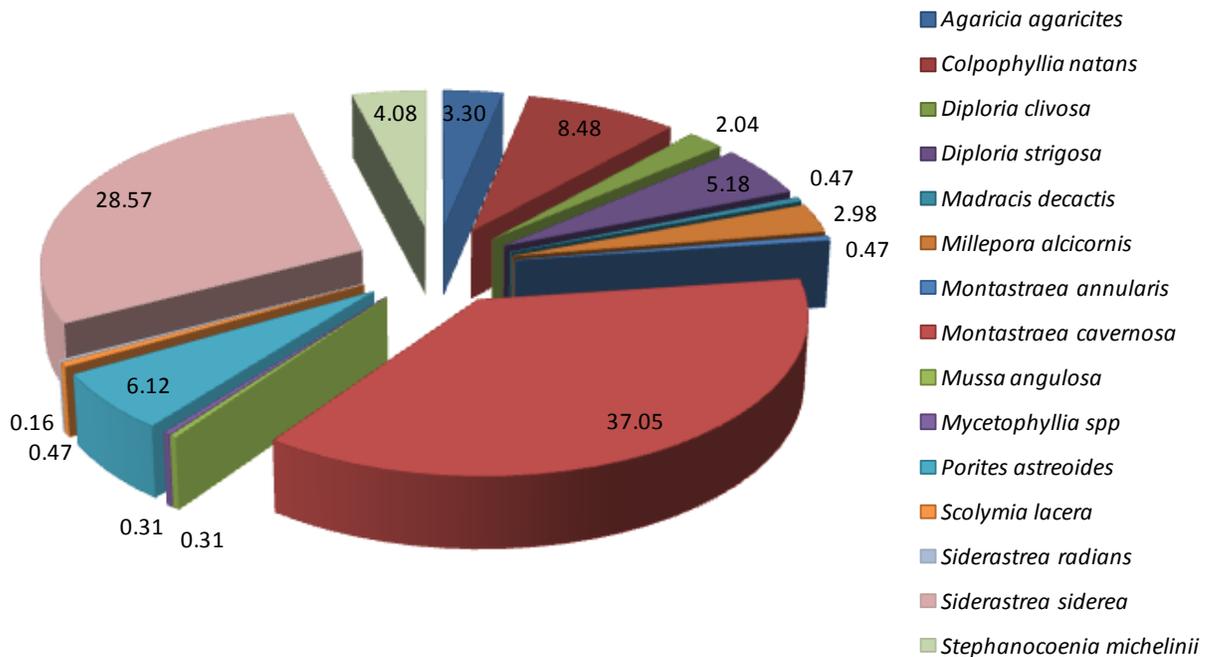


Figura 34.- Cobertura relativa por especie.

Se registró un total de 637 colonias de coral (Figura 35). Se observó que en el sitio nueve se registraron 102 colonias mientras que el sitio cuatro solo había 36 colonias de coral.

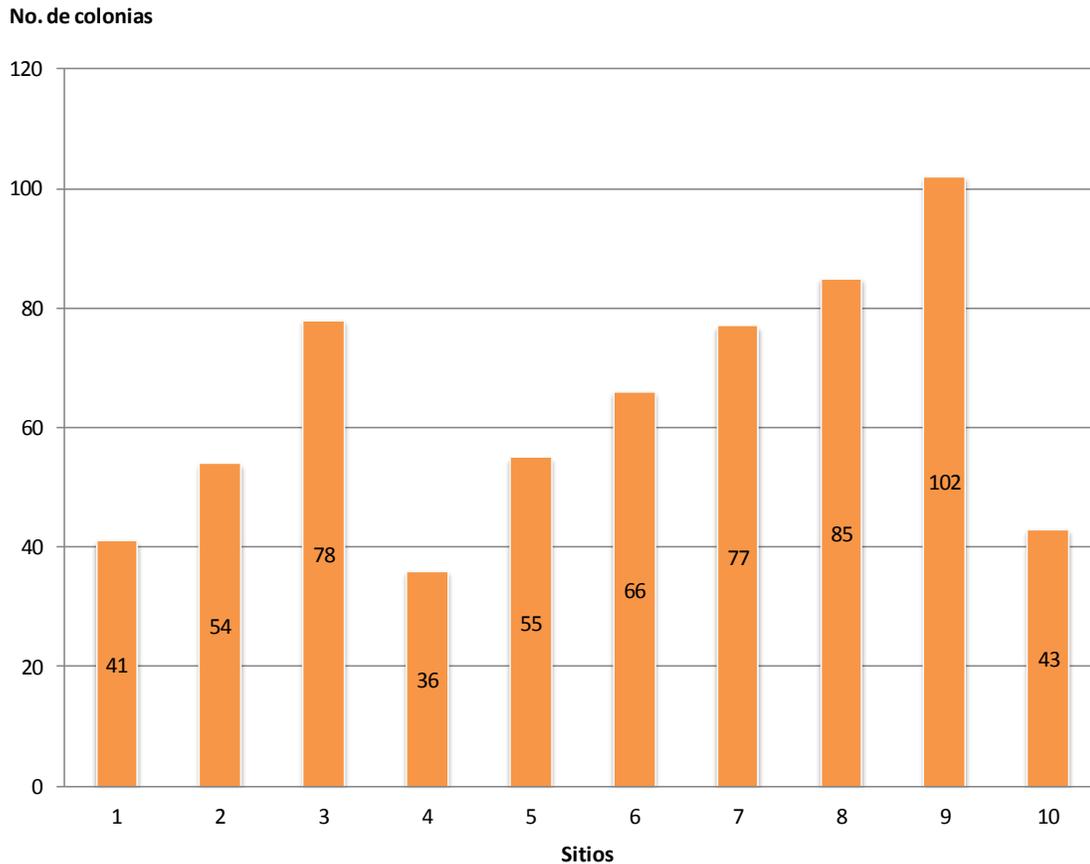


Figura 35. Número de colonias de coral por sitio de muestro.

El mayor número de colonias se registró en los sitios 3, 8 y 9 ubicados en el talud de sotavento y en la meseta (Figura 36).

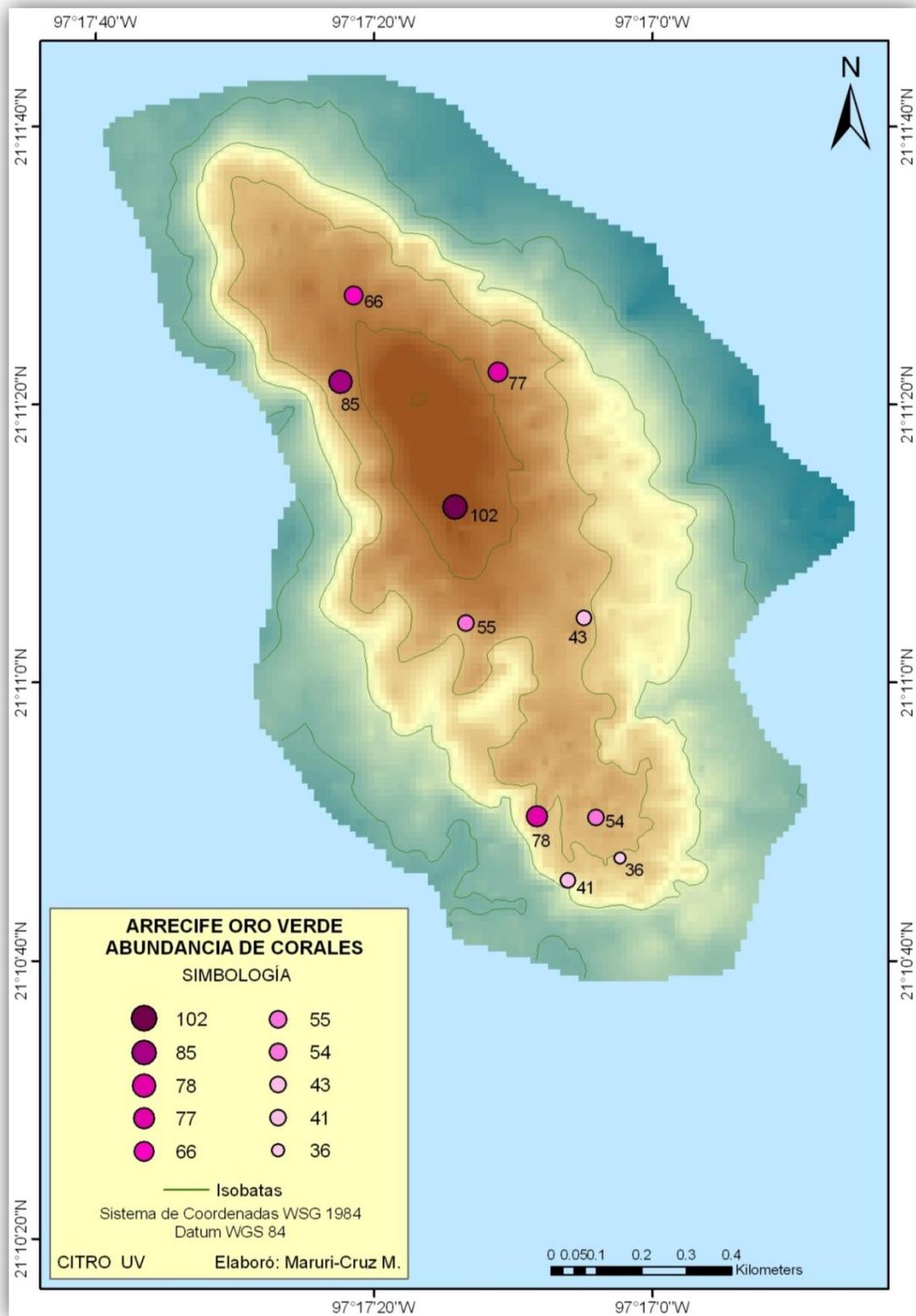


Figura 36.- Distribución del número de colonias de coral por sitio de muestreo.

Las especies *Colpophyllia natans*, *Millepora alcicornis*, *Montastraea cavernosa*, *Porites astreoides* y *Siderastrea siderea* fueron registradas en los diez sitios de muestreo. Las especies con una distribución más restringida fueron *Mussa angulosa* y *Siderastrea radians*, ya que se registraron únicamente en un solo sitio de muestreo, sitio 7 y 2 respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Distribución de especies de coral por sitio, Arrecife Oro Verde.

<i>Especie de Coral</i>	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	<i>Frecuencia (%)</i>
<i>Agaricia agaricites</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			80
<i>Colpophyllia natans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
<i>Diploria clivosa</i>				X		X			X		30
<i>Diploria strigosa</i>		X					X	X	X		40
<i>Madracis decactis</i>	X			X							20
<i>Millepora alcicornis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
<i>Montastraea annularis</i>						X	X				20
<i>Montastraea cavernosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
<i>Mussa angulosa</i>							X				10
<i>Mycetophyllia spp</i>	X								X		20
<i>Porites astreoides</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
<i>Scolymia lacera</i>							X		X		20
<i>Siderastrea radians</i>		X									10
<i>Siderastrea siderea</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
<i>Stephanocoenia michelinii</i>	X	X	X		X	X	X	X		X	80

La especie con el mayor número de colonias fue *Montastraea cavernosa* con 236, seguida de *Siderastrea siderea* con un total de 183. La especies *Mussa angulosa*, *Mycetophyllia spp* y *Siderastrea radians* fueron las de valor más bajo ya que solo se les observaron 2, 2 y 1 colonia respectivamente (Figura 37).

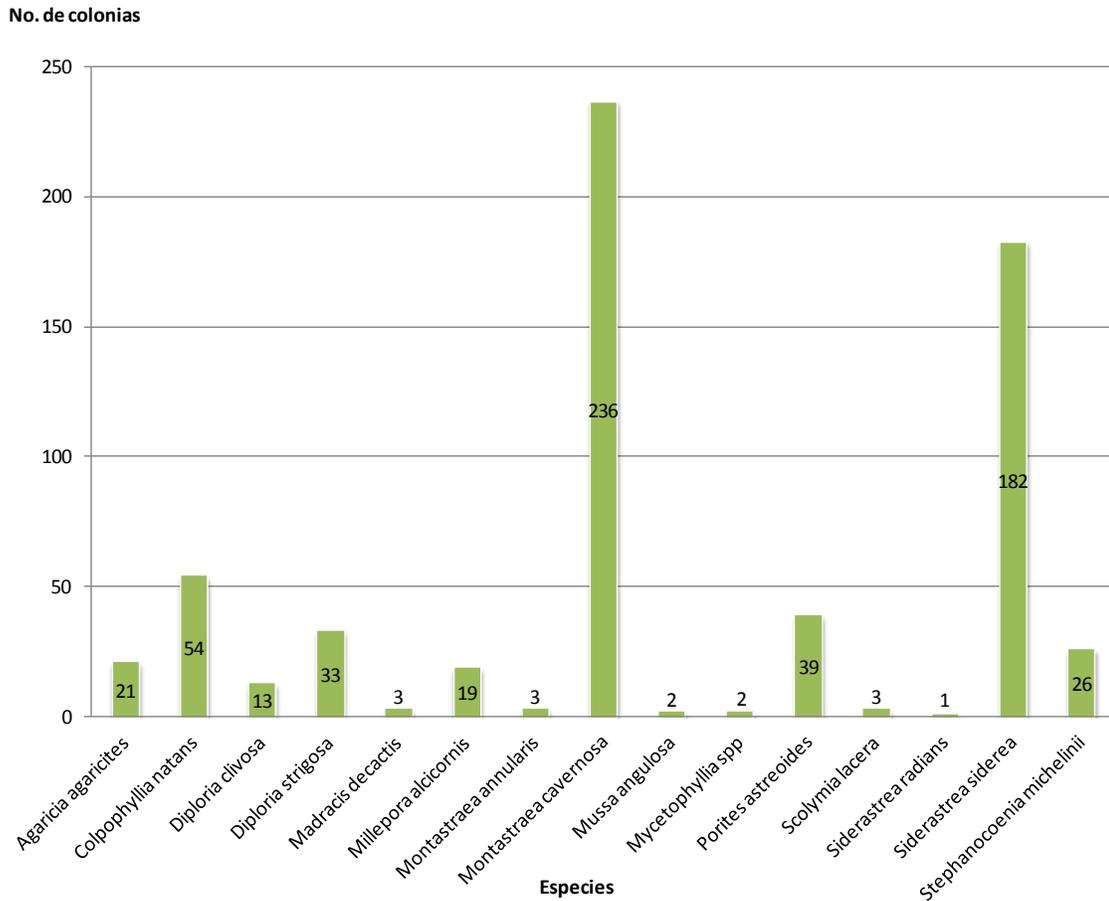


Figura 37.- Número de colonias por especies coral.

De acuerdo al índice de Jaccard, la relación entre sitios en base a la cobertura no tuvo ninguna asociación por la diferencia de profundidad (Figura 38). Los sitios 5 y 9 tuvieron una estrecha relación por tener una diferencia de cero.

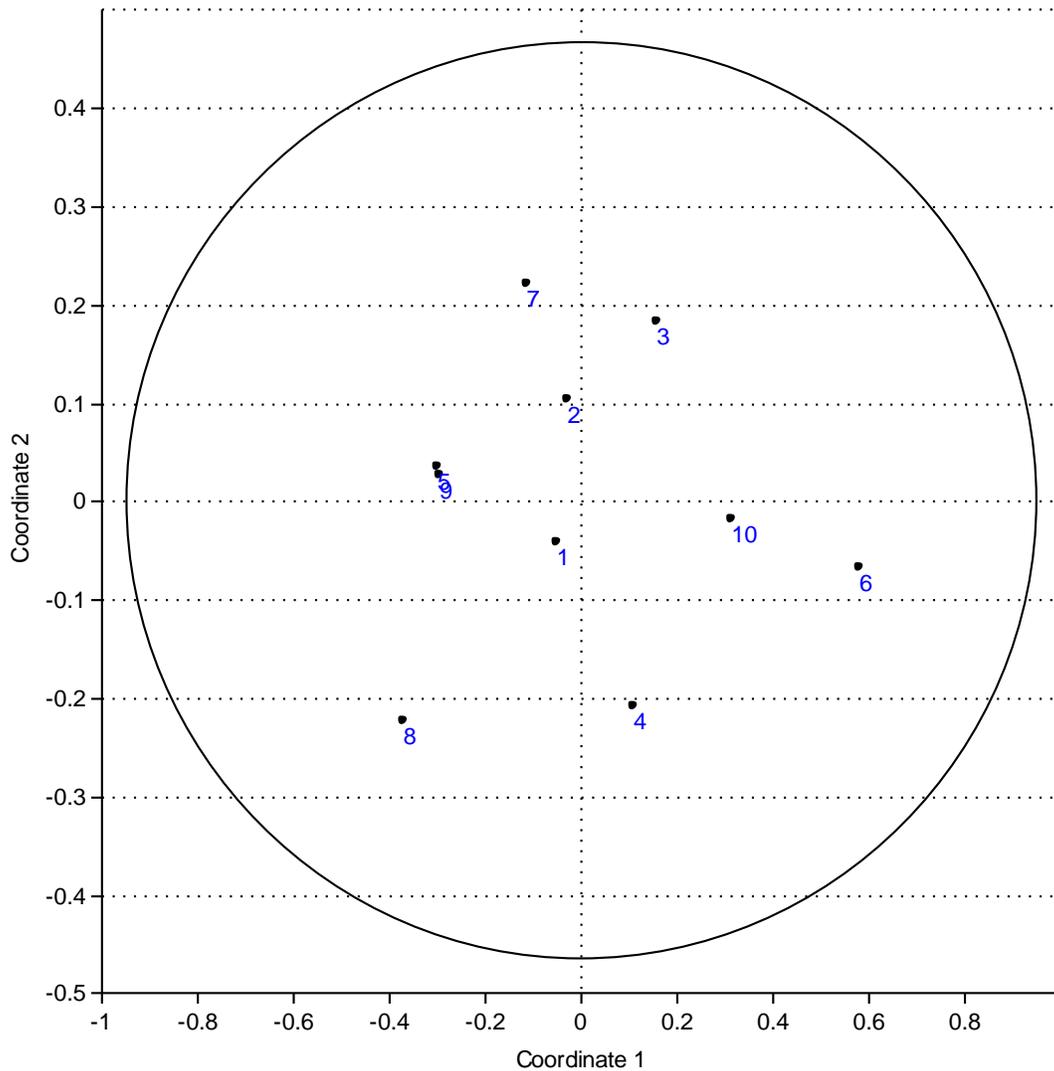


Figura 38.- Similitud entre sitios de muestreos de acuerdo a la cobertura coralina.

Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener oscilaron de 1.8 a 1.2. El sitio de mayor diversidad de acuerdo al índice fue el sitio uno con 1.846, mientras que en el sitio siete fue el de menor diversidad con 1.278.

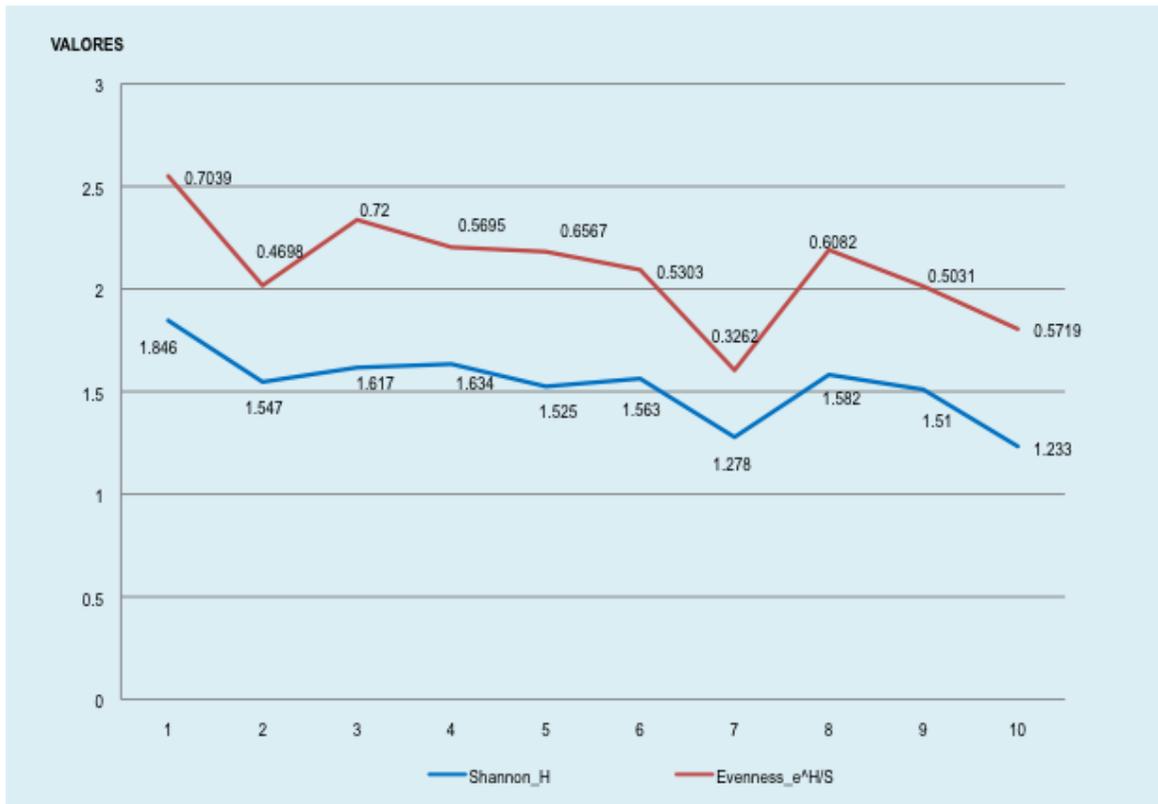


Figura 39.- Valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener para el arrecife Oro Verde.

Datos morfométricos

Se midieron 637 colonias de coral. El diámetro máximo de las colonias tuvo una media de 42.35 cm con una desviación estándar de 32.91 cm. El diámetro máximo menor fue de 2 cm y el máximo de 271 cm para las colonias. El rango más destacado fue el de 20-40 cm con un total de 203 colonias (Figura 40).

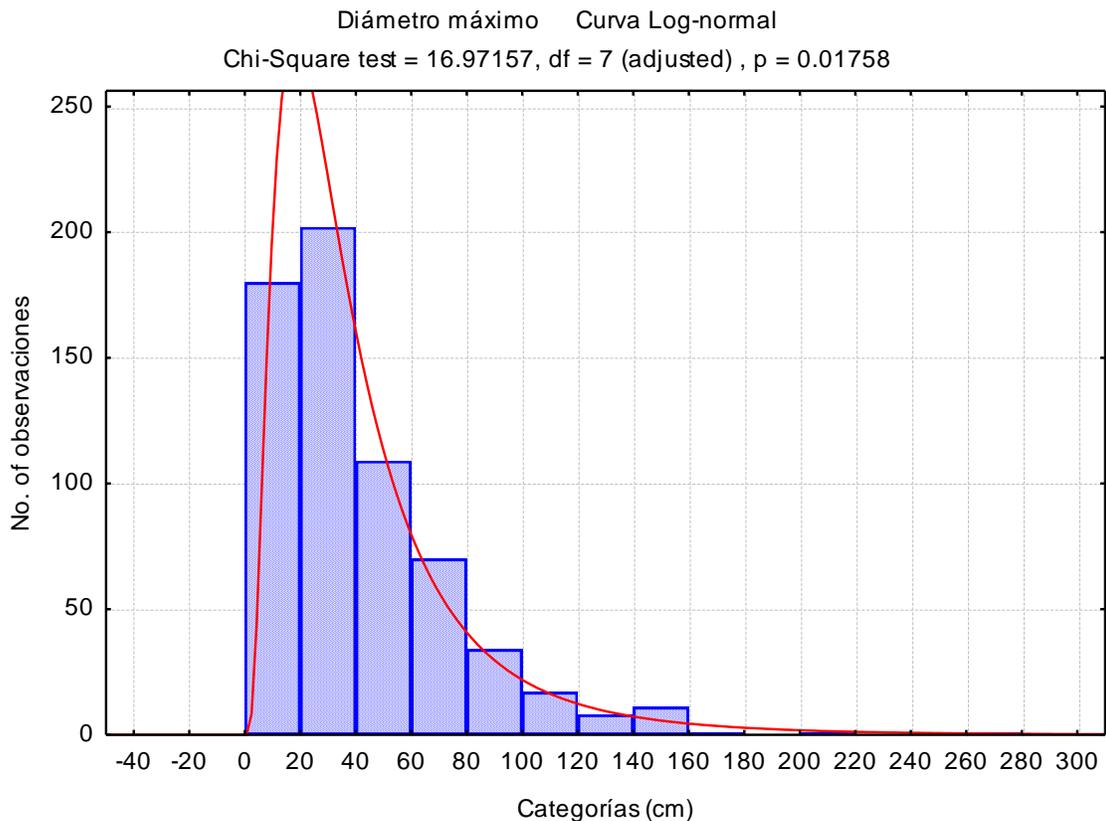


Figura 40.- Distribución de diámetros máximos de las colonias de coral.

El diámetro mínimo de las colonias tuvo una media de 23.50 cm con una desviación estándar de 18.97 cm (Figura 41). El diámetro mínimo fue de 1 cm mientras que el máximo fue de 148 cm. El mayor número de colonias de coral (238 colonias) está concentrado en el rango de 10-20 cm, seguida de 101 colonias para el rango de 0-10 cm.

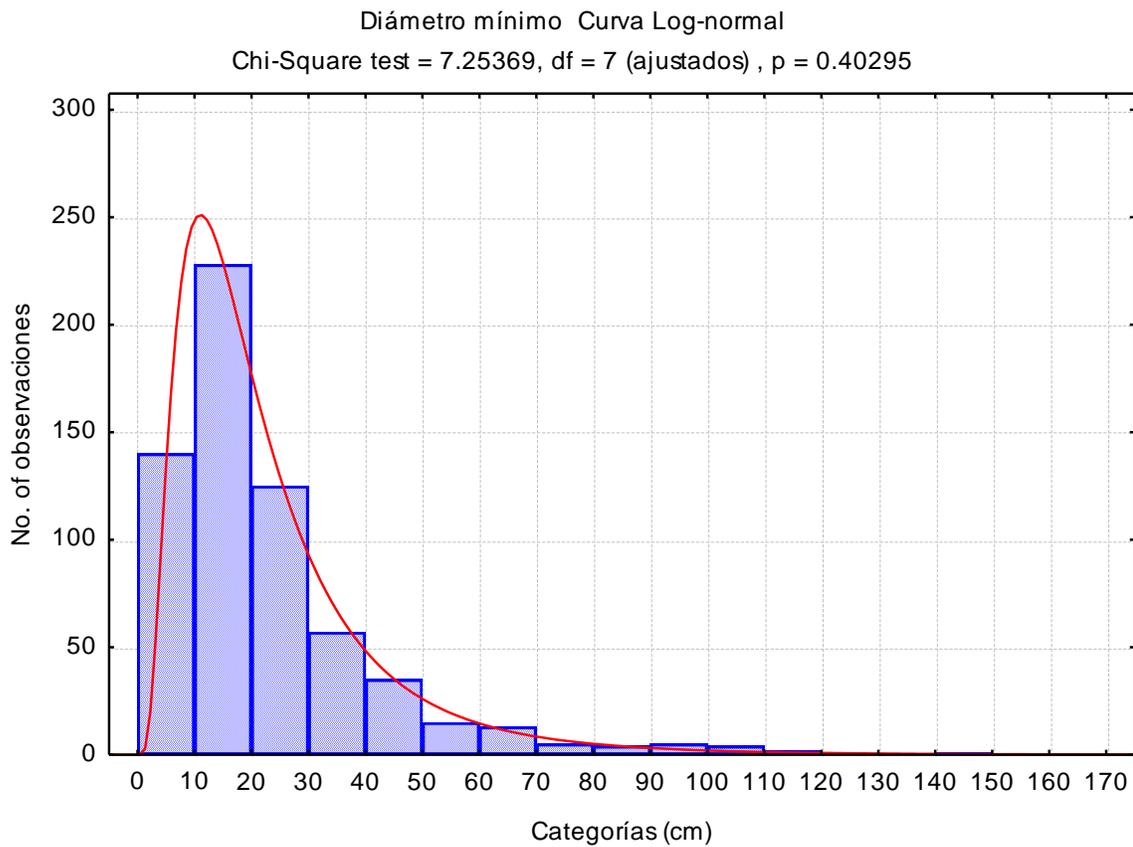


Figura 41.- Distribución de diámetros mínimos de las colonias de coral.

La altura de las colonias tuvo una media de 8.35 cm con una desviación estándar de 10.48 cm (Figura 42). La altura mínima fue de 1 cm mientras que la colonia más alta tuvo 88 cm. El rango de 0-10 cm obtuvo el mayor concentrado de colonias con 454, seguida de 123 colonias para el rango 10-20 cm.

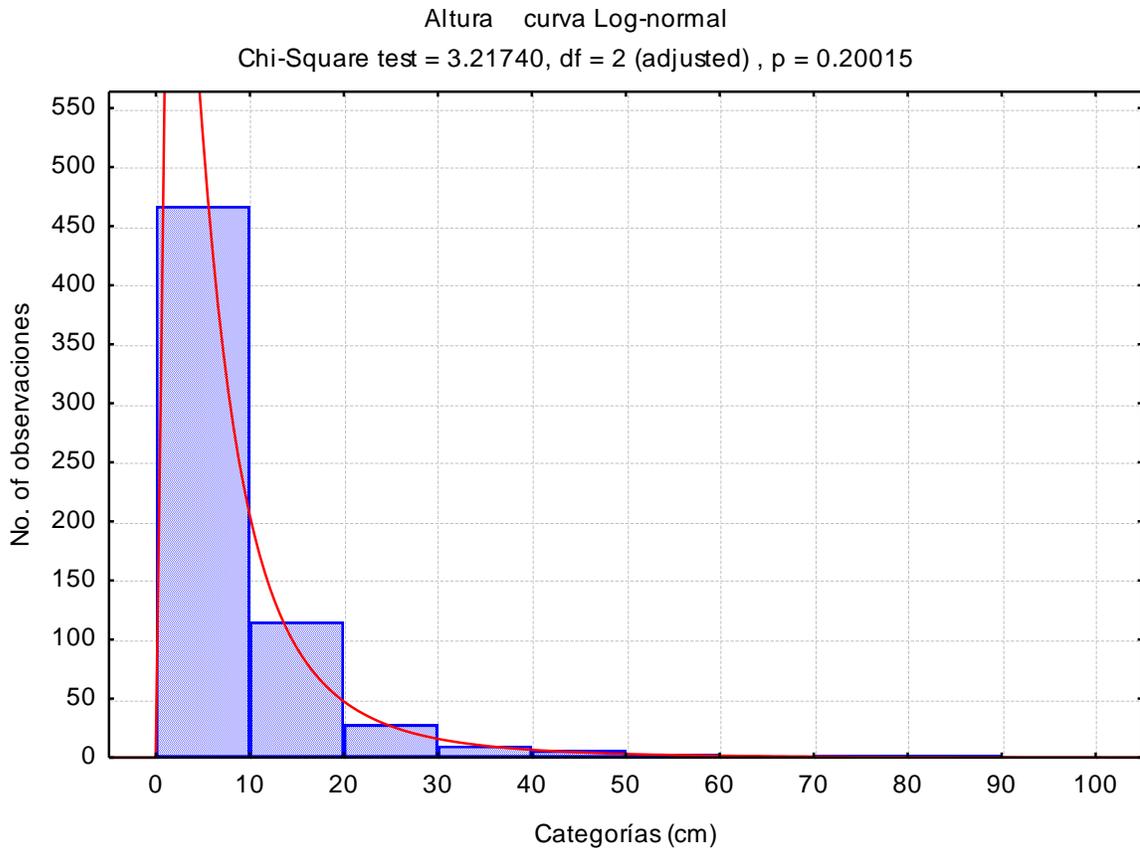


Figura 42.- Distribución de la altura de las colonias de coral.

Se observó que el 34.1 % de colonias de coral presentaron signos de daño ($\sigma = 21\%$). El mayor porcentaje de colonias con signos de daño fue del 72.72% registrado en el sitio 10, mientras que en el sitio 3 no presentó colonias con signos de daño (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Colonias de coral con signos de daño en el Arrecife Oro Verde.

Sitio	Signos de daño (%)
1	26.92
2	14.28
3	0
4	27.56
5	45.35
6	22.45
7	31.42
8	55.55
9	44.82
10	72.72

El sitio con mayor porcentaje con signos de daño está ubicado en barlovento. Mientras que en el sitio 3 no presentó colonias con signos, ubicado en el lado sotavento del arrecife (Figura 43). No se observa correlación significativa entre el porcentaje de colonias dañadas y la profundidad ($r^2 = 0.1197$).

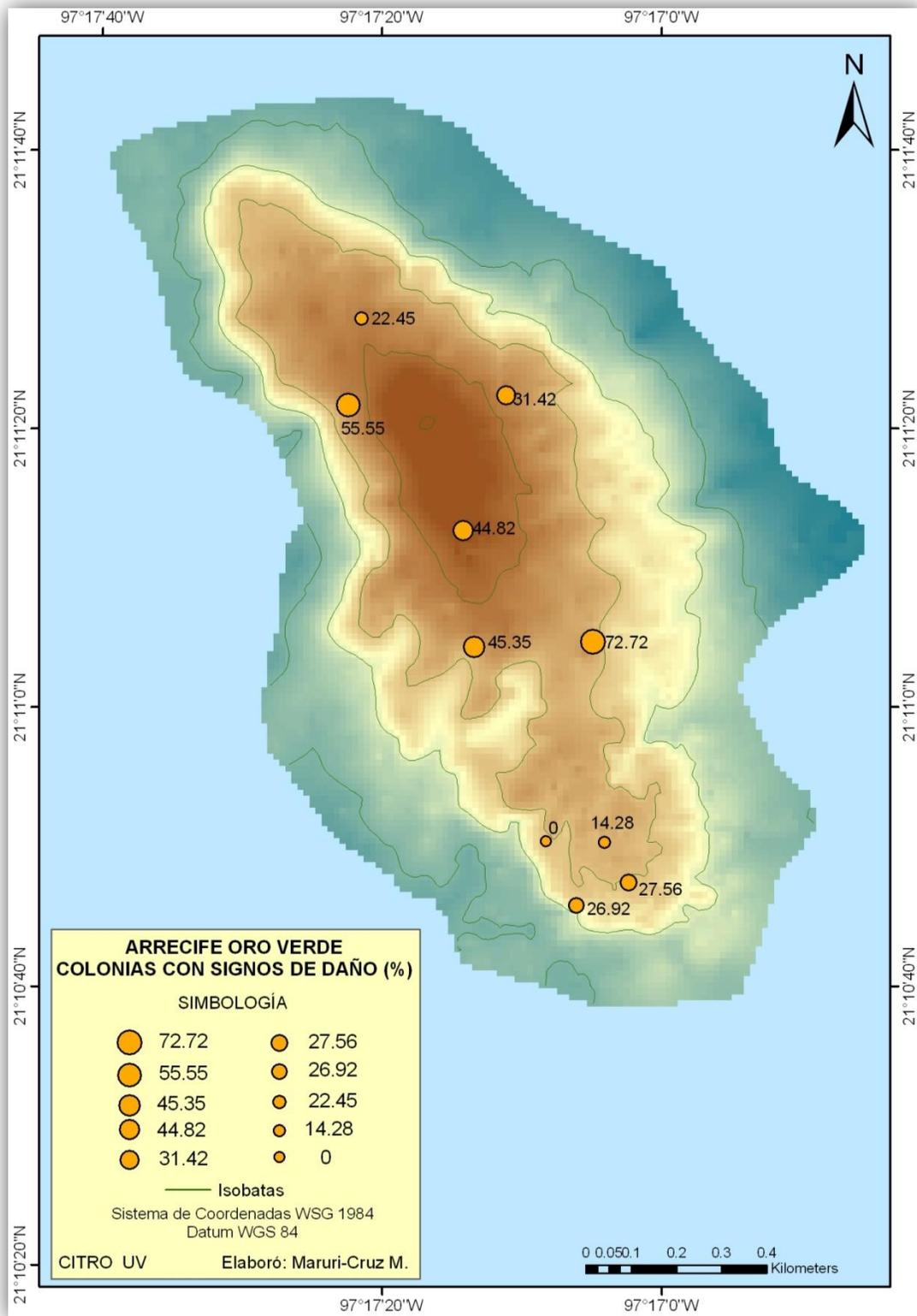


Figura 43.- Distribución de colonias con signos de daño por sitio de muestreo.

El porcentaje de superficie dañada en las colonias de coral fue de 16.18%, el sitio con las colonias con mayor superficie dañada fue el sitio 5 (36.75%) y en el sitio 3 no se registraron colonias dañadas.

Cuadro 5.- Colonias de coral con superficie con daño en el Arrecife Oro Verde.

Sitio	Superficie dañada (%)	Desvest
1	9.61	19.07
2	12.14	31.42
3	0	0
4	15.25	26.50
5	36.75	28.75
6	11.35	14.55
7	10.71	21.11
8	29.16	34.22
9	21.03	32.44
10	15.68	21.31

Se registraron 16 colonias con blanqueamiento en los sitios de muestreo para el Arrecife Oro Verde, es decir, un 0.03% del total. En el sitio 9 obtuvo el mayor número de colonias afectadas (4 colonias). El sitio 2 y 8 se registro una colonia afectada por sitio, mientras que en el 3 no se registraron colonias blanqueadas. El sitio con mayor número de colonias blanqueadas está localizado en la meseta arrecifal a 12 m de profundidad aproximadamente.

VIII. DISCUSIÓN

Los arrecifes de la costa norte de Veracruz han sido reconocidos como seis arrecifes plataforma desde hace años por autores científicos (Tunnell *et al.*, 2007), agencias de gobierno y la sociedad regional. La posible presencia de más áreas con desarrollo coralino había sido mencionada por Jordan (2004) quién señaló “en diversos puntos a lo largo del litoral se pueden encontrar parches coralinos sobre fondos duros, que se caracterizan por una escasa o nula acreción”. Con los trabajos de Martos (2010) y González-Cobos (2010), así como el hallazgo de la estructura denominada Oro Verde (presente trabajo) y la confirmación de su naturaleza arrecifal, se incrementa a 9 el número de arrecifes coralinos reconocidos en la costa norte de Veracruz, tres más de los reportados previamente (Tunnell *et al.*, 2007, D.O.F. 5 jun., 2009) y con ello, el 30% de los arrecifes de la costa norte de Veracruz ahora corresponde al tipo no emergente. Como parte de los productos de este trabajo, la ubicación del arrecife Oro verde ha sido dada a conocer a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, a la Secretaría de Marina, Capitanía de Puerto y a la Administración Portuaria Integral de Tuxpan. Rigby y McIntire (1966) mencionaron que “la disposición espacial lineal de los arrecifes de Isla Lobos, Medio y Blanquilla podría reflejar su establecimiento sobre la topografía relictas del Pleistoceno o más antigua”, y con los hallazgos actuales se muestra que la distribución de los arrecifes no emergentes señala la presencia de un cordón de arrecifes en la costa, desde Cazonas hasta la Blanquilla. La posible existencia de otras estructuras de este tipo requiere más exploración, ya que si bien los pescadores de la región mencionan la presencia de más sitios con fondo rocoso llamándolos “piedras”, no todas esos sitios serán arrecifes de coral, por lo que se requiere verificarlos individualmente (González-Cobos, 2010).

La batimetría de Oro Verde mostro que la estructura se desarrolla entre los 21 y los 10 m de profundidad, es decir que tiene una altura de 11 m. Arrecifes similares

como el arrecife Blake (Martos, 2010) va de los 9 a los 30 metros de profundidad, mientras que el arrecife Pantepec (González-Cobos, 2010) alcanza una profundidad máxima de 25 m y una mínima de 15 m. Las diferencias de altura entre los arrecifes de la región pueden ser atribuidas a la elevación de las estructuras que sirvieron de base para el desarrollo coralino actual (Jordan, 2004), así como al crecimiento de las colonias coralinas debido a ubicarse a una menor o mayor profundidad, por lo que los arrecifes emergentes se habrán desarrollado sobre estructuras más altas, las cuales favorecieron a un mayor desarrollo coralino por encontrarse a menor profundidad y más cerca de la luz. Las características batimétricas del arrecife Oro Verde, lo hacen más parecido al Pantepec que al Blake, debido a que mientras que el Pantepec y Oro Verde están a 10 km, el Blake se ubica a 24 km. Las dimensiones del arrecife son similares a los del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (Rigby y McIntire, 1966; Martos, 1993; Martos, 2010; Jacovo-Montiel, 2011). El arrecife de mayor tamaño de la región es el de Lobos (Rigby y McIntire, 1966; Tunnell *et al.*, 2007) con 2.5 km por 1.1 km de ancho, seguido por el arrecife no emergente Blake (Martos, 2010) con 2.3 km por 1.1 km. Las estructuras arrecifales generan una modificación significativa de las características ambientales de su periferia (Wood, 1998), por lo que su tamaño determina su capacidad de modificar el entorno, de tal manera que el tamaño del arrecife Oro Verde le da una capacidad de influir en el ambiente aunque su menor altura sobre el fondo limita su función como barrera.

Las mediciones de temperatura en los sitios mostraron valores de 22 a 29°C en la superficie (Prom. 26.3°C) y de 20 a 28°C para fondo (Prom. 24.4°C), el valor de temperatura más bajo se obtuvo para el mes de enero y la temperatura más alta entre los meses de julio, septiembre y octubre. Además, se tienen registros para las aguas superficiales y someras de los arrecifes Enmedio y Tuxpan de 15°C durante breves períodos invernales, así como de 30°C en el mes de agosto (Jacovo 2011). De Lanza-Espino y Gómez-Rojas (2004) señalaron que en verano, el calentamiento de las aguas superficiales del Golfo alcanza su mayor

temperatura de 28 a 29°C de noroeste a sureste, mientras que en invierno disminuye hasta los 19 ó 20°C, ya que los vientos fríos provenientes del norte ponen resistencia a las aguas cálidas procedentes del sureste. Hoegh-Guldberg (2011) menciona que el rango de temperatura promedio para los arrecifes de coral es de 21 a 29.5°C, mientras que las temperaturas extremas tienen una mínima de 16 a 28.2°C y una máxima de 24.7 a 34.4°C. Los datos del presente trabajo muestran que la temperatura del agua está generalmente dentro del rango promedio, aunque este se vea superado en breves períodos durante la etapa más cálida del verano y la más fría del invierno. Asociado a lo anterior, en el análisis de las imágenes satélites del programa “Operational Coral Bleaching HotSpots” solo se encontraron 18 imágenes (de 115) con anomalías térmicas que correspondieron a la región zona costera de Veracruz y solo ocho de esas tuvieron 1°C o más (agosto-septiembre, 2011). Los arrecifes de coral son considerados como especialmente vulnerables a los cambios en la temperatura más allá de su umbral de tolerancia y un incremento de 1 a 3°C puede provocar el blanqueamiento dramático del coral (Grimdistch y Salm, 2005). Eventos extensos e intensos de blanqueamiento han sido reportados por todo el mundo desde El Niño de 1997-98, y algunos autores pronostican un incremento en este fenómeno y sus efectos sobre los arrecifes de coral (Spencer *et al.*, 2000).

Al igual que la temperatura, la distribución de la salinidad superficial está fuertemente relacionada con la Corriente del Lazo y los giros que se producen en el interior del Golfo de México. La salinidad en invierno es de 32 ups en la costa norte, debido a la época y a la influencia de los ríos y hasta 36 ups en el Banco de Campeche (De Lanza-Espino, 2001). El rango de la salinidad para los arrecifes de coral oscila en un mínimo de 23.3 a 40ppm y una máxima de 31.2 a 41.8ppm (Hoegh-Guldberg, 2011) y de acuerdo a los datos registrados para Oro Verde la salinidad se mantuvo en el rango con 38 ups ya que no hubo variaciones significativas entre los meses en la fase de campo. La distribución vertical de la temperatura y salinidad permiten identificar las masas de agua que se introducen

a la cuenca del Golfo, los giros anticiclónicos que se desprenden de la Corriente del Lazo y migran hacia el interior constituyen el mecanismo primordial mediante el cual ingresan, se dispersan y diluyen (Vidal *et al.*, 1990). En la costa norveracruzana pocos trabajos se han realizado que permitan tener un conocimiento detallado sobre las variaciones estacionales de la salinidad, necesarios al considerar los aportes de agua dulce procedentes de la descarga del río Tuxpan y aún de Boca de Corazones y Barra Galindo, especialmente durante la época de lluvias.

La visibilidad en el agua fue empleada como un indicador de la presencia de sólidos suspendidos en la columna del agua. La mayor visibilidad se observó en junio, julio y agosto, mientras que para marzo, mayo y noviembre se tuvo una visibilidad de 5 metros. Estas partículas afectan directamente al crecimiento de los corales. La turbidez implica descensos significados en los niveles de luz que llegan a los corales, interrumpe los procesos de fotosíntesis en las algas simbiotas y disminuye las tasas de calcificación (Gardner *et al.*, 2003). El aumento de turbidez de las aguas es producto de las descargas y depositación de sedimentos en la zona litoral y las descargas fluviales, disueltas y suspendidas se han incrementado debido a las actividades humanas en las cuencas hidrológicas, provocando severas avenidas o crecientes (runnoff). Los sólidos suspendidos incluyen sedimento y materia orgánica que aportan fundamentalmente nutrientes. Este fenómeno contribuye a la disminución de la cobertura coralina, de manera que el espacio libre puede ser colonizado rápidamente por otras especies oportunistas como las algas, que producen un cambio significativo en la estructura de la comunidad.

Los análisis determinaron que los nutrientes están en una concentración baja en los sedimentos. Los nutrientes se encuentran de forma natural en las aguas costeras y son requeridos por los organismos en el arrecife. Con el incremento de las actividades humanas en la zona costera, las descargas de los ríos de cualquier

afluente que curse por una población, área agrícola o desarrollo industrial, transporta contaminantes en mayor o menor grado y como consecuencia hay enriquecimiento en nutrientes (Goreau, 2003). Las altas concentraciones de nutrientes pueden causar cambios en la abundancia relativa de organismos tales como macro algas y bacterias (Rogers *et al.*, 2001), cuando los aportes de nutrientes se reducen, las algas tienden a reducir su cobertura en consecuencia. La cobertura algal varía con la profundidad, estaciones del año y las fluctuaciones naturales de los nutrientes; sin embargo, un cambio significativo en la cobertura de algas es frecuentemente un indicador de influencia antropogénica (Rodgers y Cox, 2003). García-Salgado *et al* (2006) señalaron que después de los corales, las algas forman el componente que más prevalece en la comunidad arrecifal, y en algunas localidades cubren más superficie que los corales mismos. El pH osciló de 8.2 a 8.8, teniendo una variación mínima entre los sitios de muestreo.

Determinar el número de especies de coral presentes en la región es un asunto que no ha concluido. La subprovincia del Caribe perteneciente a la Provincia Atlántica, contiene arrecifes bien desarrollados y tiene aproximadamente 70 especies de corales hermatípicos (Verón, 1995). El Golfo de México, una región dentro de la subprovincia del Caribe, tiene una diversidad relativamente baja de corales escleractíneos (Beltrán-Torres y Carricart-Ganivet, 1999), autores que reportaron 57 especies de coral para el Atlántico Mexicano. Se reportaron 35 especies para el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y 28 especies de corales para el SALT (Horta-Puga *et al.*, 2007), por lo que en Oro Verde solo presenta el 60.7 % de la riqueza específica, y el 47.5 % de especies reportadas para el Golfo, es decir, menos de la mitad de lo que se tiene reportado. Especies como *Scolymia lacera* y *Leptoseris cucullata* están presentes, al igual que en otros arrecifes de la región, pero no fueron considerados por Tunnell *et al* (2007). Chávez-Hidalgo (2009) compiló la presencia de 34 especies de corales pétreos para los arrecifes del SAV, señaló que la similitud entre la composición de especies de esta zona es mayor con respecto a los arrecifes del Caribe, que con respecto a los arrecifes del

SALT, y explica esta relación como resultado de una mayor estabilidad ante el efecto de los huracanes. Una buena alternativa es considerar que con una mayor intensidad de muestreo, el número de especies puede incrementarse aún para ambos sistemas, por lo que la relación entre el SALT y el SAV, y entre ellos y los arrecifes del Caribe sea mayor de lo que se ha estimado.

Sin embargo, para la localidad la riqueza específica de corales no es solo menor que la reportada para el SAV, sino también es menor a lo reportado para los arrecifes emergentes de la región. Takemura-Horita (2012) registró 22 especies para el arrecife Blanquilla, de las cuales la familia Favidae fue la más representativa con 7 especies, tuvo mayor riqueza; de estas, *P. porites* y *A. fragilis* no se registraron para Oro Verde. Para el arrecife Lobos se tiene registro de 25 especies (Malpica-Calles, 2000), aunque Dueñes-Meza (2010) observó solo 15 especies. La comparación entre los resultados de Malpica-Calles y Dueñes-Meza, para el arrecife Lobos atribuye a la técnica de muestreo, ya que este último empleó solo el videotransecto en un menor número de estaciones de muestreo. Para el grupo Tuxpan, el arrecife Tanhuijo Jacovo-Montiel (2011) reportó 20 especies, de cuales *P. Porites*. y los acropóridos estuvieron presentes para este arrecife. Antonio-Cruz (2009) registró una riqueza de 18 especies para el arrecife Enmedio, teniendo una especie menos, aunque no reporta *L.cucullata* y *M.decactis* como en el presente trabajo. La intensidad del muestreo ha permitido incrementar el número de especies en el arrecife Tuxpan, de 19 a 25 especies de coral (Martos, 1993; Aguilar y Zapata 2008), y es evidencia de la posibilidad que esta situación se de en otros arrecifes del Sistema. Horta-Puga *et al.*, (2007) señaló el hecho que algunas especies son poco frecuentes en el arrecife y no aparecen en cada inmersión. Tunnell, *et al*, (2007) señala “se descubrirían más especies mediante estudios taxonómicos futuros más extensos en los numerosos arrecifes de bancos sumergidos”. Sin embargo, también hay que considerar el efecto de factores ambientales que reduzcan la riqueza específica. El arrecife no emergente que presenta mayor riqueza es el arrecife Blake (Martos, 2010) con 22

especies, es el único que presenta acropóridos, siendo un indicador de las condiciones que prevalecen en el arrecife, ya que estas especies tienen preferencias por hábitats con aguas de elevada transparencia y oleaje de alta energía. Por otro lado, el arrecife Pantepec (González-Cobos, 2010) presentó solo 13 especies, por lo que puede considerarse que haya condiciones menos favorables para el desarrollo de los corales. Pantepec está ubicado a 9 km de la costa, siendo el arrecife mas cercano al río Tuxpan, exponiéndose a los sólidos suspendidos, a la materia orgánica y nutrientes, lo que limita la presencia de las especies menos resistentes a los sedimentos (Morelock y Koenig, 1967; Tunnell, 1992).

La ausencia de *A. palmata* y de *A. cervicornis* es explicada por la combinación de la profundidad y las variaciones en la turbidez del agua. Ambas especies están reportadas en el arrecife Blake a profundidad similar, pero en mejores condiciones de transparencia (Martos, 2010), mientras que en otros arrecifes como el Tuxpan y Lobos, esta especie solo es observada generalmente a menos de 6 metros de profundidad (Martos, 1993; Malpica-Calles, 2000; Chicatto, 2001; Aguilar y Zapata, 2008). Zlatarski y Martínez (1982) señalaron que en los arrecifes de Cuba (con aguas de elevada transparencia), esta especie rara vez se localiza a más de 10 m de profundidad. Estas especies tienen preferencia por hábitats con aguas de elevada transparencia especialmente en aguas someras, donde generan un complejo paisaje en áreas que sirven de refugio a numerosas especies aún después de muertas

La cobertura por corales en Oro Verde fue de un 17.8% en promedio, y tuvo valores entre el 4.33% y hasta el 31.67%. Los tres sitios de mayor cobertura para este arrecife fueron localizados en los sitios entre 11 y 12 metros de profundidad, aunque debido a la variación no hay correlación entre cobertura de corales y la profundidad. La cobertura coralina es un indicador con diferencias importantes en los arrecifes de la región. Para el arrecife Blanquilla (Takemura-Horita, 2010) tuvo

un promedio de cobertura coralina de 35.5%, mientras que Dueñes-Meza (2010) reportó 21.9% de cobertura coralina para el arrecife Lobos. Jacovo-Montiel (2011) reportó solo el 15% de cobertura para Tanhuijo, mientras que Aguilar y Zapata (2008) reportaron una cobertura promedio del 42% para el arrecife Tuxpan, similar a los registros hechos por Martos (1993). Una menor cobertura coralina promedio se registra para los arrecifes no emergentes; en el arrecife Blake (Martos, 2010) tuvo una cobertura coralina promedio del 18.2%, y presentó valores desde 7% al 38% de corales vivos. Otro arrecife no emergente, el Pantepec (González-Cobos, 2010) tuvo el 19% de cobertura coralina promedio. Debido a su capacidad constructora, los corales son la base estructural de un arrecife, por lo que la cobertura de los corales es generalmente usado como un indicador del estado de salud de un arrecife, considerando que una elevada cobertura coralina significa que el arrecife está en desarrollo y una baja cobertura de corales muestra a un arrecife en dificultades (Almada-Villela *et al.*, 2003). En ese contexto, las áreas someras de los arrecifes emergentes estarían en mejores condiciones que las áreas a mayor profundidad, incluyendo en esto a los arrecifes no emergentes, siendo los factores abióticos tales como la penetración de la luz y la profundidad los determinantes de las características. Otra hipótesis señala la posibilidad de al menos dos estados estables para los arrecifes de coral, uno dominado por los corales y el otro por las macroalgas (Knowlton y Jackson 2001), los cuales pueden ocurrir en un sitio durante momentos específicos. Con esto, el estadio dominado por macroalgas no es un evento o estado de deterioro, sino la respuesta del ecosistema a perturbaciones de diferentes escalas, temporales o espaciales, y por ende, parte de un proceso con múltiples opciones.

La cobertura del fondo por las diferentes especies de coral está indicado por la cobertura relativa por especies. En el área de estudio, la cobertura coralina está compuesta principalmente por *Montastraea cavernosa* (37.05%) y *Siderastrea siderea* (28.57%), en los restantes arrecifes de la región resulta la composición coralina del fondo resulta muy variable. Para las zonas someras de arrecifes

emergentes, *D. clivosa* con el 22.59% y *M. cavernosa* con 16.14%, fueron las especies con mayor cobertura en Tanhuijo (Jacovo-Montiel, 2011); en el arrecife Blanquilla (Takemura-Horita, 2012) fueron *M. cavernosa* con el 19.92% y *Diploria clivosa* (19.12%). En el caso de arrecifes no emergentes, para el Pantepec, González Cobos (2010) reportó a *S. siderea* con 31% y *C. natans* con 24% de cobertura, mientras que para el Blake son *C. natans* y *P. astreoides*.

La abundancia de las especies de coral muestra que la comunidad de corales pétreos está dominada por los corales *Montastraea cavernosa* y *Siderastrea siderea* ya que presentaron el 100% en los sitios de muestreo y tuvieron una mayor distribución batimétrica. Esta situación contrasta con el arrecife Blake (Martos, 2010) donde *C. natans* y *P. astreoides*, o el arrecife Pantepec (González-Cobos, 2010) donde *S. siderea* y *C. natans* son más importantes.

El coral masivo *Montastraea cavernosa* fue la especie con mayor número de colonias en el área de estudio, con 216 colonias de coral, seguida de *Siderastrea siderea* con 182 colonias. Situación similar ocurre en los arrecifes emergentes del SALT (Martos, 1993; Takemura-Horita, 2012 y Antonio-Cruz, 2009). Horta-Puga (2003) señala que *Montastraea cavernosa* y *Colpophyllia natans* son las especies más sobresalientes en algunos arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano (Galleguilla, Isla Sacrificios e Isla Verde). Para el sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, Takemura-Horita (2012) menciona que *C. natans* fue la especie más abundante para el arrecife Banquilla con 324 colonias y *M. cavernosa* con 279 colonias, mientras que Malpica-Calles (2000) reportó a *Diploria clivosa* como la especie más abundante con 105 colonias y con una amplia distribución en los sitios de muestreo en Isla Lobos. Dueñes-Meza (2010) concuerda con Malpica-Calles que el coral *D. clivosa* fue más abundante en el mismo arrecife. Jacovo-Montiel (2011) señaló que *C. natans* fue la especie más abundante con 204 colonias para el arrecife Tanhuijo seguida de *D. strigosa*, mientras que Martos (1993) y Antonio-Cruz (2009) registraron a *Montastraea cavernosa* y *M. annularis* como las

especies más abundantes en el arrecife Tuxpan, situación similar que el arrecife Oro Verde.

Cabe resaltar que además de *M. cavernosa* y *S. siderea* también *C. natans*, *M. alcornis* y *P. astreoides* fueron las especies con más amplia distribución en los diez sitios de muestreo del arrecife, aunque estas últimas, con un número menor de colonias por sitio. *Mussa angulosa* como *Scolymia lacera* especies que no fueron muy abundantes en el arrecife, así mismo tuvieron una distribución más reducida, encontrándose solo en uno o dos sitios de muestreo. Las características que presentan estas especies, es que son sensibles a las alteraciones ambientales y generalmente son especies asociadas a arrecifes con optimas condiciones ambientales. La distribución de las diferentes especies de corales está básicamente determinada por la profundidad, luz, salinidad y tipo de sustrato (Reyes, 2000) además a su adaptación a los cambios ambientales. Horta-Puga y Carriquiry (2008) mencionan que *M. cavernosa* es una especie coralina dominante en ambientes arrecifales turbios por su gran capacidad para manejar sedimentos que caen sobre ella, de tal manera que su éxito ecológico puede depender de su habilidad para dedicar sus recursos energéticos a rechazar los sedimentos y no a otros procesos fisiológicos tales como el crecimiento, esta característica explicaría la abundancia y su distribución de *M. cavernosa* para Oro Verde y de hecho, en los arrecifes veracruzanos en general. *Siderastrea siderea* que fue la segunda especie mas abundante en los sitios de muestreo, pertenece a un género que presenta especies bisexuales vivíparas con estrategias reproductivas que producen altos reclutamientos aún en ambientes perturbados (Sorokin, 1995). En los arrecifes emergentes del SALT, la mayor iluminación en las aguas someras favorece al crecimiento de los corales masivos tales como *M. annularis*, *M. faveolata* y *C. natans*, los cuales pueden cubrir hasta más del 90% del fondo en puntos específicos (Martos 1993, Takemura 2012). Por otro lado, la columna del agua sirve de filtro a la penetración de la luz, de tal manera que las colonias de

coral crecen de manera más lenta, que en las áreas más profundas de los arrecifes emergentes y en los arrecifes no emergentes

Aunque *C. natans*, *M. alcicornis*, y *P. astreoides* no fueron abundantes en los sitios de muestreo, tuvieron una amplia distribución observándolos en todas las estaciones. El coral *P. astreoides* ha sido señalado como especie sensible a la contaminación orgánica pero resistentes a la turbulencia y a la sedimentación y con capacidad de soportar con mayor éxito la acción de marejadas y tempestades (González-Díaz *et al.*, 2008), razones por las cuales tiende a colonizar sitios con una amplio rango de condiciones.

Entre los hidrocorales millepóridos, sólo *Millepora alcicornis* se localiza a lo largo del sur del Golfo, mientras que *M. complanata* y *M. squarrosa* se encuentran únicamente en los arrecifes del Banco de Campeche (Horta-Puga *et al.*, 2007). *M. alcicornis* fue el único hidrocoral que se localizó en el área de estudio, su adaptación morfológica a altas tasas de resuspensión de sedimentos, permitió ser vista en todas las inmersiones

Cabe resaltar que se registró una sola especie de coral blando a 11 metros de profundidad. Jordán-Dahlgren (2002) señaló que en el suroeste del Golfo es evidente una tendencia de disminución de la diversidad de gorgonáceos hacia el norte, a lo largo de las costas del estado de Veracruz. En los arrecifes más meridionales cercanos a Antón Lizardo se han encontrado 15 especies; en Tuxpan, 9 especies y en el Arrecife Isla de Lobos, 5 especies. El autor menciona que los factores tales como ubicación geográfica, la morfología del arrecife, la idoneidad del hábitat, efectos de las tormentas, o los impactos antropogénicos no pueden explicar la riqueza como la abundancia sino observar principalmente las limitaciones en la conectividad ecológica en la mesoescala, variable afectada por el océano y la costa dinámica actual, así como por los efectos continentales como locales.

Una característica de los arrecifes sumergidos, es una elevada densidad poblacional entre los organismos que controlan el sustrato arrecifal. Jordán (1987) señala que la cobertura de corales escleractíneos es relativamente baja en los arrecifes profundos, pudiéndose apreciar que algas y esponjas juegan un papel muy importante en todos los casos, en contraste, Oro Verde presenta una baja cobertura de esponjas cubriendo menos del 1% mientras que algas obtuvieron el 13%, el mayor espacio es ocupado por el sustrato expuesto (roca, roca coralina, coral muerto cubierto de algas filamentosas, pedacera de coral, cascajo, y arena) con un 68.2% dentro del área de estudio. La conservación de los arrecifes coralinos es muy variable, pues cada estado presenta una problemática particular en sus sistemas. Los arrecifes del estado de Veracruz registran presión antrópica y natural

Los espacios no ocupados por corales en el arrecife, normalmente están dominados por algas calcáreas como arbustivas: *Halimeda spp*, *Dictyota spp*, *Galaxaura spp*, *Padina spp*, también se observaron antipatarios y corales blandos. Es importante mencionar que durante los trabajos posteriores a los muestreos se observó que la cobertura de las algas tiene cambios con la temporada, con un alto crecimiento. Cabe resaltar que se registró la presencia de la especie invasora *Asparagopsis taxiformis*, alga roja que forma auténticas alfombras algales. Esta especie es nativa del indopacífico, y ya se incluye en la lista de las peores especies exóticas invasoras de Europa y del Mediterráneo (Altamirano, 2008). Se ha dispersado rápidamente, encontrándose en varias áreas protegidas, donde la especie forma poblaciones reproductivas densas bien establecidas. *A. taxiformis* libera una cantidad de compuestos bioactivos durante su ciclo de crecimiento. Sus productos químicos pueden inhibir tanto el crecimiento de otras algas e invertebrados como los corales, al igual que disminuir o detener el desarrollo larval de los bivalvos.

El diámetro máximo promedio de las colonias de coral fue 42.35 cm, mientras que para el diámetro mínimo fue de 23.50 cm y 8.35 cm para altura. Contrasta con Antonio-Cruz (2009) donde las tallas de las colonias en el arrecife Enmedio oscilaron de 45.4 a 47 cm para diámetro máximo, 41-46.1 para diámetro mínimo y 27-35 cm para altura. Mientras que para el arrecife Tanhuijo (Jacovo-Montiel, 2011) el diámetro promedio de las colonias de coral osciló entre 48.19 cm y 44.98 cm. Por las dimensiones que presentaron las colonias de coral en el arrecife Oro Verde, se puede atribuir que son colonias pequeñas. Esto puede deberse a una disminución del crecimiento en condiciones de poca iluminación debido a la profundidad, asociada a la turbidez y sedimentación. La competencia de las algas, puede ocasionar la disminución del crecimiento de las colonias puesto que son más susceptibles a los efectos de la competencia con organismos bentónicos (Glynn, 1990) además, la abundancia de las algas ocasiona que las colonias sean más vulnerables a la bioerosión ocasionada por peces y a la consecuente remoción por efecto del oleaje. En la categoría de 0-40cm se encuentra el mayor número de tallas menores de colonias de coral. Miller *et al* (2000) señala que los procesos que regulan la estructura de tallas de las colonias son el reclutamiento y la sobrevivencia de las colonias juveniles. El análisis de la estructura de tallas de las colonias es importante puesto que permite entender eventos pasados de los sistemas arrecifales, tales como periodos recientes de mortalidad o de reclutamiento. Las tallas pueden tener cierto poder predictivo con respecto al desarrollo de las comunidades arrecifales. Stanley y Gutzwiller (1994) señalaron que el tamaño que alcance una colonia está relacionado con sus adaptaciones y el éxito que tenga para sobrevivir en un lugar determinado y a los diferentes disturbios. La habilidad de cada organismo para crecer depende en parte de los recursos disponibles del lugar en el que se encuentre.

Los datos sobre el estado de las colonias son importantes para determinar el efecto del ambiente sobre el desarrollo coralino. Por ejemplo, Aguilar y Zapata (2008) reportaron un promedio de colonias enfermas de 0.5% para el año 2000,

mientras que para el año 2004 aumento hasta llegar a 2.9% y para el 2007 no se reportó ninguna colonia enferma. Oro Verde presento el 34.1% de colonias con signo con daño. El arrecife Blanquilla (Takemura-Horita, 2012) en barlovento presentó el mayor porcentaje con colonias con signos de daño, mientras que para Tanhuijo, Jacovo Montiel (2011) reportó un 23.10% de colonias afectadas por mortalidad parcial y señaló que hubo un evento esporádico de blanqueamiento total que afectó a diez colonias de *Acropora palmata*. En el arrecife Enmedio (Antonio-Cruz, 2009) solo reportó, 5 colonias blanqueadas. En el arrecife donde no se registraron colonias con blanqueamiento fue en el arrecife Blake (Martos, 2010). Gonzalez-Gandara (2008) dio a conocer un evento de blanqueamiento masivo en los arrecifes Enmedio y Tanhuijo. Señaló que las especies de corales responden de manera diferente a los cambios ambientales y que el fenómeno de blanqueamiento es más evidente en zonas de baja profundidad.

La variación en el estado de las colonias en los arrecifes es el resultado de varios factores, de los que se destacan el efecto mecánico del oleaje, la sedimentación y el desarrollo algal. Cuando la pesca no es limitada, implica el crecimiento de algas, ocasionando la competencia y mortalidad de corales. Una variedad de tensiones, tanto naturales como de origen humano los corales se blanquean, padecimiento en el cual las algas simbiotas que viven en los tejidos coralinos son expulsadas, lo cual puede causar el debilitamiento o muerte de los corales (Fitt *et al.*, 2000). El estrés térmico es visto como la causa principal de la decoloración de los corales. Otras factores ambientales que causan la decoloración incluyen generalmente a las temperaturas marinas inusualmente altas y su duración a la exposición, niveles altos de luz ultravioleta, bajas condiciones de luz, alta turbidez y sedimentación, salinidad anormal, enfermedades y contaminación (Westmacott, *et al.*, 2000; Lesser, 2011). La temperatura del mar y la acidez pueden reducir el crecimiento de los corales, algunas comunidades de arrecifes pueden tener dificultades para mantenerse hasta los cambios más mínimos en el nivel del mar. Otros factores como la desintegración de los glaciales contribuirán a agravar este problema

provocando a secciones mas profundas de arrecifes a experimentar bajos niveles de luz. Los cambios en los patrones de sequias y las tormentas tienden a interactuar e influir en los arrecifes, las sequias excesivas conlleva a la desestabilización de los sedimentos y junto con eventos de lluvias esporádicas e intensas, es posible que el flujo de sedimentos y nutrientes de las cuencas puede aumentar bruscamente, situación que limita el desarrollo de los arrecifes de coral (Hoegh-Guldberg, 2011). La alteración del estado de los arrecifes, los organismos pueden responder a cambios en varios aspectos fundamentales, uno de ellos, a que su funcionamiento sea más óptimo bajo condiciones nuevas (aclimatación) o por el cambio genético a través de la selección natural de tal manera que la población este representada con el tiempo por individuos genéticamente tolerantes.

Las estrategias para proteger a los arrecifes coralinos ha sido decretar y seguir decretando Áreas Naturales Protegidas que promueven su conservación y uso sustentable, mediante reglamentos y gestiones a nivel nacional e internacional por parte de diferentes organizaciones. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas resguarda los arrecifes de coral para asegurar el equilibrio y la continuidad de sus procesos ecológicos, salvaguardar la diversidad genética de las especies existentes, asegurar el aprovechamiento racional de los recursos, y proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio del ecosistema. Por ello es indispensable que los arrecifes no emergentes, Blake, Pantepec y ahora Oro Verde que no fueron incluidos dentro de la poligonal del Área Natural Protegida, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan porque eran desconocidos cuando se realizó el estudio justificativo (UV, 2003) sean incluidos en el área de protección. Si bien, los arrecifes son ecosistemas que sirven de refugio a numerosas especies, como fuente de alimento, amortigua el impacto de las olas a las costas protegiendo los estragos de las tormentas, así mismo son fuente de medicamentos en la industria farmacéutica y como apoyo económico, el turismo. El incremento del número de arrecifes es un hallazgo importante para la

región ya que indica mayor riqueza de arrecifes para el estado como para el país en consecuencia con un mayor esfuerzo de investigaciones la posibilidad de mayor riqueza en los grupos de especies (corales, peces, esponjas, equinodermos, cangrejos, etc.) así mismo se amplía el conocimiento acerca de la composición, estructura y funcionamiento como parte de una estrategia de manejo para los arrecifes de coral.

IX. CONCLUSIONES

Se tiene registro de 8 arrecifes tipo plataforma, 6 emergentes y 2 no emergentes en el norte del estado de Veracruz; con el presente trabajo aumenta a 9 arrecifes para la región.

El arrecife Oro Verde es una estructura tipo plataforma no emergente de origen coralino con un rango de profundidad de 10 a 21 metros. La meseta alcanza una profundidad entre los 10 y los 11m. Tiene una longitud de 1.9 km por un ancho aproximado de 0.78 km. Con una superficie de 1.1 km².

Las condiciones ambientales del arrecife Oro Verde, fueron de 20°C a 29°C para temperatura, visibilidad (5-10m) y la salinidad se mantuvo en 38‰. Se registró una concentración baja de nutrientes, nitrógeno (7.5ppm) y fósforo (18.25ppm).

Se registraron 19 especies de corales pétreos pertenecientes a 9 familias. La familia Favidae fue la más representativa.

La cobertura coralina fue del 17.8% similar a los arrecifes Blake y Pantepec. La comunidad de corales está dominada por *Montastraea cavernosa*, *Siderastrea siderea* y *Colpophyllia natans*. Se destaca la ausencia de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*.

Los indicadores morfométricos muestran que la comunidad de corales pétreos está dominada por colonias pequeñas, y con baja contribución de colonias de mayor edad. Se registró un 43.1% de colonias con signos de daño y 16 colonias con blanqueamiento. El ambiente arrecifal presenta condiciones severas para el desarrollo de los corales.

X. APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TRABAJO

Incremento en el número de arrecifes de la región: Con los aportes del presente trabajo se incrementa el conocimiento del número de arrecifes en la región, de los seis arrecifes reportados por Tunnell *et al* (2007), a ocho de acuerdo a Martos (2007, 2010) y ahora con el presente trabajo a nueve. Por ende, sube también la superficie ocupada por las comunidades arrecifales en la región, si bien no ha sido determinada objetivamente.

Actualización de cartas de navegación: Las cartas de navegación incluyen los arrecifes superficiales que constituyen un riesgo para las embarcaciones. Si bien el arrecife Oro Verde tiene su sección más elevada a 10 m de profundidad, aún así es posible que embarcaciones de gran calado lleguen a impactarlo, provocando daños al ecosistema y a la embarcación. Por tal motivo, se plantea que los arrecifes no emergentes se representen oficialmente en las cartas para evitar encallamientos y/o varados de las embarcaciones, especialmente debido a que por la profundidad que tienen, no es razonable colocar una baliza para su señalamiento. Así mismo, se debe señalar como área prohibida para el anclaje a embarcaciones mayores en los bancos sumergidos.

Modificación del Área Natural Protegida: El Área de Protección de Flora y Fauna, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan incluye un total de 30,571-15-03.44 ha, integrada por dos polígonos: el polígono Lobos, que incluye los arrecifes, Medio, Blanquilla e isla Lobos y el polígono Tuxpan, que incluye a los arrecifes Tuxpan, Enmedio y Tanhuijo. Durante los trabajos de revisión del reglamento del ANP se logró reconocer la inclusión del arrecife de tipo no emergente Pantepec, que fue localizado en 2005 y descrito en 2010 (Martos 2007; González-Cobos 2010), pero que afortunadamente se localiza dentro del polígono Tuxpan del ANP. Sin embargo, el Arrecife Oro Verde se encuentra a 5 km al norte del Área Natural Protegida. Dada su naturaleza coralina, sus dimensiones y características

ecológicas, Oro Verde es un área que merece ser conservada, por consiguiente, es importante considerar la modificación del decreto para incluirlo (Figura 44). De esta manera se podría asegurar la conservación del ecosistema arrecifal, asegurando su equilibrio y continuidad de sus procesos ecológicos.

El desconocimiento de las riquezas naturales de la región y de su estado de conservación, solo puede contribuir a la pérdida de sus beneficios y servicios ambientales, y aunque el conocimiento de los recursos no garantiza su permanencia es el primer paso para asegurarlo. Para ello se propone realizar pláticas ambientales a la sociedad local y regional para dar a conocer los arrecifes no emergentes de la región, así mismo, involucrar a la comunidad para la concientización racional y sostenible con los recursos con la que cuenta. Dar a conocerlos a través de televisoras de los hallazgos de estos arrecifes coralinos. Con ello, el manejo sustentable permitirá integrar la conservación de la riqueza natural con el bienestar social y el desarrollo económico. El incremento de estructuras arrecifales para el Norte del Estado, implica mayor potencial biológico, científico, económico, educativo, histórico, turístico y cultural.

Con la nueva y pronta autopista ciudad de México-Tuxpan, implicará mayor número de visitas a playas tuxpeñas así como buceos a los arrecifes de coral. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas junto con el municipio necesitaran responder a las necesidades que se avecinan, implementando actividades para salvaguardar el ecosistema marino, evitando daños y saqueos del mismo.

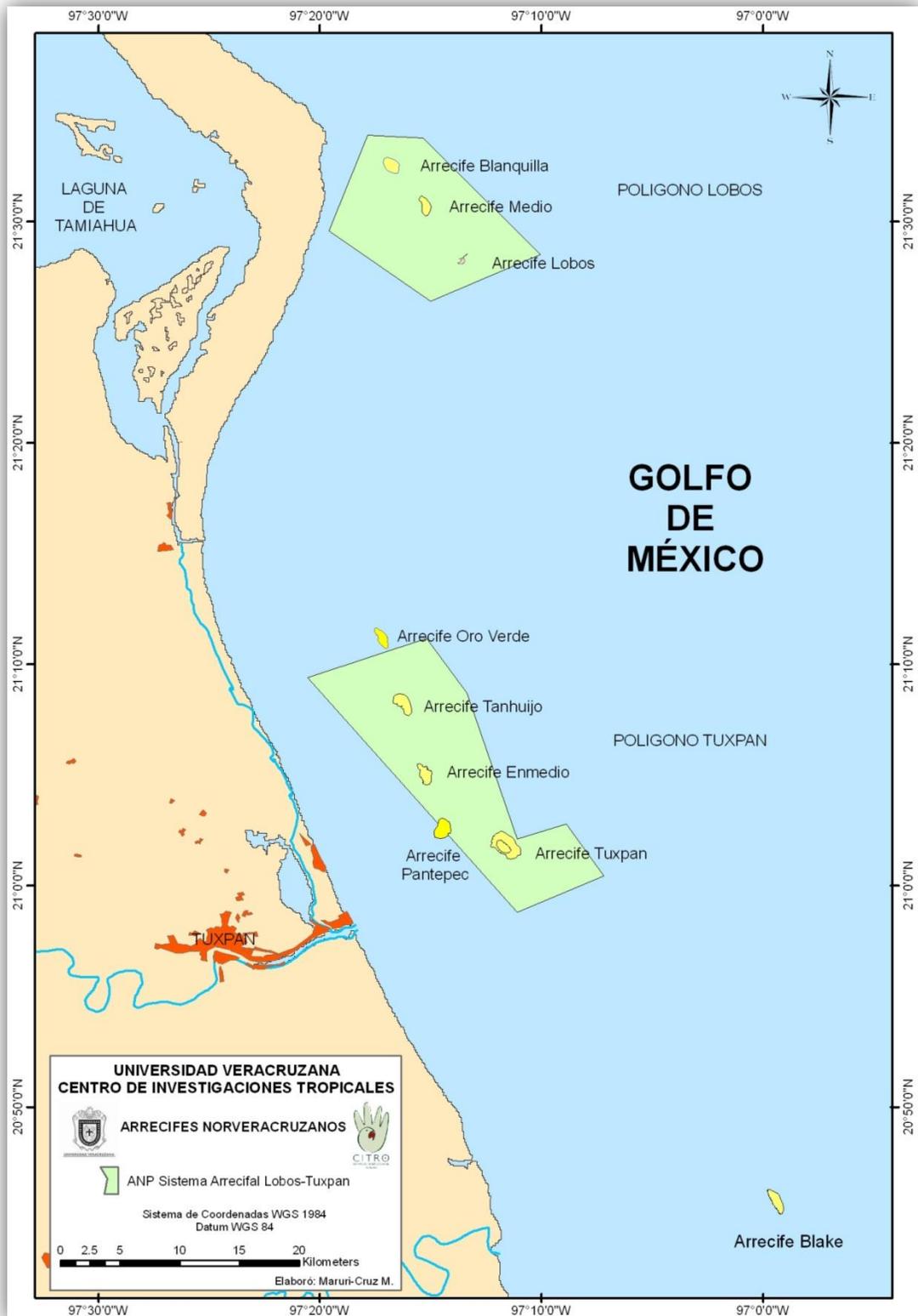


Figura 44.- Arrecifes Norveracuzanos, Tuxpan, Veracruz.

XI. BIBLIOGRAFIA

Aguilar-Pérez, F. y Zapata-Zavala, L. F. . 2008. Monitoreo de la salud de los constructores primarios en el Arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Almada-Villela, P. C., Sale, P. F., Gold-Bouchot, G. y Kjerfve, B. 2003. Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del SAM “Métodos seleccionados para el monitoreo de parámetros físicos y biológicos para utilizarse en la región mesoamericana”. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. 149 pp.

Altamarino, M., Muñoz, A. R., De la Rosa, J., Barraón-Mínguez, A., Barraón-Domenech, A., Moreno-Robledo, C., y Arroyo, C. 2008. The invasive species *Asparagopsis taxiformis* (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) on Andalusian coasts (Southern Spain): Reproductive stages, new records and invaded communities. Acta Bot. Malac. 33:5-152. (ABM, Ca, Gr, Ma, Al, Rhodophyceae, Anat, Flora).

Antonio-Cruz A. 2009. Evaluación del estado de condición de la comunidad coralina del Arrecife Enmedio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Arguelles-Jiménez, J. 2008. Variación Espacial de las Asociaciones de Peces del Arrecife Tuxpan, Ver. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Barón, M. B. I. 2007. Estudio de los Equinodermos Asociados a la planicie del Arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Beltrán-Torres, A. U. y Carricart-Ganivet, J. P. 1999. Lista revisada y clave para los corales pétreos zooxantelados (Hydrozoa: Millepora; Anthozoa: Scleractinea) del Atlántico Mexicano. Revista de Biología Tropical. 47(4):813-829.

Carricart-Ganivet, J. P. y G. Horta-Puga. 1993. Arrecifes de coral en México. *En*: S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México.

Caso, M., Pisanty, I. y Ezcurra E. 2004. Diagnostico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de ecología, A. C. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. 626 pp.

Chamberlain C. K. 1966. "Some octocorallia of Isla Lobos, Veracruz, Mexico". Geology Studies. Brigham Young University. 13:47-54

Chávez-Hidalgo A. 2009. Conectividad de los Arrecifes Coralinos del Golfo de México y Caribe Mexicano. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional.

Chicatto-Lucho, M. A. 2001. Comparación de la Estructura Comunitaria de los Corales Pétreos en Cuatro Sectores del Arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México. 36p.

Cruz-Arellano, M. 2005. Contribución al conocimiento de las macroalgas del arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Cruz-Ferrer, M. I. 2010. Esponjas marinas del Arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

De Lanza-Espino, G. 2001. *Características físicas y químicas de los mares de México*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México y Plaza-Valdez México, D.F. 149 pp.

De Lanza-Espino G. y Gómez-Rojas, J. C. 2004. Características Físicas y Químicas del Golfo De México. 103-132 p. *En*: Caso, M. I. Pisanty y E. Ezcurra. 2004. Diagnostico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Ecología, A. C. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies.

D.O.F. 05 Junio 2009. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, la región conocida como Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, localizada frente a las costas de los municipios de Tamiahua y Tuxpan, en el Estado de Veracruz. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera Sección.

Dueñes-Meza, E. I. 2010. Cobertura de grupos morfofuncionales en el Arrecife Lobos, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Escobar-Briones, E. 2004. Estado del conocimiento de las comunidades bentónicas en el Golfo de México" In: Diagnostico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. Instituto de Ecología, A. C. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. 1:201-246.

Fitt, W. K., McFarland, F. K., Warner, M. E. y Chilcoat, G. C. 2000. Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching. *Limnology and Oceanography* 45(3):677–685.

García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2da Edición. Instituto de Geografía. UNAM. 146 pp.

García-Salgado M., Camarena, T. L., Gold, G. B., Vásquez, M., Galland, G., Nava, G. M., Alarcón, G. D. y Ceja, V. M. 2006. Proyecto para la conservación y uso sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Belice-Guatemala-Honduras-México. Línea Base del Estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Documento Técnico del SAM 18:1-200.

Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A., y Watkinson, A. R. 2003. Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science* 301,958-961

Garza y Hernández, A. 1969. Contribución al conocimiento de la vegetación algológica de los arrecifes de Tuxpan, Enmedio, Tanhuijo del estado de Veracruz. Tesis de licenciatura, Univ. Aut. Nuevo Leon.

Glynn, P. W. 1990. Feeding ecology of selected coral-reef macroconsumers: patterns and effects on coral community structure. En: *Ecosystems of the world*. (Ed Dubinsky). Amsterdam. Elsevier. 365-400.

Goreau, T. F. y Land, L. S. 1974. Fore-reef morphology and depositional processes, north Jamaica. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Miner.*, Tulsa, 18:77-89.

González-Cobos, J. M. 2010. Localización y caracterización de los arrecifes no emergentes en la costa de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

González-Díaz, S. P., González-Sansón, G., Piloto Cubero, Y., Cabrales Y. y Álvarez-Fernández, S. 2008. Estructura de las poblaciones de *Acropora Palmata*, *Porites Astreoides* y *Agaricia Agaricites* Forma *Masiva* (cnidaria; scleractinia) en el arrecife de playa Baracoa, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 29(3):213-223.

González-Gándara, C. 1996. Asociación de Peces del Arrecife Tuxpan, Veracruz, México y su comparación con un Arrecife Cubano. Tesis de Maestría. Universidad de la Habana, La Habana Cuba.

González-Gándara, C. y González-Sansón, G. 1997. Composición y Abundancia de la Ictiofauna del Arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista de Investigaciones Marinas*, 18(3):249-259.

- González-Gándara, C. 2003a. Peces asociados a *Thalassia testudinum* en el Arrecife Lobos, Veracruz, México. Bio Tam Nueva Serie, Vol. 14(3):63-72.
- González-Gándara, C. 2003b. Ictiofauna de los Arrecifes Coralinos del Norte de Veracruz. An. Inst. Biol. Univ. Auton. Mex. Ser. Zool. 74(2):163-177.
- González-Gándara, C., S. C. Trinidad-Martínez y V. M. Chávez-Morales. 2005. Peces ligados a *Thalassia testudinum* en el Arrecife Lobos, Veracruz, México: diversidad y abundancia. Rev. Biol. Trop. 54(1):189-194.
- González-Gándara, C., Cruz-Arellano, M., Domínguez-Barradas, C., Serrano-Solís, A. y Basañez-Muñoz, A. J. 2007. Macroalgas Asociadas a cuatro habitats del Arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Rev. Cient. UDO Agrícola. 7(1).
- González-Gándara, C., 2008. Blanqueamiento en arrecifes coralinos de Tuxpan, Veracruz. 21(2):11-12
- González-Gándara, C., Patiño-García, A., Asís-Anastasio, U., Serrano-Solís, A., y Gómez, P. 2009. Lista de esponjas asociadas al arrecife Tuxpan, Veracruz, México. Revista Mexicana de biodiversidad 80:1-5.
- Grimsditch, G. D. y Salm, R. V. 2005. Coral Reef Resilience and Resistance to Bleaching. IUCN, Gland, Switzerland
- Guadarrama, G. M. R. 1973. Distribución de las Especies del Genero *Caecum* en el Arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional.
- Horta-Puga. 2003. Condition of Selected Reef Sites in the Veracruz Reef System (stony corals and algae). INVEMAR. Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. Atoll Research Bulletin 496. 360-369
- Horta-Puga, G., Vargas-Hernández, J. M. y Carricart-Ganivet, J. P. 2007. "Reef corals" En: Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico. J.W. Tunnell Jr., E. A. Chavez y K. Withers (eds.) Harte Institute y Universidad Texas & A.M. 8:96–101.
- Horta-Puga G. y Carriquiry, J. D. 2008. Crecimiento del coral hermatipico *Mostastraea cavernosa* en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Ciencias Marinas. Universidad Autonoma de baja California. 34 (1):107-112.
- Hoegh-Guldberg, O. 2011. The Impact of Climate Change on Coral Reef Ecosystems. 391-403. En: Dubinsky Z. y N. Stambler. 2011. *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*. Springer Science+Business Media B.V.

Huerta, M. L. y Garza, A. 1965. "Algas marinas de la Barra de Tuxpam y de los arrecifes Blanquilla y Lobos". An. Esc.Nac. Cienc. Bio. México 13 (1-4):5-21.

Jacovo-Montiel Y. A. 2011. Corales pétreos del Arrecife Tanhuijo, Tuxpan, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Jordan-Dalghren, E. 1987. Arrecifes Profundos en la Isla de Cozumel, México. Anal. Inst. Cienc. Mar y Limnol., UNAM. 15:195-208

Jordán-Dahlgren, E. 2002. Gorgonian distribution patterns in coral reef environments of the Gulf of Mexico: Evidence of sporadic ecological connectivity. *Coral Reefs* 21:205-15

Jordán, E. 2004. "Arrecifes coralinos del Golfo de México: Caracterización y Diagnóstico" En: Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (eds.), Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Ecología, A. C. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. 1:555-572

Jordán, E. y Rodríguez, R. E. 2003. The Atlantic coral reefs of Mexico. ICML. Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Latin American Coral Reefs. 28 pp.

Knowlton, N. y Jackson, J. B. C. 2001. The ecology of coral reefs. En Marine Community Ecology (M. D. Bertness, S. Gaines y M. E. Hay, eds.). Sinauer, Sunderland, MA. 15:395-422.

Lesser M. P. 2011. Coral Bleaching: Causes and Mechanisms. 405-419. En: Dubinsky Z. y N. Stambler. 2011. *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*. Springer Science+Business Media B.V.

Malpica-Calles, A. 2000. Distribución de los Constructores Primarios en el Arrecife Lobos, Ver. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Moberg, F., y Folke, C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics*. 29:215–233.

Moore, D. R. 1958. Notes on Blanquilla Reef, the most northerly coral formation in the Western Gulf of Mexico. Publications of the Institute of Marine Science (University of Texas) 5:1 51-55.

Morelock, J. y Koenig, J. 1967. Terrigenous sedimentation in a shallow water coral reef environment. *J. Sedim. Petrol.* 37:1001-1005.

Martos, F. J. 1993. Estudio sobre los Corales Escleractineos Hermatipicos (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) del Arrecife Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Martos, F. J. 2007. "UV al rescate de los arrecifes de coral del estado de Veracruz" Gaceta. Universidad Veracruzana. 101:57-59.

Martos, F. J. 2010. Evaluación de la salud de los corales del arrecife Blake, Cazonas, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.

Maruri-Cruz. M. 2009. "Evaluación del estado poblacional de *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) en el arrecife Enmedio, Tuxpan, Veracruz" Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Mateo-Martínez F. 2008. Estudio Comparativo de Esponjas Marinas en Tres arrecifes del Norte de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Miller, M W., Well, E., Szmant, A. M. 2000. Coral recruitment and juvenile mortality as structuring factors for reef benthic communities in Biscayne National Park, USA. *Coral Reefs*. 19:115-123.

Muñoz-Bautista, A. N. 2010. Estructura de la comunidad de peces del Arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Ohlhorst, S. L., Liddell, W. D., Taylor, R. J. y Taylor, J. M. 1988. "Evaluation of reef census techniques," *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium* 2:319-324.

Pandolfi, J. M. 2011. The Paleoecology of Coral Reefs. 13-24. *En: Dubinsky Z. y N. Stambler. 2011. Coral Reefs: An Ecosystem in Transition. Springer Science+Business Media B.V.*

Reyes, J. 2000. Lista de los corales (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia) de Colombia. *Biota colombiana* 1(2):164-176.

Reyes-Osorio, B. E. 2009. Evaluación de la comunidad de peces del Arrecife Enmedio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Rodgers, K. S. y Cox, E. F. 2003. The effect of trampling on Hawaiian corals along a gradient of human use. *Biological Conservation* 112. 383-389.

Rogers C. S., Garrison, G., Grober, R., Hillis, Z. M. y Franke, M. A. 2001. Manual para el Monitoreo de Arrecifes de Coral en el Caribe y el Atlantico Occidental. Parque Nacional de las Islas Viergenes. 123 pp.

Rojas, F. E. 2000. Presencia de Langosta en el Arrecife Tuxpan. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Rosas-Sanchez, J. L. 2008. Contribución al conocimiento de los peces del arrecife Tanhuijo, Veracruz. Tesina de licenciatura de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Rygby, J. K. y McIntire, W. G. 1966. The Isla Lobos and associated reefs, Veracruz, México. Geology Studies. Brigham Young University. 13:3-46.

Sevilla-Hernández, M. L., Hidalgo, E. y Bolívar de Carranza, A. 1983. Distribución de algunos Moluscos de la Superfamilia Rissoacea (Clase Gastropoda) en sedimentos del Arrecife Isla Lobos, Veracruz, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Mex. 27:39-53.

Sevilla-Hernández, M. L. 1998. Datos acerca de los Micromoluscos del Arrecife Isla Lobos, Veracruz, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 44:45-56.

Sorokin, Y. I. 1995. Coral reef ecology. Ecological Studies. Vol 102 Springer Verlag, Berlin, 465 pp.

Spencer, T., Teleki, K. A., Bradshaw, C. y Spalding, M. D. 2000. Coral bleaching in the Southern Seychelles during the 1997–1998 Indian Ocean warming event. Marine Pollution Bulletin 40(7):569–586.

Stanley H. A. y Gutzwiller, K. L. 1994. Habitat evaluation methods. Pages 592 – 606 en T. A. Bookhout, ed. Research and management techniques for wildlife and habitats. Fifth ed. The Wildlife Society, Bethesda, Md.

Takemura-Horita, K. H. 2012. Caracterización de la Comunidad de Corales Pétreos del Arrecife Blanquilla, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Tunnell, J. W. 1992. “Natural versus Human impacts to southern gulf of Mexico coral reef resources”. Proceedings of the 7th International Coral Reef symposium, Guam, Vol. 1.

Tunnell Jr, J. W., Chavez, E. A. y Whithers, K. 2007. Coral Reef on the Southern Gulf of México. Texas A. M. University Press Corpus Christie. E.U.A. 194 pp.

Universidad Veracruzana. 2003. Propuesta para la creación de un área natural protegida para los arrecifes Tuxpam. Universidad Veracruzana – CONANP. 39 pp.

Veron, J. E. N. 1995. Corals in Space and Time. The biogeography and evolution of the scleractinia. Comstock/Comell, Ithaca, 321 pp.

Vicencio, C. F. y González-Gándara, C. 2006. Lista Actualizada de los Gasterópodos de la Planicie del Arrecife Lobos, Veracruz, México. Rev. Cient. UDO Agrícola 6 (1):128-137.

Vidal, V. M. V., Vidal, F. V. y Hernández, O. A. F. 1990. Atlas Oceanográfico del Golfo de México, Volumen III; Instituto de Investigaciones Eléctricas. Grupo de Estudios Oceanográficos, Cuernavaca, Morelos.

Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S. y West, J. M. 2000. Manejo de arrecifes de coral blanqueados o severamente dañados. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. VII + 36 pp.

Wood, R. 1998. The Ecological evolution of reefs. Department of Earth Sciences, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge CB2 3EQ, United Kingdom. Annu. Rev. Ecol. Syst. 1998. 29:179–206.

Zaragoza-Villela, E. 2008. Peces del Arrecife Medio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Zlatarski, V. y Martínez, N. 1982. Les scléactiniaires de Cuba Academie Bulgare des Sciences Académie des Sciences de Cuba. Sofia, Bulg. 471 pp.