



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Patrones de dominancia de los corales hermatípicos
(Scleractinia) del Sistema Arrecifal Veracruzano:
abundancia vs. cobertura

T E S I S

Que para obtener el título de

BIÓLOGO

PRESENTA:

Edwin Martín Villanueva Peña

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Guillermo J. Horta Puga



Los Reyes Iztacala Edo. De México, 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Índice

Introducción	6
Objetivos generales	10
Objetivos particulares	10
Materiales y métodos	11
Área de estudio	11
Trabajo de campo	12
Trabajo de gabinete	14
Resultados y análisis de datos	15
Anegada de Afuera	15
Cabezo	18
Chopas	20
Isla de En medio	23
La Blanca	26
Galleguilla	28
Hornos	30
Isla verde	33
Isla de sacrificios.....	36
Pájaros	39
Grupo Sur	42
Grupo Norte	46
SAV	47

Zonacion SAV	51
Abundancia	51
Cobertura	56
SAV y Caribe	59
Abundancia vs cobertura	61
Conclusiones	62
Bibliografía	63

Para mi familia...

Quienes fueran, son y serán el bastión frente a las tormentas de mi vida,
puede que el título tenga mi nombre pero siempre le pertenecerá a ellos.

Nunca perder de vista...

La fortaleza del viejo roble, para que ningún triunfo me envanezca

La alegría de la naturaleza, para que ninguna soledad me abata

La libertad del ave, para elegir mi camino y

La voluntad del caminante, para seguir siempre adelante y servir

¡Que así sea!

Agradecimientos

A mis camaradas biólogos: Ricardo, Carolina, Israel, Ana, Samantha y Alejandro. Por ser mis compañeros de parranda de quienes conservo recuerdos muy alegres en prácticas de campo y aulas de clases así como haberme brindado consejos que en su momento me ayudaron a mantenerme firme frente a momentos y decisiones difíciles.

A mis amigos de carrera: Héctor, Jessica, Zulema y Luis. Quienes fueran las personas con las que pase más tiempo en la carrera, de los que sin esperar nada a cambio siempre obtuve su ayuda y la seguridad de tener un asiento junto a ellos en sus equipos de trabajo sabiendo de antemano que tenía su confianza y apoyo, a quienes lamentablemente ya no frecuento tanto como antes pero siempre les mantendré abiertas las puertas de mi casa.

A mis profesores de carrera, quienes por medio de sus enseñanzas fueron los principales culpables del amor que le profeso a la biología así como a la ciencia, quienes en la mayoría de las ocasiones hicieron mucho con poco (en lo que a tiempo y recursos se refiere), a los que les agradezco que en su momento fueran duros y supieran marcar mis errores cuando era debido pero también supieran festejar mis aciertos y avances.

A la UNAM y la FESI, por convertirse en mi alma máter desde los 15 años, darme la oportunidad de estudiar el nivel preparatoria y la universidad en una de las casas más grandes de estudios del país. Desde hoy y siempre me sentiré orgulloso de ser uno de sus egresados, recordando con cariño todos los años recorridos en estas aulas que en su momento cruce con tanta alegría.

Al Proyecto CONABIO GM005; por facilitarnos las herramientas que se necesitan para hacer nuestra ciencia y ser de los pocos alumnos que tienen la fortuna y la oportunidad de practicar, tanto en gabinete como en campo la labor de un biólogo.

A mis sinodales: Rafael, José Luis, Aura y Jorge, por expresar sin filtros su opinión acerca de mi trabajo, así fuera buena o mala siempre fue destinada a reforzar el manuscrito, por ayudarme a sortear varias vueltas en el laberinto de la tesis, por siempre sugerir para mejorar y sobre todo por darme el honor de trabajar con gente

tan capacitada con trayectorias increíbles y en el proceso transmitirme un poco de sus años de experiencia en la materia.

Al Doc. Guillermo, por la gran inversión de recursos, tiempo y esfuerzo (y sobre todo paciencia) que tuvo que invertir para poder realizar esta tesis, por confiar en mí, por ser el principal responsable de la atención y el cariño que le profesó hoy día a los arrecifes de coral y por ser una de las pocas personas que a lo largo de la carrera me dio importantes lecciones tanto académicas como de vida.

A mi hermano Edgar y mis padres Charito y Martín, una tesis entera no sería lo suficientemente grande para agradecerles una vida de cariño y esfuerzo, los principales forjadores de Edwin como persona se resumen en los tres nombres que di al principio de este párrafo, además de ser los responsables de enseñarme con hechos el significado de las palabras: “dar sin medida” y “dar sin esperar nada a cambio”. A ellos les agradezco estos años de esfuerzos, les garantizo que su legado siempre permanecerá vivo a través de los valores que me transmitieron y jamás dejaré pasar la oportunidad de transmitirlos con cada oportunidad que tenga de hacerlo.

Introducción

Algunos de los principales objetivos de la ecología de comunidades es estudiar y determinar las causas que inducen la abundancia de las especies en un sitio determinado, tratar de explicar las tasas de crecimiento, los mecanismos evolutivos, las perspectivas futuras de las mismas, etc. Para ello el estudio de las comunidades dentro de los ecosistemas es de vital importancia para entender los estados en el que se encuentra el ambiente que les rodea, pese a que todas las comunidades tienen un papel importante existen algunas que funcionan como pilares de los ecosistemas, ya que cuando sus poblaciones disminuyen la mayoría de las especies restantes migraría del ecosistema o perecerían (Audersik y Audersik 1997, Córdova y Zambrano 2007, Jaksic y Marone 2007). Dentro de las estructuras tridimensionales conocidas como arrecifes de coral, las cuales son reconocidas por ser un ecosistema de gran relevancia dentro de los océanos, una de las comunidades que más sobresalen son los corales hermatípicos puesto que forman el elemento visual dominante del paisaje, aportan a la construcción del ecosistema, son considerados productores primarios en economía energética del sistema, proveen hábitat a otras especies, entre otras cosas. (Alvarado et al. 2004). La peculiar simbiosis que tienen los corales con las microalgas, llamadas zooxantelas las cuales son dinoflagelados que pertenecen al género *Symbiodinium*, les facilita el depositar un exoesqueleto de carbonato de calcio a una tasa muy elevada cuando se les compara con corales sin simbiosis, que después miles de años de acumulación al crecer unos sobre otros, forman las estructuras que hoy conocemos como arrecifes de coral, lo que los posiciona como principales constructores del arrecife (Jaramillo y Acosta 2009).

Pese a su importancia, los arrecifes coralinos han sufrido un grave declive de cobertura durante las pasadas tres décadas, factores como el desarrollo urbano cerca de las costas, las enfermedades, la sedimentación, el cambio climático y la velocidad de crecimiento de las comunidades coralinas comparadas con otras comunidades que compiten por el mismo sustrato donde se desarrollan, han dado

oportunidad a que otras especies suplanten el lugar espacial que antes ocupaban las colonias de corales hermatípicos, desde los años 70 las poblaciones de los principales corales dominantes y constructores de arrecifes en todo el océano Atlántico disminuyeron considerablemente su número poblacional y en algunos casos extremos se extinguieron definitivamente de los arrecifes (Gardner et al 2003, Jackson et al 2014).

Los diferentes métodos de estudio de las comunidades cuyos organismos se desplazan no aplican para este tipo de comunidades por su naturaleza sésil, ya que desde que son larvas la mayoría de los corales permanecen anclados en el sustrato elegido durante toda su vida, por este motivo se utilizan para su descripción métodos de estudio para organismos sésiles, de entre los más usados para estas comunidades son: (1) La abundancia desde el punto de vista numérico; donde las especies dominantes de la comunidad están representadas por aquellas que tengan el mayor número de individuos, y (2) la abundancia expresada en la cantidad de área que cubren (o cobertura); donde las especies dominantes están representadas por aquellas donde la cobertura de sustrato de sus individuos en conjunto sea la mayor en relación a la de las otras especies, ambas se puede expresar en cualquier unidad de medida o en porcentaje relativo. Estas dos formas de estudio por su practicidad se han colocado como las más usadas dentro de los estudios ecológicos que desean describir el estado de las comunidades coralinas de manera rápida y eficaz, además de que usar estos métodos permiten la comparación directa entre diferentes sitios de ahí que sea usado en todo el Atlántico (Horta Puga 2003, Lang et al. 2010, Horta-Puga et al. 2015).

Sin embargo existen diferencias al comparar la comunidad de corales si esta se ve desde el punto de vista de abundancia y cobertura por separado puesto que existen especies de tallas grandes que no cuentan con grandes números de individuos y viceversa, especies con grandes números de individuos pero que son de tallas pequeñas haciendo dispares las especies dominantes en un rubro u otro. Estas diferencias se han reportado en algunos lugares del mar caribe y océano atlántico,

por ejemplo: dentro de las Islas Caimán en las British West Indies, la abundancia muestra a *Orbicella franksi*, *Agaricia* sp y *Porites astreoides* mientras que en cobertura *O. faveolata*, *Colpophyllia natans* y *Diploria clivosa* son las dominantes (Mamfrino et al. 2000). Los arrecifes de Sancho Pardo en Cuba tuvieron a *Millepora complanata*, *D. strigosa* y *D. clivosa* como más dominantes en abundancia mientras que en cobertura fueron *O. annularis*, *Acropora cervicornis* y *M. sp* (Caballero y Alcolado 2011). En las Islas Abaco en la Bahamas en abundancia *O. faveolata* y *Montastraea cavernosa* fueron las dominantes mientras que en cobertura sobresalió *M. cavernosa* y *A. palmata* (Feingold 2001).

Estudios anteriores dentro del Sistema Arrecifal Veracruzano muestran que este tipo de diferencias también se presentan aquí, ya que la estructura de corales dominantes según su abundancia numérica contempla a las especies: *Siderastrea siderea* > *Colpophyllia natans* > *Agaricia agaricites* > *Orbicella faveolata* > *Montastraea cavernosa* en ese orden; mientras que las especies dominantes según su cobertura relativa contemplan los corales: *O. faveolata* > *C. natans* > *S. siderea* > *M. cavernosa* > *O. franksi* (Horta-Puga et al. 2015) siguiendo este ejemplo fácilmente podemos ver las diferencias al tomar un solo rubro para describir la comunidad de corales hermatípicos, puesto que en cobertura aparece como relevante el coral *A. agaricites* sin embargo en cobertura no aparece como relevante de igual manera el coral *O. franksi* no aparece en abundancia pero si en cobertura.

Es bien sabido que el SAV es un ambiente influenciado principalmente por las descargas del río Jamapa, el río Papaloapan y la cercanía del puerto de Veracruz, lo que ha hecho que las condiciones cambien en cada arrecife siendo que estos pertenecen a una misma región biogeográfica teniendo arrecifes altamente impactados junto a arrecifes con impacto relativamente bajo (Gutiérrez et al. 2011). Existen estudios que reportan la existencia de un patrón a escala espacial que diferencia a los arrecifes más cercanos al puerto de los que están más alejados de él, siendo los arrecifes con un mayor índice que diversidad de Shannon-Wiener, así como una mayor riqueza específica en comparación de los que están

relativamente más cerca de él, sin embargo la mayoría de trabajos se limitan a describir el SAV en los grupos Norte y Sur gracias a la marcada división que establece el río Jamapa (Jones et al. 2008, Horta et al. 2009).

Por lo antes mencionado nos hemos planteado las siguientes preguntas; ¿Existen diferencias significativas al utilizar abundancia o cobertura por separado?, si hay un patrón a escala espacial ¿serán las mismas especies dominantes para todos los sitios?, ¿pasará lo mismo en otras zonas biogeográficas impactadas por sedimentos y factor humano?, ¿cómo es el caso de Veracruz y el Caribe?

Según Arias y colaboradores (2011) el simple estudio de los indicadores básicos del paisaje nos pueden dar mucha información del ecosistema y puesto a que la salud del arrecife está ligada directamente a la salud de sus corales hermatípicos, el estudio de estas comunidades resulta de vital importancia si es que se quiere conocer el estado general de un arrecife de manera rápida y eficaz (Gardner et al. 2003, Horta Puga 2003, Chuc et al. 2011). Uno de los arrecifes más importantes en el Golfo de México es el Sistema Arrecifal Veracruzano por tener características especiales como desarrollarse en un ambiente altamente impactado por su cercanía al puerto de Veracruz y la desembocadura del río Jamapa el cual divide el sistema en arrecifes del Grupo Norte y arrecifes del Grupo Sur (Horta Puga et al. 2009).

Objetivo general

- Comparar la composición y estructura de la comunidad de corales escleractinios hermatípicos del Sistema Arrecifal Veracruzano, en términos de abundancia numérica y cobertura.

Objetivos particulares

- Determinar un patrón de variación espacial, en los 10 arrecifes seleccionados del SAV (Anegada de Afuera, Blanca, Cabezo, Chopas, Isla de Enmedio, Galleguilla, Hornos, Isla de Sacrificios, Isla Verde y Pájaros).
- Comparar los patrones de dominancia de los arrecifes del SAV con los que presentan los arrecifes del Caribe Mexicano.
- Plasmar la variación del patrón de dominancia del SAV a escala espacial en un mapa y describir cómo se comporta este patrón.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano está situado en el suroeste del Golfo de México frente al puerto de Veracruz y el municipio de Antón Lizardo, cuenta con más de 25 arrecifes en su mayoría de tipo plataforma (los hay también de tipo costeros) que están separados por la desembocadura del río Jamapa en arrecifes del Grupo Norte y arrecifes del Grupo Sur, y a su vez, está delimitado al norte por el río La Antigua y al sur por el río Papaloapan (Figura 1), lo que convierte a esta zona en un ambiente altamente terrígeno y al SAV en un ecosistema muy peculiar, ya que a pesar de la alta turbidez los arrecifes de coral están bien desarrollados (Salas y Granados 2008, Pérez 2012, Horta Puga et al. 2015). En el SAV se han registrado un total de 32 especies de corales hermatípicos, 31 escleractinios y 1 mileporino (Horta-Puga y Carricart-Ganivert 1993). Se ha reportado que las especies más abundantes (en cuanto a número de individuos se refiere) son: *Colpophyllia natans*, *Orbicella faveolata*, *Montastraea cavernosa*, *Pseudodiploria spp.*, *Siderastrea siderea* y *S. radians*, la cobertura de coral vivo ronda el 19% y su densidad es de 1.0 col m⁻¹ (Horta-Puga 2003). Actualmente se tienen datos de la estructura de la comunidad de corales hermatípicos, en 10 arrecifes previamente seleccionados por el Proyecto CONABIO GM005 (*Sistema Arrecifal Veracruzano, condición actual y programa permanente de monitoreo*, encabezado por el Dr. Guillermo Horta Puga y el Biol. José Luis Tello Musi) como los más representativos del Grupo Norte y el Grupo Sur. En donde encontramos los arrecifes de: La Galleguilla, Hornos, Isla de Sacrificios, Isla Verde, y Pájaros (del Grupo Norte), Anegada de Afuera, La Blanca, Cabezo, Chopas e Isla de Enmedio (del Grupo Sur). Para representar dos años de muestreo, se utilizaron datos previamente recolectados en marzo y octubre del 2014 y marzo y octubre del 2015 (los cuales representan las campañas C09, C10, C11 y C12 respectivamente) y se participó en la recolección de datos de la campaña C12.

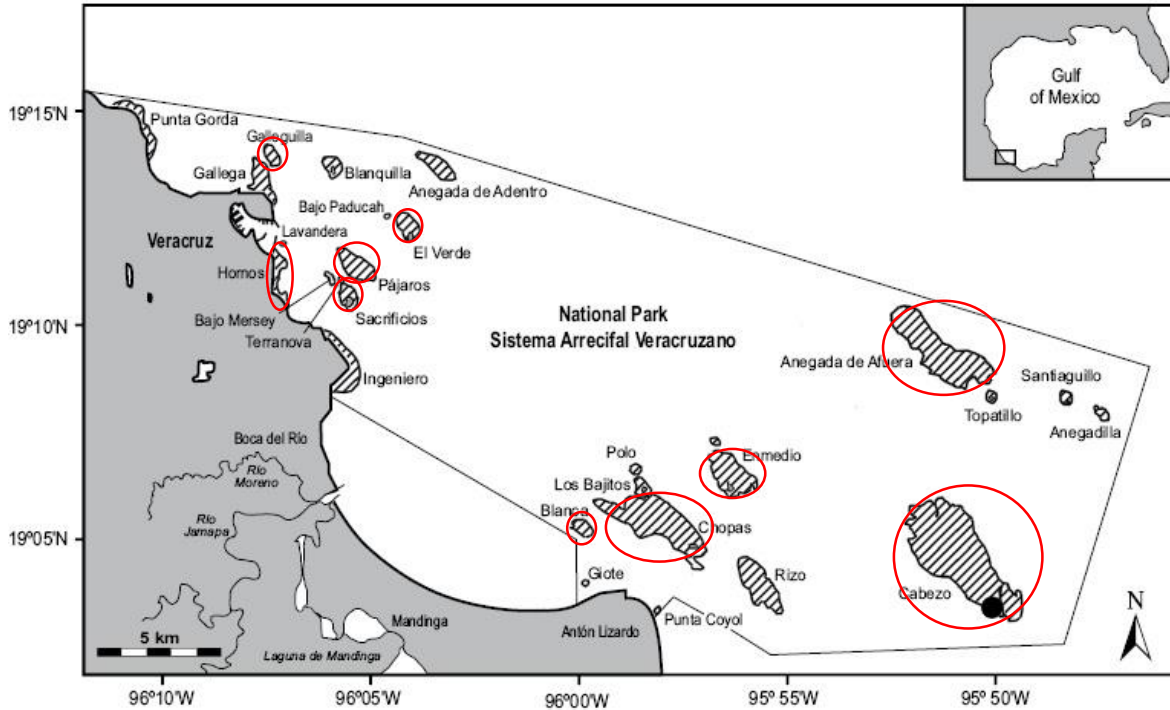


Figura 1 Mapa del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, en rojo los arrecifes muestreados (Modificado de Horta–Puga 2006)

Trabajo de campo

El muestreo se llevó a cabo en el talud de sotavento excepto en el caso de Hornos por ser un arrecife de tipo costero y los arrecifes Blanca y Chopas, los cuales no presentan esta zona geomorfológica, así en estos últimos se muestreo el talud de barlovento. Todos los muestreos se desarrollaron a la profundidad de 9-12 m, debido a que es la profundidad y la zona con las densidades y cobertura más altas (Figura 2) (Moreno 2001, Horta Puga 2003, Lang et al. 2010, Horta Puga et al. 2015).

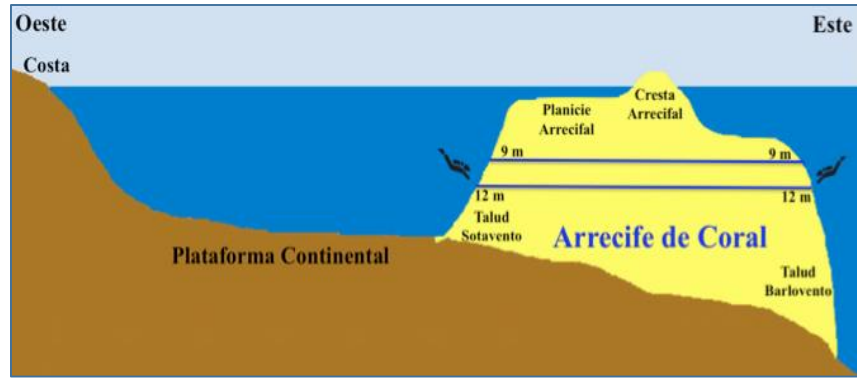


Figura 2 Mapa de la zona de muestreo

Para el muestreo se utilizó el método de transecto en línea, que consiste en colocar un flexómetro anclado con dos libras de plomo en un extremo y tensado en el otro, hasta obtener un largo de 10 m por transecto, este proceso se repitió hasta obtener información de un mínimo de 100 colonias vivas de coral por sitio de muestreo (Figura 3a) (Horta-Puga 2003, Horta-Puga y Tello-Musi 2009, Lang et al. 2010). En cada transecto se registró: la especie, diámetro de intercepción (que consiste en apuntar los extremos donde coincida el coral con el transecto), longitud, ancho y altura, mediante un tubo de PVC de un metro de largo marcado cada cinco centímetros (Figura 3), los datos fueron anotados en una hoja de película de poliéster, para ser plasmados posteriormente en bases de datos en Excel 2013. El mismo procedimiento se repitió en todas las campañas.

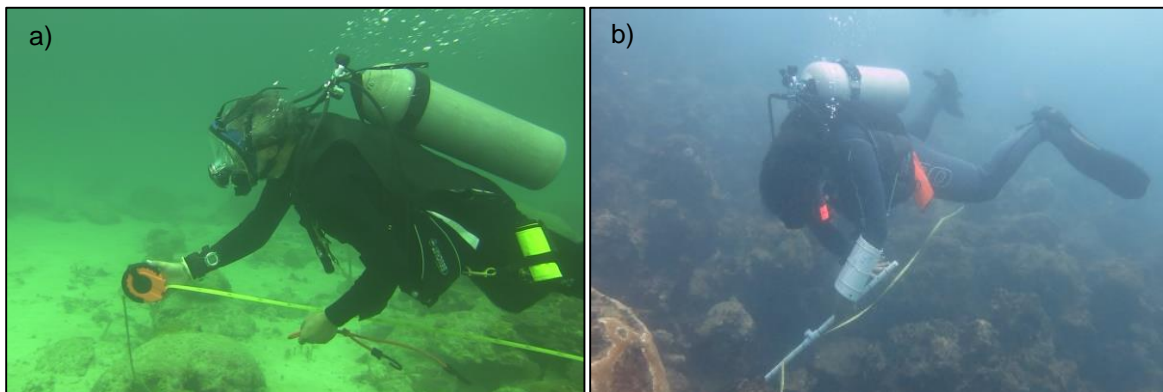


Figura 3 a) Puesta del transecto, b) uso del tubo de PVC en la medición de los corales

Trabajo de gabinete

Para la obtención de resultados se plasmó en una tabla por cada campaña, las especies encontradas en las bases de datos de cada arrecife, en dicha tabla se sumó la cantidad de colonias para la abundancia numérica y se sumó el diámetro de intercepción de cada especie para la cobertura en centímetros, posteriormente se sumaron los totales de cada especie para obtener la suma total de individuos encontrados y cobertura en centímetros que hay dentro de cada arrecife y en base a estos datos se calcularon los promedios de las especies, los cuales denominamos abundancia relativa y cobertura relativa, es decir, la cobertura coralina que aquí se reporta toma en cuenta el espacio ocupado por corales hermatípicos y en base a ella se obtuvo la cobertura relativa la cual toma en cuenta exclusivamente como el 100% a la cobertura coralina y excluye el espacio restante ocupado por otros organismos (Horta Puga et al. 2009).

En una nueva tabla se plasmaron por especie las abundancias relativas y las coberturas de las cuatro campañas para cada arrecife y de nueva cuenta se promediaron para obtener la abundancia y cobertura relativas por arrecife, esta vez ya tomando en cuenta las cuatro campañas de muestreo.

Finalmente en una última tabla se plasmó por especie las abundancias y coberturas relativas agrupando los arrecifes del Grupo Norte, el Grupo Sur y el SAV, repitiendo el mismo procedimiento que en la tabla pasada.

Para determinar si existe un patrón de distribución espacial diferencial de la comunidad coralina de los arrecifes del SAV, se aplicó un análisis de agrupamiento a los datos relativos de cobertura y abundancia por cada arrecife, con el programa Past (versión 0.45) se construyó una matriz de similitud, utilizando el Índice de Disimilitud de Bray-Curtis. En base a esta matriz de datos se elaboró un dendrograma que muestra la similitud entre los arrecifes, utilizando la técnica de ligamento promedio simple.

Resultados y análisis de datos

En total fueron analizados 361 transectos en línea equivalentes a 3610 metros lineales, se registraron 26 especies de corales hermatípicos, el 24.8% del sustrato disponible se encontraba cubierto por colonias de coral vivo, es decir, el restante 76.2% del espacio se encontraba ocupado por otros organismos como: algas filamentosas, algas calcáreas, esponjas, moluscos, poliquetos, etc.

Anegada de Afuera

Este arrecife fue el que presentó una menor riqueza específica del Grupo Sur ya que sólo se encontraron 15 especies en nuestras campañas de muestreo. De entre ellas destacan por ser las más abundantes: *Colpophyllia natans*, *Orbicella franksi*, *Orbicella faveolata* y *Montastraea cavernosa* ya que en conjunto representan poco más del 85%. El arrecife registró una cobertura coralina del 37.8%, donde las especies más dominantes por su cobertura relativa fueron: *O. franksi*, *C. natans*, *O. annularis* y *O. faveolata* en conjunto representan casi el 90% del total. (Figura 4, Tabla 1).

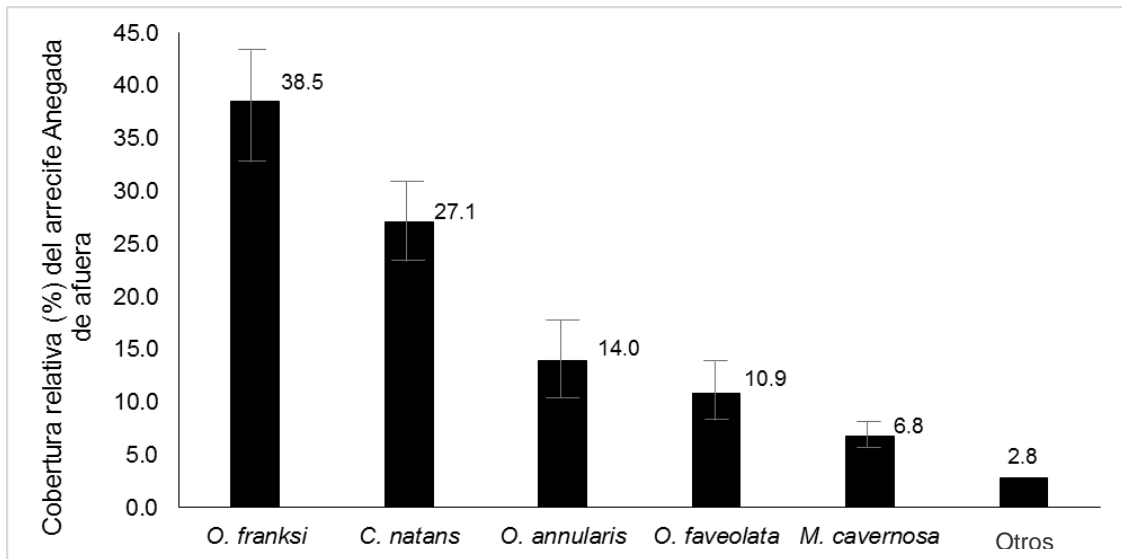
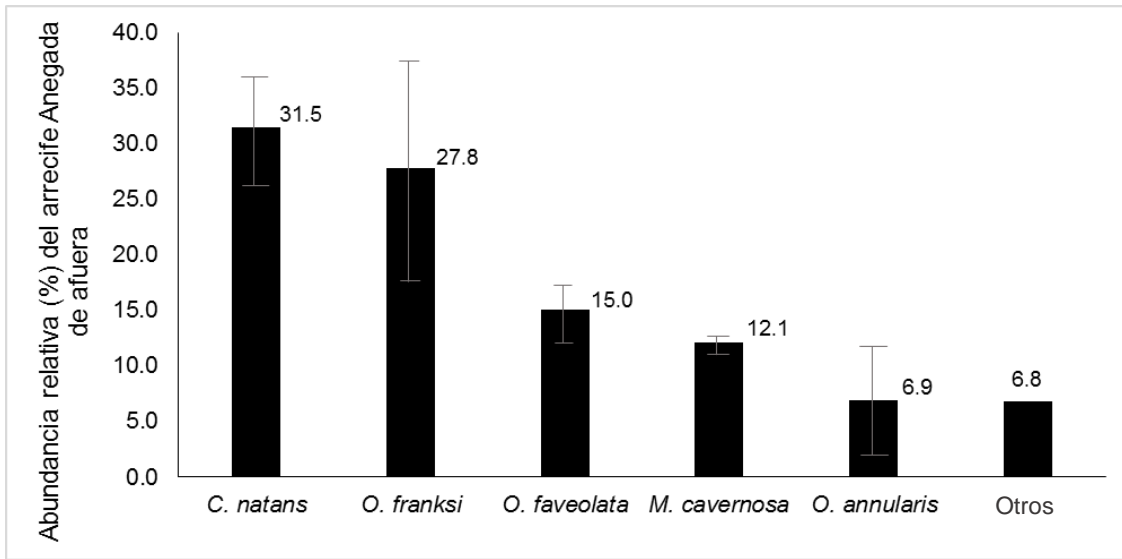


Figura 4 Abundancia y cobertura general del arrecife Anegada de afuera.

Tabla 1
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife Anegada de afuera

Especie	C-09		C-10		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Acropora cervicornis</i>	0	0	0	0	0	0	1.4	0.5	0.4 \pm 0.7	0.1 \pm 0.3
<i>Agaricia agaricites</i>	0	0	1.4	0.2	1.5	0.3	0.7	0.02	0.9 \pm 0.7	0.1 \pm 0.1
<i>Colpophyllia natans</i>	32.4	27.5	33.6	32.6	24.6	19.9	35.2	28.4	31.5 \pm 4.1	27.1 \pm 5.3
<i>Leptoseris cucullata</i>	1.4	0.4	2.8	0.9	1.5	0.4	0	0	1.4 \pm 1.1	0.4 \pm 0.4
<i>Manicina areolata</i>	1.4	0.4	0.7	0.3	0	0	0	0	0.5 \pm 0.7	0.2 \pm 0.5
<i>Montastraea cavernosa</i>	12	7	13.3	7.4	12.3	6.5	10.6	6.2	12.1 \pm 1.1	6.8 \pm 0.2
<i>Orbicella annularis</i>	2.1	5.6	11.2	23.1	3.8	5.4	10.6	21.8	6.9 \pm 4.6	14.0 \pm 9.8
<i>O. faveolata</i>	19.7	15.8	16.8	13.7	11.5	6.3	12	7.6	15.0 \pm 3.9	10.9 \pm 4.6
<i>O. franksi</i>	28.2	42	14.7	20.2	42.3	59.9	26.1	31.8	27.8 \pm 11.3	38.5 \pm 16.8
<i>Porites astreoides</i>	0	0	1.4	0.6	0	0	0	0	0.4 \pm 0.7	0.2 \pm 0.3
<i>Pseudodiploria clivosa</i>	0	0	0	0	0	0	1.4	0.5	0.4 \pm 0.7	0.1 \pm 0.3
<i>P. strigosa</i>	0	0	2.8	0.7	0.8	0.4	0	0	0.9 \pm 1.3	0.3 \pm 0.3
<i>Scolymia cubensis</i>	0.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0.2 \pm 0.4	0.0 \pm 0.1
<i>Siderastrea siderea</i>	2.1	1.1	0.7	0.1	0.8	0.4	2.1	3.2	1.4 \pm 0.8	1.2 \pm 1.4
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	0	0	0.7	0.3	0.8	0.3	0	0	0.4 \pm 0.4	0.2 \pm 0.2

A= Abundancia. C= Cobertura.

Cabezo

En este arrecife se reportaron 19 especies y se registró una cobertura coralina del 44%, las más abundantes fueron: *M. cavernosa*, *O. faveolata*, *C. natans* y *Siderastrea siderea* en ese orden tanto en cobertura como en abundancia al menos las primeras cuatro especies repiten el mismo patrón de dominancia. Sin embargo, el porcentaje es diferente, en abundancia el conjunto de las cuatro especies suma 66%, y en cobertura el conjunto suma 79%. El resto de las especies difieren en orden y en cantidad porcentual (Figura 5, Tabla 2).

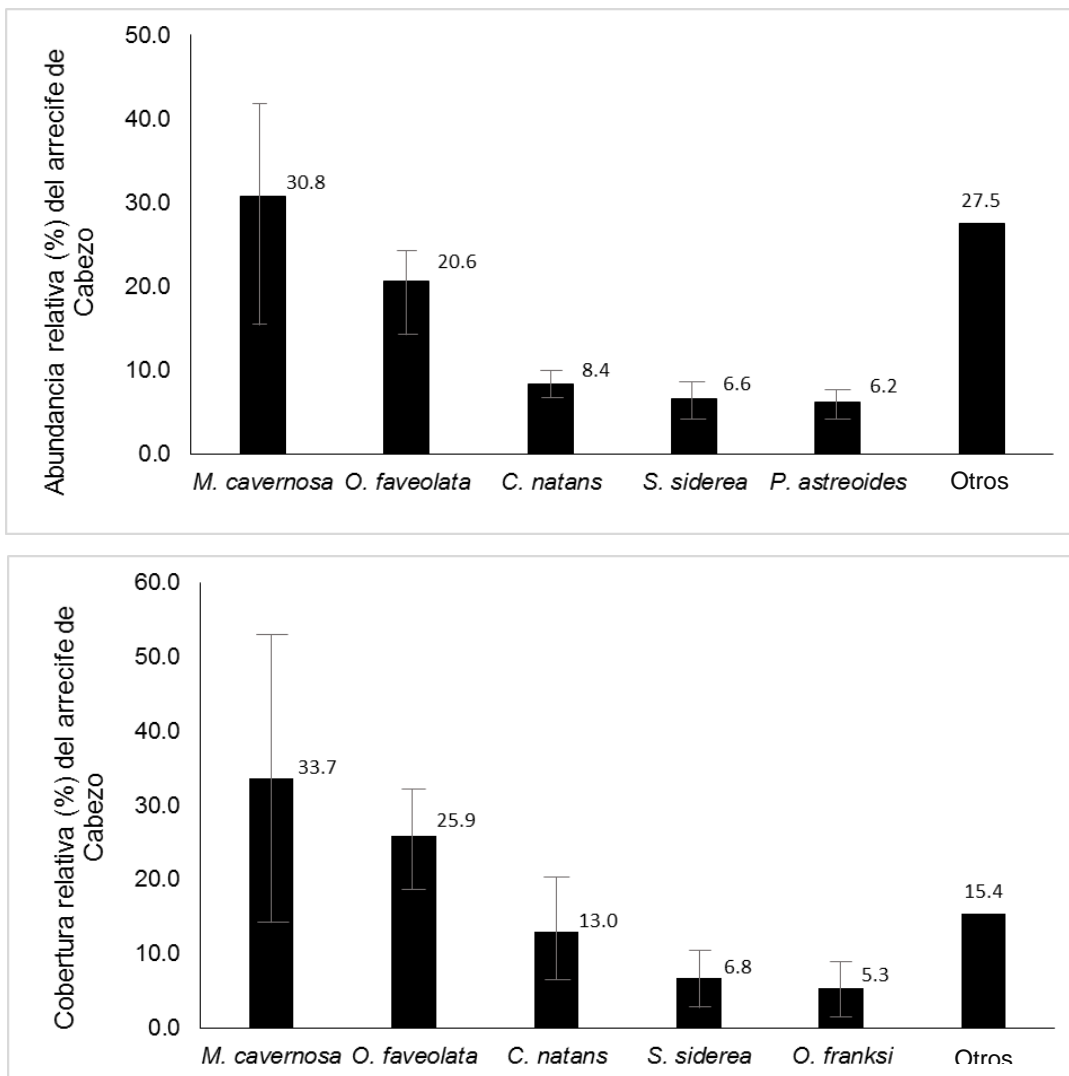


Figura 5 Abundancia y cobertura del arrecife de Cabezo

Tabla 2
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife de Cabezo

Especie	C-09		C-10		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Agaricia agaricites</i>	1.5	0.6	1.8	0.7	0.6	0.2	4.9	1.9	2.2 \pm 1.9	0.9 \pm 0.7
<i>A. humilis</i>	0.7	0.2	0	0	1.3	0.7	0.4	0.4	0.6 \pm 0.5	0.3 \pm 0.3
<i>A. lamarcki</i>	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.1 \pm 0.2	0.1 \pm 0.2
<i>Colpophyllia natans</i>	8.8	22.1	7.1	6.7	6.5	8.5	11.1	14.6	8.4 \pm 2.1	13.0 \pm 7.0
<i>Dichocoenia stokesii</i>	0	0	0	0	0	0	0.4	0.2	0.1 \pm 0.2	0.1 \pm 0.1
<i>Leptoseris cucullata</i>	5.1	2.3	5.3	2.9	10.4	3.3	2	0.8	5.7 \pm 3.5	2.3 \pm 1.1
<i>Madracis decactis</i>	7.3	3.2	2.7	1.5	6.5	3.4	4.5	3.5	5.3 \pm 2.1	2.9 \pm 0.9
<i>Manicina areolata</i>	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2 \pm 0.4	0.1 \pm 0.1
<i>Millepora alcicornis</i>	0	0	0	0	0.6	0.3	1.6	1.3	0.6 \pm 0.8	0.4 \pm 0.6
<i>Montastraea cavernosa</i>	24.1	21.6	54	63.4	23.4	26.4	21.7	23.3	30.8 \pm 15.5	33.7 \pm 19.9
<i>Orbicella faveolata</i>	26.3	25.6	13.3	16.2	16.9	28.8	25.8	32.8	20.6 \pm 6.5	25.9 \pm 7.1
<i>O. franksi</i>	6.6	10.9	0.9	1.2	5.8	7	3.3	2.1	4.2 \pm 2.6	5.3 \pm 4.5
<i>Porites astreoides</i>	8.8	4	2.7	1.5	8.4	4.3	4.9	3.5	6.2 \pm 2.9	3.3 \pm 1.3
<i>Pseudodiploria clivosa</i>	1.5	1.9	0	0	1.3	0.3	0	0	0.7 \pm 0.8	0.6 \pm 0.9
<i>P. strigosa</i>	0	0	3.5	2.2	0.6	1.2	2.5	4.9	1.7 \pm 1.6	2.1 \pm 2.1
<i>Scolymia cubensis</i>	0.7	0.1	0	0	1.3	0.3	0	0	0.5 \pm 0.6	0.1 \pm 0.1
<i>S. lacera</i>	0	0	0	0	0	0	0.4	0.1	0.1 \pm 0.2	0.0 \pm 0.1
<i>Siderastrea siderea</i>	5.1	5.5	2.7	1.2	9.1	12.3	9.4	8	6.6 \pm 3.2	6.8 \pm 4.5
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	2.9	1.7	6.2	2.3	7.1	3	6.6	2.1	5.7 \pm 1.9	2.3 \pm 0.5

A= Abundancia. C= Cobertura.

Chopas

En este arrecife se registraron 21 especies lo que lo convierte en al arrecife con mayor riqueza de especies del grupo norte y sur en conjunto, se puede observar diferencias importantes en la posición y el porcentaje de las especies más dominantes de abundancia y cobertura, por el lado de abundancia tenemos que las especies más dominantes con 68% son: *A. agaricites*, *O. faveolata*, *C. natans* y *A. fragilis* Por el lado de cobertura. Las especies más dominantes con 72% son: *O. faveolata*, *C. natans*, *A. agaricites* y *O. annularis* (Figura 6, Tabla 3). En esta arrecife se registró una cobertura coralina del 48.7%.

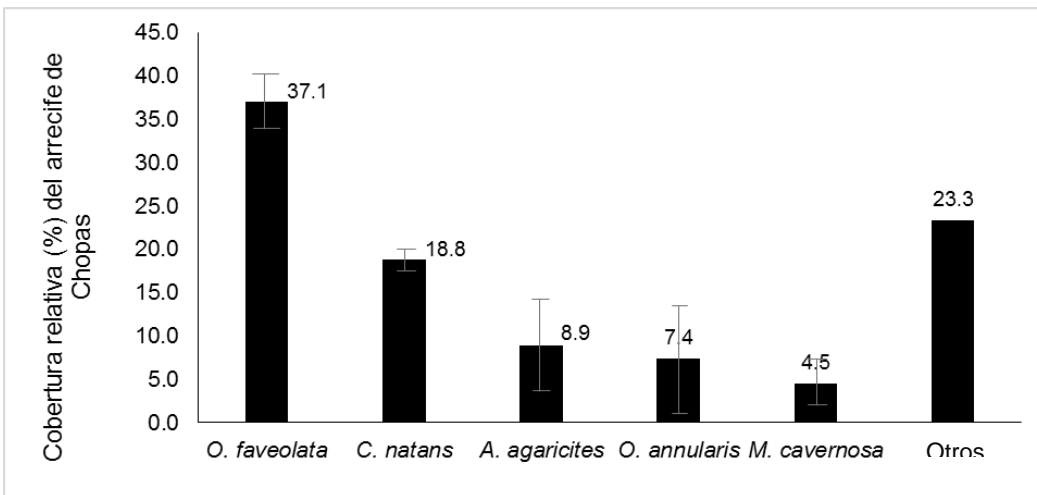
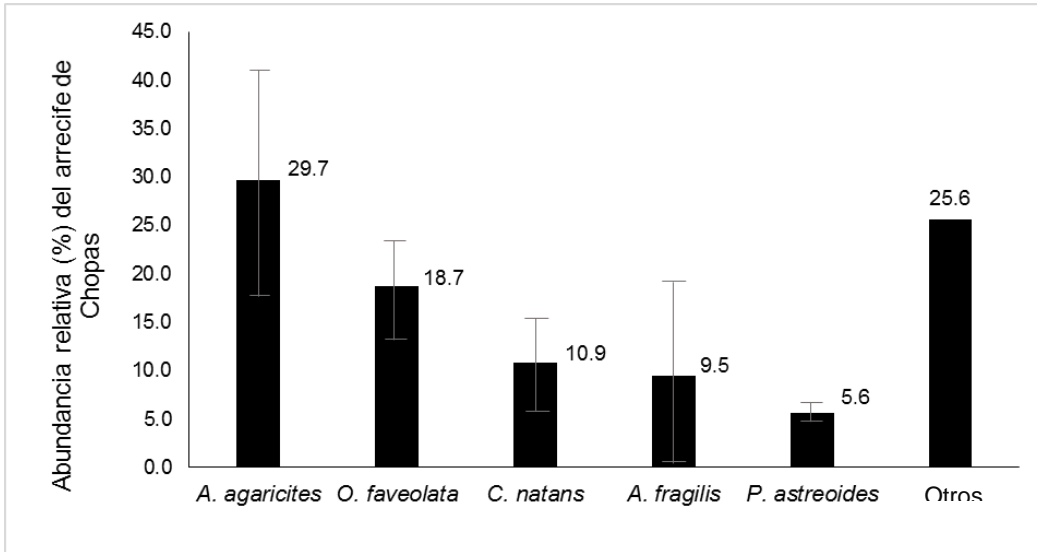


Figura 6 Abundancia y cobertura del arrecife de Chopas

Tabla 3
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife de Chopas

Especie	C-09		C-10		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Agaricia agaricites</i>	31.6	10	38.6	14.5	12.6	1.6	36	9.5	29.7 \pm 11.8	8.9 \pm 5.4
<i>A. fragilis</i>	21.9	7.7	0	0	9.7	1.7	6.4	2	9.5 \pm 9.2	2.9 \pm 3.4
<i>A. humilis</i>	3.9	1.5	7.1	1.3	0	0	7.2	2.7	4.6 \pm 3.4	1.4 \pm 1.1
<i>A. lamarcki</i>	0.9	1.5	4.3	2.1	0	0	1.3	3.6	1.6 \pm 1.9	1.8 \pm 1.5
<i>Colpophyllia natans</i>	6.1	20.3	10	18.6	18.4	17.3	8.9	18.9	10.9 \pm 5.3	18.8 \pm 1.2
<i>Leptoseris cucullata</i>	0	0	0	0	0.5	0.02	1.7	0.7	0.6 \pm 0.8	0.2 \pm 0.3
<i>Madracis decactis</i>	3.5	3.7	4.3	2.4	1.9	0.4	5.1	3.5	3.7 \pm 1.4	2.5 \pm 1.5
<i>Manicina areolata</i>	3.1	2.4	1.4	0.6	1.9	1.1	0.8	0.6	1.8 \pm 1.0	1.2 \pm 0.9
<i>Millepora alcicornis</i>	0.9	1.3	0	0	1.4	0.5	0.4	1	0.7 \pm 0.6	0.7 \pm 0.6
<i>Montastraea cavernosa</i>	0.9	1.3	2.1	2.6	3.9	6.4	4.2	7.6	2.8 \pm 2.4	4.5 \pm 3.0
<i>Mycetophyllia daniana</i>	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0.1 \pm 0.2	0.1 \pm 0.2
<i>M. lamarckiana</i>	1.3	0.8	0.7	0.6	0	0	0	0	0.5 \pm 0.6	0.4 \pm 0.4
<i>Orbicella annularis</i>	3.9	7.7	1.4	3.4	6.8	17.1	2.1	1.3	3.6 \pm 2.4	7.4 \pm 7.0
<i>O. faveolata</i>	13.6	31.6	16.4	40.3	26.6	38.3	18.2	38.1	18.7 \pm 5.6	37.1 \pm 3.8
<i>O. franksi</i>	1.3	4	3.6	6.6	1.4	4.4	0.8	2.1	1.8 \pm 1.2	4.3 \pm 1.8
<i>Porites astreoides</i>	4.8	3.1	6.4	3.1	7.7	2.8	3.4	2.5	5.6 \pm 1.9	2.9 \pm 0.3
<i>Pseudodiploria strigosa</i>	0	0	0	0	2.9	2.6	0	0	0.7 \pm 1.5	0.7 \pm 1.3
<i>Scolymia cubensis</i>	0	0	0.7	0.3	0	0	0	0	0.2 \pm 0.4	0.1 \pm 0.2
<i>Siderastrea radians</i>	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0.1 \pm 0.2	0.2 \pm 0.4
<i>S. siderea</i>	0.9	1.3	2.1	2.5	3.4	5.4	2.1	4.7	2.1 \pm 1.0	3.5 \pm 1.9
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	0.4	0.6	0.7	0.9	1	0.3	1.3	1.1	0.9 \pm 0.4	0.7 \pm 0.4

A= Abundancia. C= Cobertura.

Isla de Enmedio

En este arrecife se contaron un total de 20 especies diferentes de entre las cuales podemos ver a: *A. agaricites*, *O. faveolata*, *C. natans* y *A. fragilis* como dominantes por el lado de la abundancia. Se registró una cobertura del 56.6% lo que lo convierte en el arrecife con mayor cobertura coralina en el SAV y donde las especies dominantes son: *O. faveolata*, *C.natans*, *A. agaricites* y *O. franksi* en este caso *O. faveolata* domina por mucho en cobertura ya que por sí sola esta especie alcanza el 40 % del total, lo que en abundancia equivaldría a la suma de las dos especies más dominantes (Figura 7, Tabla 4).

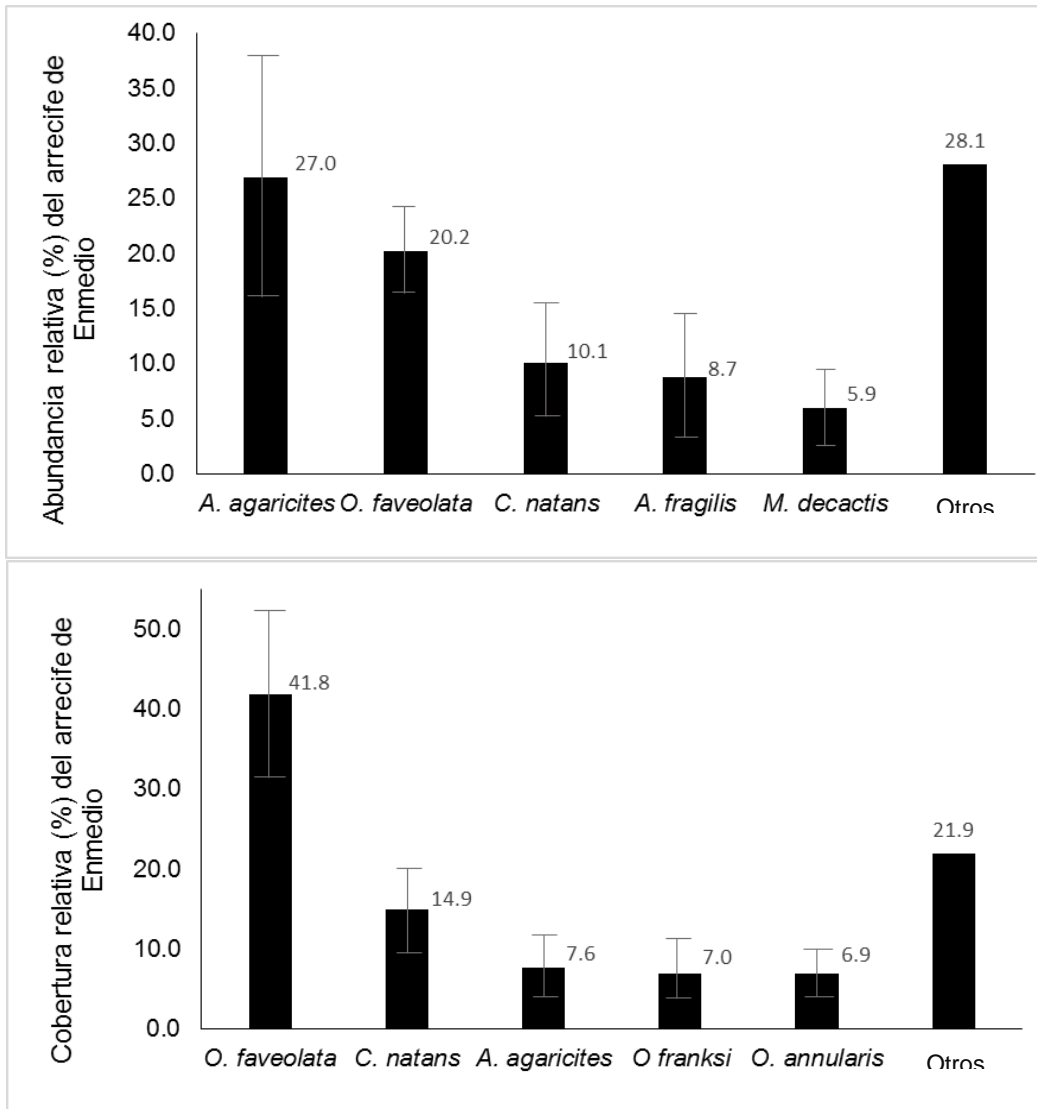


Figura 7 Abundancia y cobertura del arrecife de Enmedio

Tabla 4
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife Isla de Enmedio

Especie	C-09		C-10		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Acropora cervicornis</i>	0	0	0.5	0.6	0	0	0	0	0.1 \pm 0.3	0.2 \pm 0.3
<i>Agaricia agaricites</i>	19.1	4.8	20.8	4.3	24.2	8.1	43.7	13.3	27.0 \pm 11.4	7.6 \pm 4.1
<i>A. fragilis</i>	9.6	2.4	6.6	1.6	16.5	11.4	2.2	1.4	8.7 \pm 6.0	4.2 \pm 4.8
<i>A. humilis</i>	1.1	0.4	3	0.8	13.2	5.3	4.8	1.5	5.5 \pm 5.3	2.0 \pm 2.2
<i>A. lamarcki</i>	0	0	1.5	1.4	0	0	0	0	0.4 \pm 0.8	0.4 \pm 0.7
<i>Colpophyllia natans</i>	12.9	18.7	16.8	20.2	5.5	11.9	5.2	8.7	10.1 \pm 5.7	14.9 \pm 5.5
<i>Leptoseris cucullata</i>	0	0	0	0	0.5	0.1	0.9	0.3	0.4 \pm 0.4	0.1 \pm 0.1
<i>Madracis decactis</i>	9.6	7.4	1	0.3	6.6	7.6	6.5	3.6	5.9 \pm 3.6	4.7 \pm 3.5
<i>Manicina areolata</i>	1.7	1.3	1	0.5	0	0	0	0	0.7 \pm 0.8	0.5 \pm 0.6
<i>Millepora alcicornis</i>	0.6	0.2	0.5	2.5	1.1	0.6	2.2	0.6	1.1 \pm 0.8	1.0 \pm 1.0
<i>Montastraea cavernosa</i>	3.4	6	5.6	3.2	1.6	2.5	0	0	2.7 \pm 2.4	2.9 \pm 2.5
<i>Mycetophyllia daniana</i>	1.1	0.8	2.5	0.3	0	0	0.9	0.9	1.1 \pm 1.0	0.5 \pm 0.4
<i>M. lamarckiana</i>	1.1	0.5	0.5	0.3	3.8	2	0.4	0.2	1.5 \pm 1.6	0.8 \pm 0.8
<i>Orbicella annularis</i>	5.1	8.1	4.1	10.8	1.6	2.1	2.6	6.6	3.4 \pm 1.6	6.9 \pm 3.6
<i>O. faveolata</i>	21.9	30.4	22.8	44.3	13.7	35.2	22.5	57.3	20.2 \pm 4.4	41.8 \pm 11.8
<i>O. franksi</i>	7.9	12.7	5.1	6	1.6	8.1	0.9	1.1	3.9 \pm 3.3	7.0 \pm 4.8
<i>Porites astreoides</i>	2.8	3.9	6.1	2.1	8.2	4.1	4.8	2.6	5.5 \pm 2.3	3.2 \pm 1.0
<i>Scolymia cubensis</i>	0.6	0.2	0	0	1.1	0.3	0	0	0.4 \pm 0.5	0.1 \pm 0.2
<i>Siderastrea siderea</i>	1.7	2.3	1.5	0.9	0.5	0.7	0.9	0.6	1.2 \pm 0.6	1.1 \pm 0.8
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	0	0	0	0	0	0	1.7	1.3	0.4 \pm 0.9	0.3 \pm 0.7

A= Abundancia. C= Cobertura.

La Blanca

En el arrecife de la blanca se encontraron 20 especies de las cuales resaltan por ser más abundantes: *A. agaricites*, *S. siderea*, *A. fragilis* y *C. natans*. Por el lado de cobertura las especies más dominantes: *S. siderea*, *S. intersepta*, *C. natans* y *A. agaricites*. A pesar de que este arrecife tiene una riqueza específica relativamente alta (comparada con los otros arrecifes) solo registro una cobertura coralina del 18.7%. (Figura 8, Tabla 5).

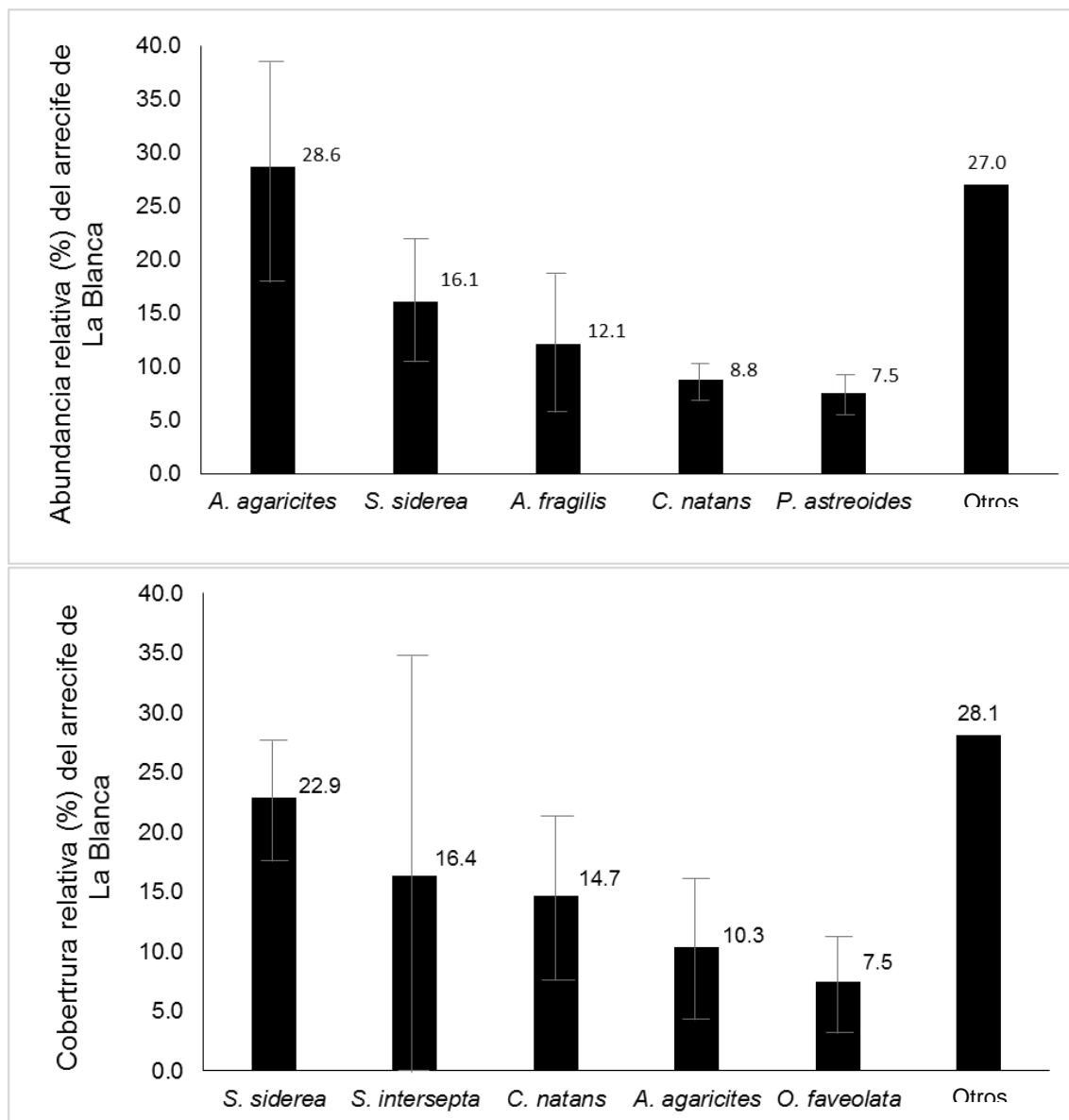


Figura 8. Abundancia y cobertura del arrecife la Blanca

Tabla 5
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife La Blanca

Especie	C-09		C-10		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Agaricia agaricites</i>	12.6	3.9	34.7	15.4	38.2	15.8	29	6.2	28.6 \pm 11.3	10.3 \pm 6.2
<i>A. fragilis</i>	24.6	11.8	9.7	6.8	7.9	4	6.3	1.3	12.1 \pm 8.4	5.7 \pm 5.5
<i>A. humilis</i>	7.3	3.7	6.8	3.4	6.2	3.5	4.8	1.2	6.3 \pm 1.1	3.0 \pm 1.2
<i>A. lamarcki</i>	3.1	5	0	0	0.6	0.7	3.4	1.5	1.8 \pm 1.7	1.8 \pm 2.2
<i>Colpophyllia natans</i>	8.4	16.9	11.9	24.1	6.2	10.1	8.7	7.5	8.8 \pm 2.3	14.7 \pm 7.4
<i>Madracis decactis</i>	2.6	1.8	3.4	4.6	3.4	1.2	3.9	1.7	3.3 \pm 0.5	2.3 \pm 1.5
<i>Manicina areolata</i>	3.1	2.1	1.7	0.9	2.2	1.8	1.9	0.7	2.2 \pm 0.6	1.4 \pm 0.7
<i>Millepora alcicornis</i>	0	0	1.1	0.4	0.6	0.1	0.5	0.1	0.6 \pm 0.5	0.2 \pm 0.2
<i>Montastraea cavernosa</i>	4.7	12.7	2.3	3.3	2.2	7.1	3.9	2.4	3.3 \pm 1.2	6.4 \pm 4.7
<i>Mycetophyllia daniana</i>	0	0	0.6	0.7	0	0	0	0	0.2 \pm 0.3	0.2 \pm 0.4
<i>M. lamarckiana</i>	0	0	0	0	0	0	0.5	0.3	0.1 \pm 0.3	0.1 \pm 0.2
<i>Oculina diffusa</i>	0	0	1.1	0.5	0	0	0	0	0.3 \pm 0.6	0.1 \pm 0.3
<i>Orbicella faveolata</i>	3.7	9.5	2.3	5.2	3.9	12	5.3	3.2	3.8 \pm 1.2	7.5 \pm 4.0
<i>O. franksi</i>	0	0	0.6	1.5	1.7	1.8	0	0	0.6 \pm 0.8	0.8 \pm 1.0
<i>Porites astreoides</i>	11	6.8	8.5	6.6	5.1	3.5	5.3	1.6	7.5 \pm 2.8	4.6 \pm 2.5
<i>Pseudodiploria strigosa</i>	0	0	0.6	0.1	0	0	0	0	0.2 \pm 0.3	0.0 \pm 0.1
<i>Scolymia cubensis</i>	1.6	0.8	0.6	0.2	3.9	2.6	0.5	0.3	1.7 \pm 1.6	1.0 \pm 1.1
<i>Siderastrea radians</i>	1.6	2.4	0	0	0	0	0	0	0.4 \pm 0.8	0.6 \pm 1.2
<i>S. siderea</i>	14.1	20.4	10.8	21.4	15.7	30.6	23.7	19	16.1 \pm 5.5	22.9 \pm 5.3
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	1.6	2.4	3.4	4.8	2.2	5.2	2.4	53.1	2.4 \pm 0.7	16.4 \pm 24.5

A= Abundancia. C= Cobertura.

Galleguilla

En el arrecife de la Galleguilla se registraron un total de 14 especies, *S. siderea* fue la más abundante y supero por mucho el porcentaje relativo de las demás con el 66% seguida de: *S. intersepta*, *M. cavernosa* y *O. difusa*. El arrecife registro una cobertura del 12.3% siendo también *S. siderea* la más abundante con un 70 % del total, seguida de *M. cavernosa*, *S. intersepta* y *C. natans* (Figura 9, Tabla 6).

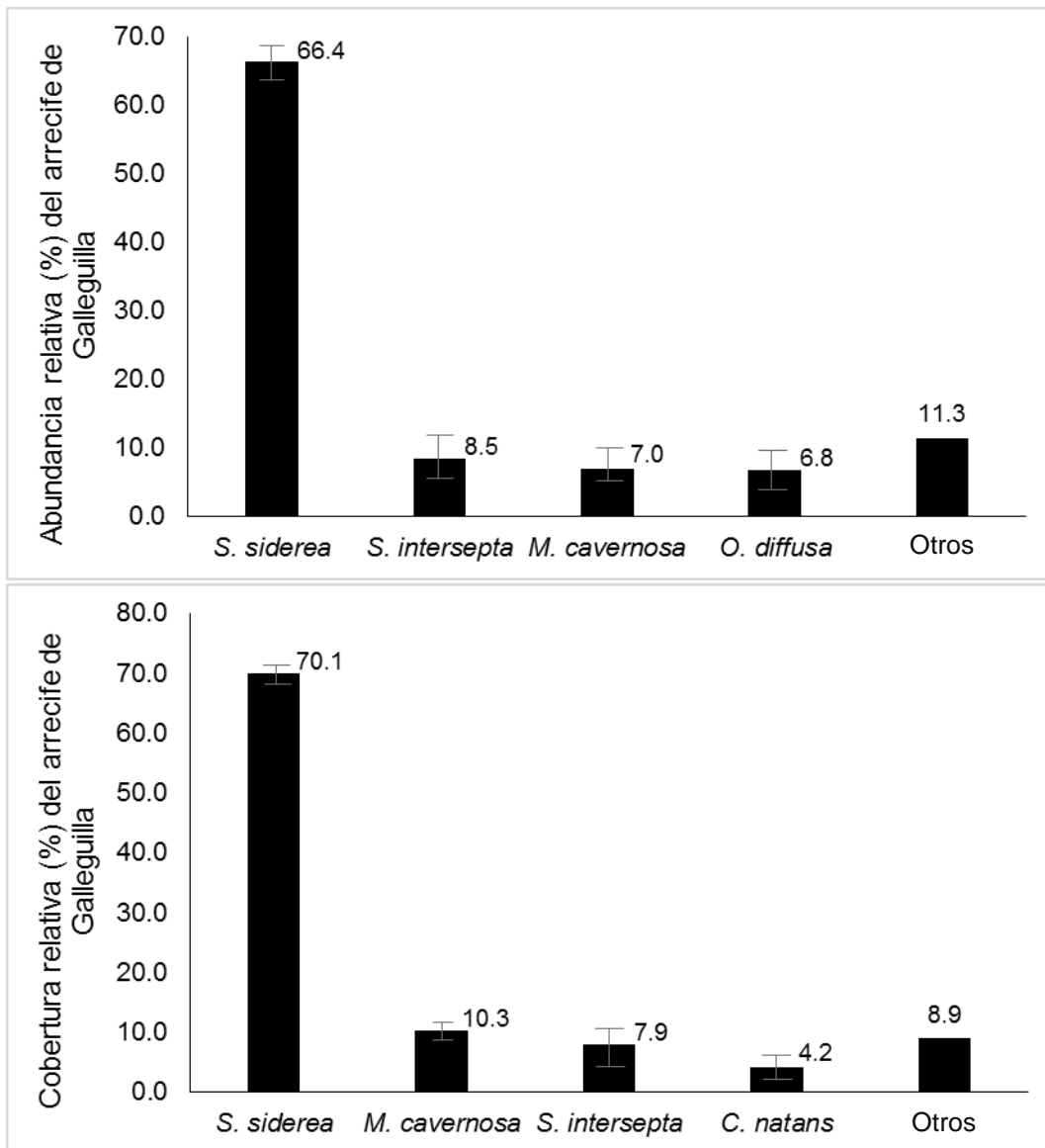


Figura 9 Abundancia y cobertura de especies en el arrecife Galleguilla

Tabla 6
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife de Galleguilla

Especie	C-09		C-10		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Agaricia agaricites</i>	1.4	0.8	0	0	2.2	0.5	0	0	0.9 \pm 0.1	0.3 \pm 0.4
<i>A. fragilis</i>	0	0	1.2	0.7	0	0	0	0	0.3 \pm 0.6	0.2 \pm 0.4
<i>A. humilis</i>	0	0	0	0	0	0	0.7	0.2	0.2 \pm 0.4	0.1 \pm 0.1
<i>A. lamarcki</i>	0	0	0	0	0	0	1.4	0.5	0.4 \pm 0.7	0.1 \pm 0.3
<i>Colpophyllia natans</i>	1.4	2.6	1.2	6.2	2.2	4.4	3.4	3.6	2.1 \pm 1.0	4.2 \pm 1.5
<i>Madracis decactis</i>	2.2	1	4.3	2.5	3.7	2.1	4.1	2.1	3.6 \pm 1.0	1.9 \pm 0.6
<i>Montastraea cavernosa</i>	8	11.9	3.7	11.2	6.7	9	9.6	9	7.0 \pm 2.5	10.3 \pm 1.5
<i>Oculina diffusa</i>	8.7	4.2	9.1	3.6	6.7	2.4	2.7	1.3	6.8 \pm 2.9	2.9 \pm 1.3
<i>Orbicella annularis</i>	0	0	0	0	0.7	0.1	0	0	0.2 \pm 0.4	0.0 \pm 0.1
<i>O. faveolata</i>	2.9	2.9	1.8	0.9	3	5.1	1.4	1.1	2.3 \pm 0.8	2.5 \pm 2.0
<i>Porites astreoides</i>	0	0	1.8	1.2	0.7	0.3	1.4	0.4	1.0 \pm 0.8	0.5 \pm 0.5
<i>Siderastrea radians</i>	2.2	1.6	0	0	0	0	0	0	0.6 \pm 1.1	0.4 \pm 0.8
<i>S. siderea</i>	65.2	70.5	67.7	68.2	69.6	70.8	63	70.8	66.4 \pm 2.9	70.1 \pm 1.3
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	8	4.5	9.1	5.6	4.4	10.5	12.3	11.1	8.5 \pm 3.3	7.9 \pm 3.4

A= Abundancia. C= Cobertura.

Hornos

El arrecife Hornos fue el de menor riqueza específica de todo el SAV ya que solo se encontraron un total de siete especies de las 26 registradas en nuestras campañas de muestreo, además de que presentó la cobertura coralina más baja de todo el sistema con 2.3%. Las especies más representativas según su abundancia fueron: *S. siderea*, *M. cavernosa* y *O. diffusa* solo estas tres especies en conjunto superan el 90% de la abundancia total. En cobertura estas tres especies (aunque con algunas diferencias porcentuales) también fueron las más representativas con un 93% del total. Resaltamos que a pesar de que *S. siderea* es más dominante en abundancia de individuos (43.6 %) no parece tan representativa en cobertura (23.2 %) (Figura 10, Tabla 7).

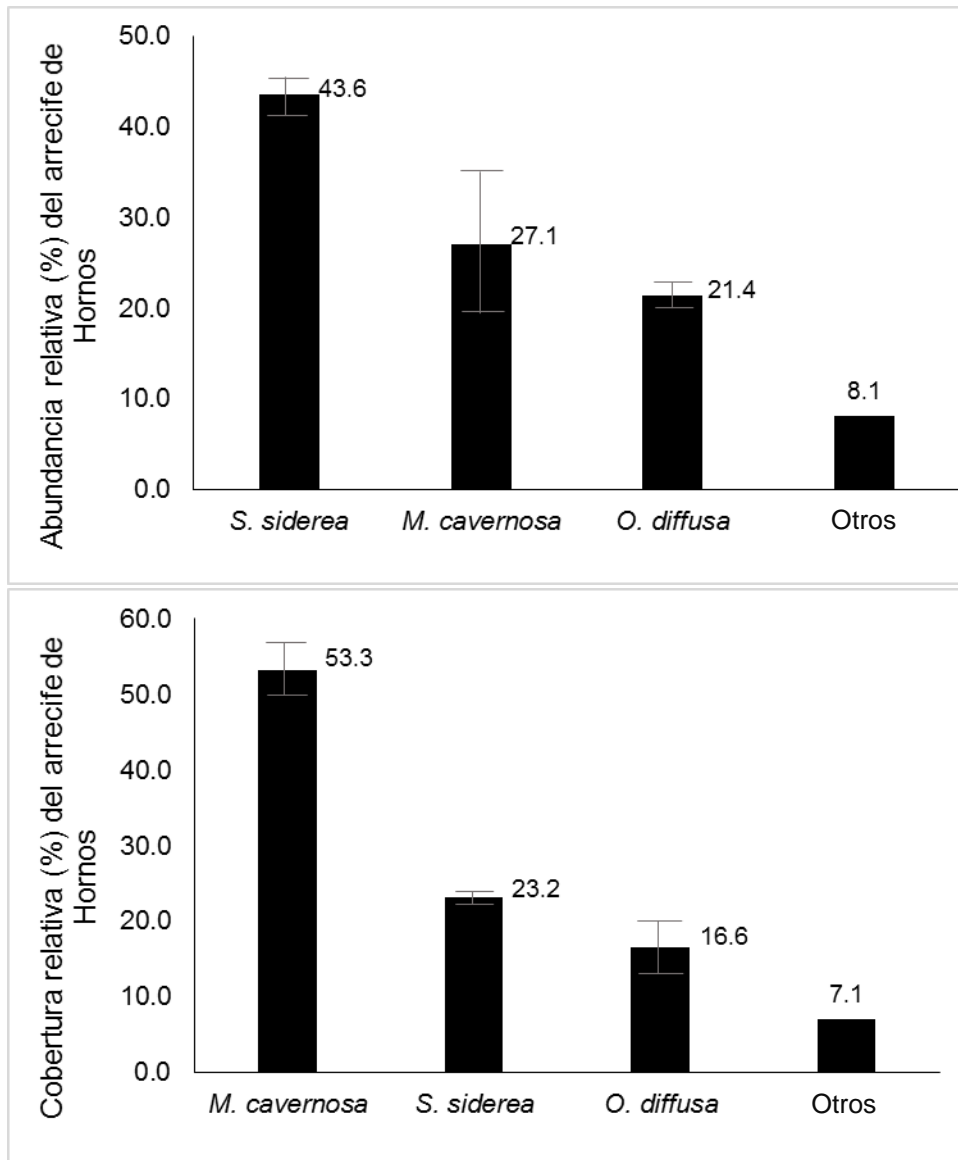


Figura 10. Abundancia y cobertura de especies en el arrecife Hornos

Tabla 7
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife de Hornos

Especie	C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C
<i>Agaricia agaricites</i>	1.9	0.6	0	0	1.0 \pm 1.3	0.3 \pm 0.4
<i>Colpophyllia natans</i>	1.9	3.3	0	0	1.0 \pm 1.3	1.7 \pm 2.3
<i>Millepora alcicornis</i>	6.5	5.7	0	0	3.3 \pm 4.6	2.9 \pm 4.0
<i>Montastraea cavernosa</i>	21.3	47.2	32.8	59.3	27.1 \pm 8.1	53.3 \pm 8.6
<i>Oculina diffusa</i>	20.4	19.1	22.4	14	21.4 \pm 1.4	16.6 \pm 3.6
<i>Siderastrea siderea</i>	45.4	22.5	41.8	23.8	43.6 \pm 2.5	23.2 \pm 0.9
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	2.8	1.7	3.0	2.9	2.9 \pm 0.1	2.3 \pm 0.8

A= Abundancia. C= Cobertura.

Isla Verde

Para el arrecife de Isla verde se contaron 14 especies de las cuales sobresalen en base a su abundancia relativa: *O. faveolata*, *S. siderea*, *S. intersepta* y *C. natans*. Por otro lado se registró una cobertura de 46.2% lo que lo convierte en el arrecife del grupo norte con mayor cobertura coralina. Las especies más dominantes según su cobertura relativa son: *O. faveolata*, *S. siderea*, *C. natans* y *M. cavernosa*. Aunque *O. faveolata* y *S. siderea* fue la mejor posicionada en ambos rubros las demás especies son muy dispares en sus posiciones y sus proporciones (Figura 11, Tabla 8).

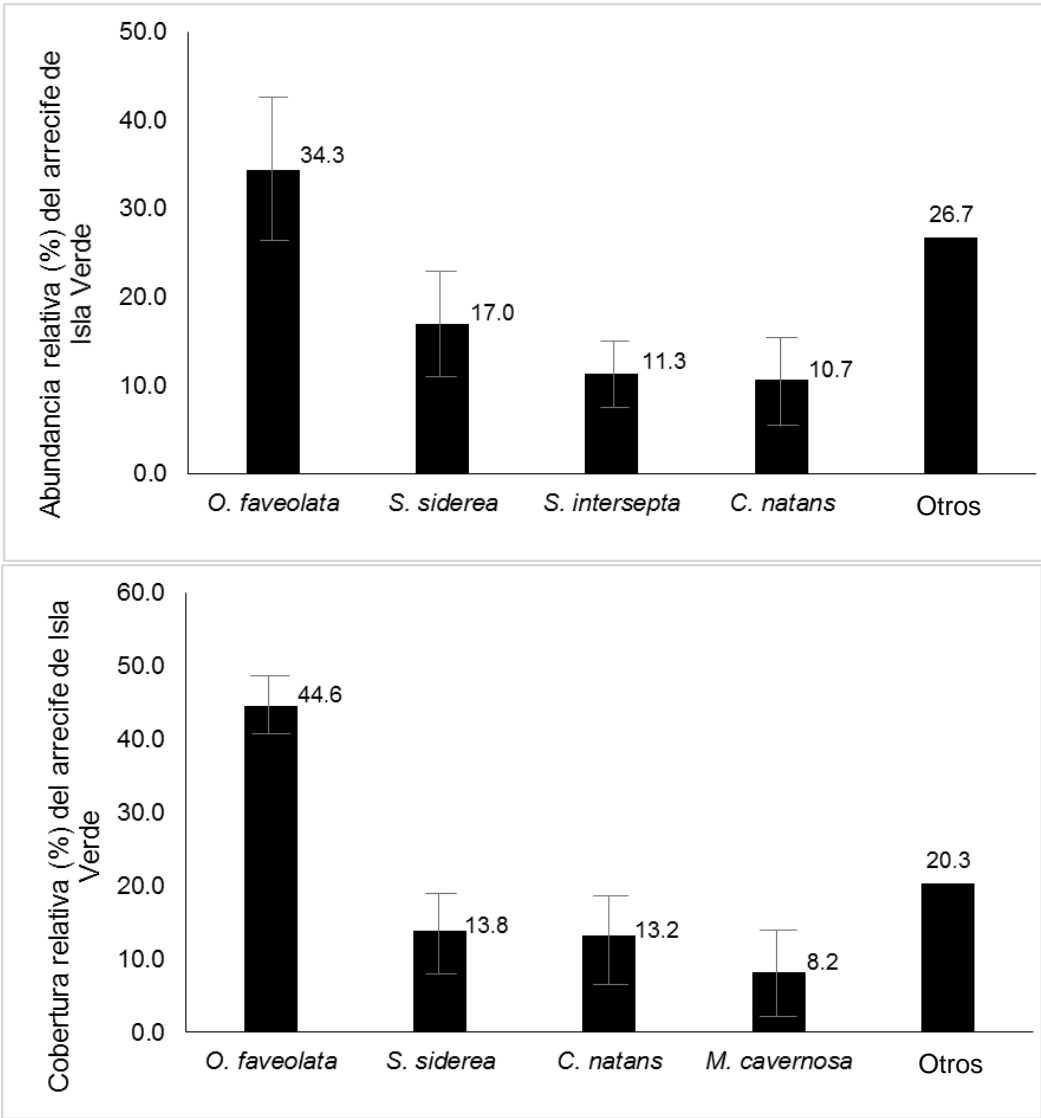


Figura 11 Abundancia y cobertura en el arrecife de Isla Verde.

Tabla 8
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife de Isla Verde

Especie	C-09		C-10		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Agaricia agaricites</i>	1.7	0.6	2.1	0.3	1.2	0.3	0	0	1.3 \pm 0.9	0.3 \pm 0.2
<i>A. fragilis</i>	0	0	0	0	0.6	0.1	0	0	0.2 \pm 0.3	0.0 \pm 0.1
<i>A. lamarcki</i>	0.8	0.4	2.9	3.9	4.8	2.6	2.8	1.7	2.8 \pm 1.6	2.2 \pm 1.5
<i>Colpophyllia natans</i>	17.8	21.2	7.1	9.9	4.8	8	12.9	13.7	10.7 \pm 5.9	13.2 \pm 5.8
<i>Madracis decactis</i>	4.2	1.7	5.7	2.6	10.2	6.1	5.6	2.4	6.4 \pm 2.6	3.2 \pm 2.0
<i>Manicina areolata</i>	0	0	0	0	0.6	0.3	0	0	0.2 \pm 0.3	0.1 \pm 0.2
<i>Montastraea cavernosa</i>	7.6	6.8	5	5.4	5.4	3.2	14.1	17.2	8.0 \pm 4.2	8.2 \pm 6.2
<i>Orbicella faveolata</i>	37.3	46.7	22.9	39.5	37.1	49.4	39.9	42.7	34.3 \pm 7.7	44.6 \pm 4.4
<i>O. franksi</i>	0	0	8.6	10.4	0.6	1.5	6	10.4	3.8 \pm 4.2	5.6 \pm 5.6
<i>Porites astreoides</i>	2.5	0.6	2.9	1.3	6	2.5	1.2	0.5	3.2 \pm 2.0	1.2 \pm 0.9
<i>Scolymia cubensis</i>	0	0	0.7	0.4	0	0	0	0	0.2 \pm 0.4	0.1 \pm 0.2
<i>Siderastrea radians</i>	2.5	1.3	0	0	0.6	0.9	0	0	0.8 \pm 1.2	0.6 \pm 0.7
<i>S. siderea</i>	16.1	15.8	23.6	15.1	19.8	18.6	8.5	5.6	17.0 \pm 6.4	13.8 \pm 5.7
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	9.3	5.1	18.6	11.2	8.4	6.4	8.9	5.8	11.3 \pm 4.9	7.1 \pm 2.8

A= Abundancia. C= Cobertura.

Isla de Sacrificios

En el arrecife de sacrificios pudimos observar un total de 17 especies y se registró una cobertura relativa del 19.4%, aquellas que sobresalen por tener una mayor abundancia relativa son: *S. sidérea*, *S. intercepta*, *M. cavernosa*, *M. decactis* y *O. difusa*. Las que sobresalen en cobertura relativa son: *S. sidérea*, *M. cavernosa*, *C. natans*, *S. intersepta* y *M. decactis* (Figura 9). En este caso la especie *S. sidérea* aventaja por mucho las demás especies alcanzando más del 30 % en abundancia y cobertura y la mayoría de las especies difieren en posiciones y proporciones como es el caso de *C. natans* quien en cobertura tubo un porcentaje del 16.2 % mientras que por el lado de abundancia solo alcanzo un 7.7 % (Figura 12, Tabla 9).

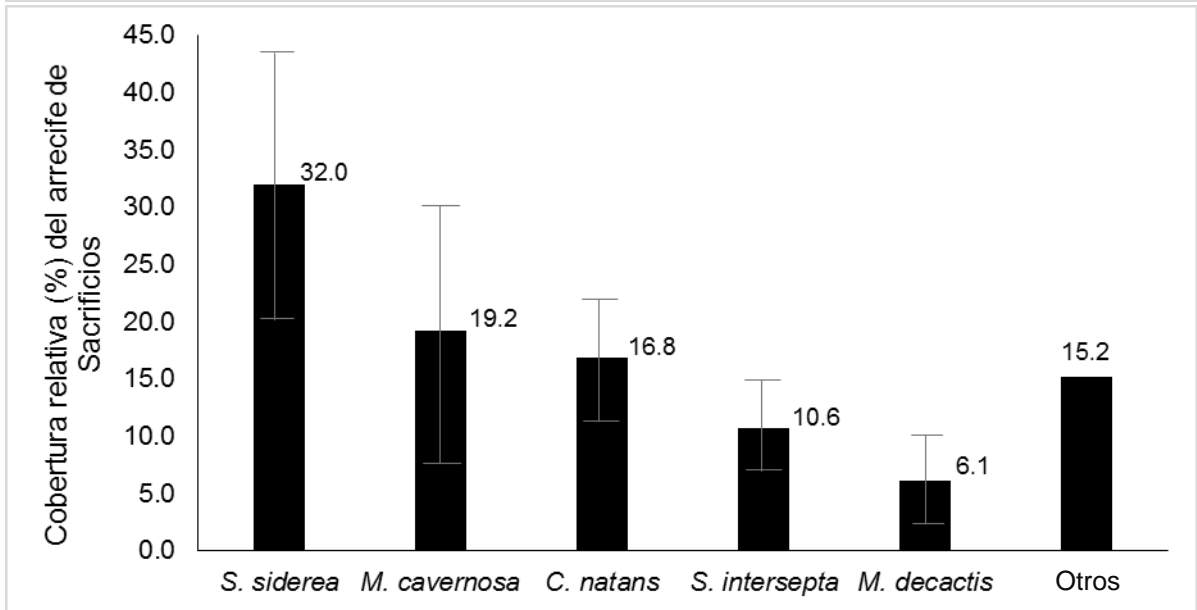
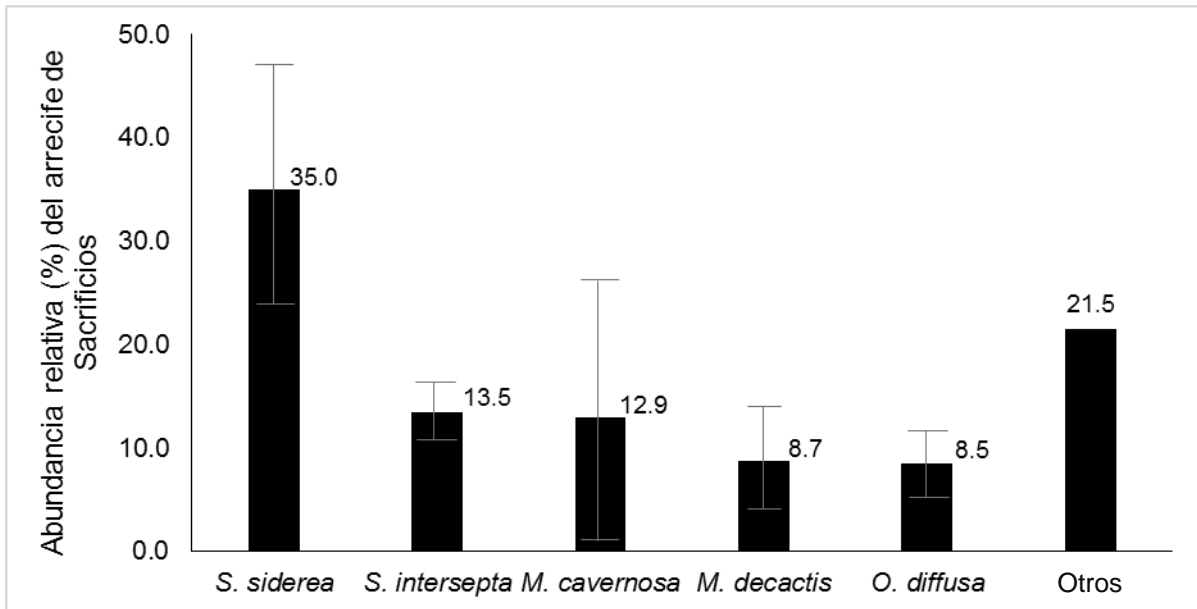


Figura 12 Abundancia y cobertura de especies en el arrecife Isla de Sacrificios

Tabla 9
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife de Sacrificios

Especie	C-09		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Agaricia agaricites</i>	3.7	1.1	2.1	1.1	3	1.1	2.9±0.8	1.1±0.0
<i>A. Fragilis</i>	0	0	1.6	0.5	0	0	0.5±0.9	0.2±0.3
<i>A. humilis</i>	0	0	1	0.5	0	0	0.3±0.6	0.2±0.3
<i>Colpophyllia natans</i>	12	22.4	6.8	17.3	5.9	10.7	8.2±3.3	16.8±5.9
<i>Leptoseris cucullata</i>	0	0	1.6	0.7	0	0	0.5±0.9	0.2±0.4
<i>Madracis decactis</i>	4.6	2.5	14.1	10.7	7.4	5.1	8.7±4.9	6.1±4.2
<i>Millepora alcicornis</i>	0	0	0.5	0.3	0	0	0.2±0.3	0.1±0.2
<i>Montastraea cavernosa</i>	28.7	39.8	3.1	5.2	6.9	12.7	12.9±13.8	19.2±18.2
<i>Oculina diffusa</i>	4.6	1.6	9.9	7.1	10.9	7.9	8.5±3.4	5.5±3.4
<i>Orbicella faveolata</i>	7.4	8.7	4.2	6.4	4.5	3.1	5.4±1.8	6.1±2.8
<i>Porites astreoides</i>	1.9	0.8	2.1	0.8	0.5	0.1	1.5±0.9	0.6±0.4
<i>Pseudodiploria clivosa</i>	2.8	3.1	0	0	0	0	0.9±1.6	1.0±1.8
<i>Scolymia cubensis</i>	2.8	0.6	0	0	0	0	0.9±1.6	0.2±0.3
<i>Siderastrea siderea</i>	20.4	13.8	41.1	37	43.6	45.1	35.0±12.7	32.0±16.2
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	11.1	5.5	12	12.3	17.3	14.1	13.5±3.4	10.6±4.5

A= Abundancia. C= Cobertura.

Pájaros

El arrecife Pájaros resulto ser el de mayor riqueza específica del grupo norte con un total de 20 especies registradas de las cuales destacan por su abundancia relativa: *S. siderea*, *P. astreoides*, *C. natans*, *O. difusa* y *S. intersepta*. Por su cobertura relativa destacan: *S. sidérea*, *C. natans*, *M. cavernosa*, *P. astreoides* y *O.difusa* la cobertura coralina fue de 16.4%. En ambos casos el conjunto de las 5 especies más dominantes en abundancia y cobertura representan casi el 80 % del total (Figura 13, Tabla 10).

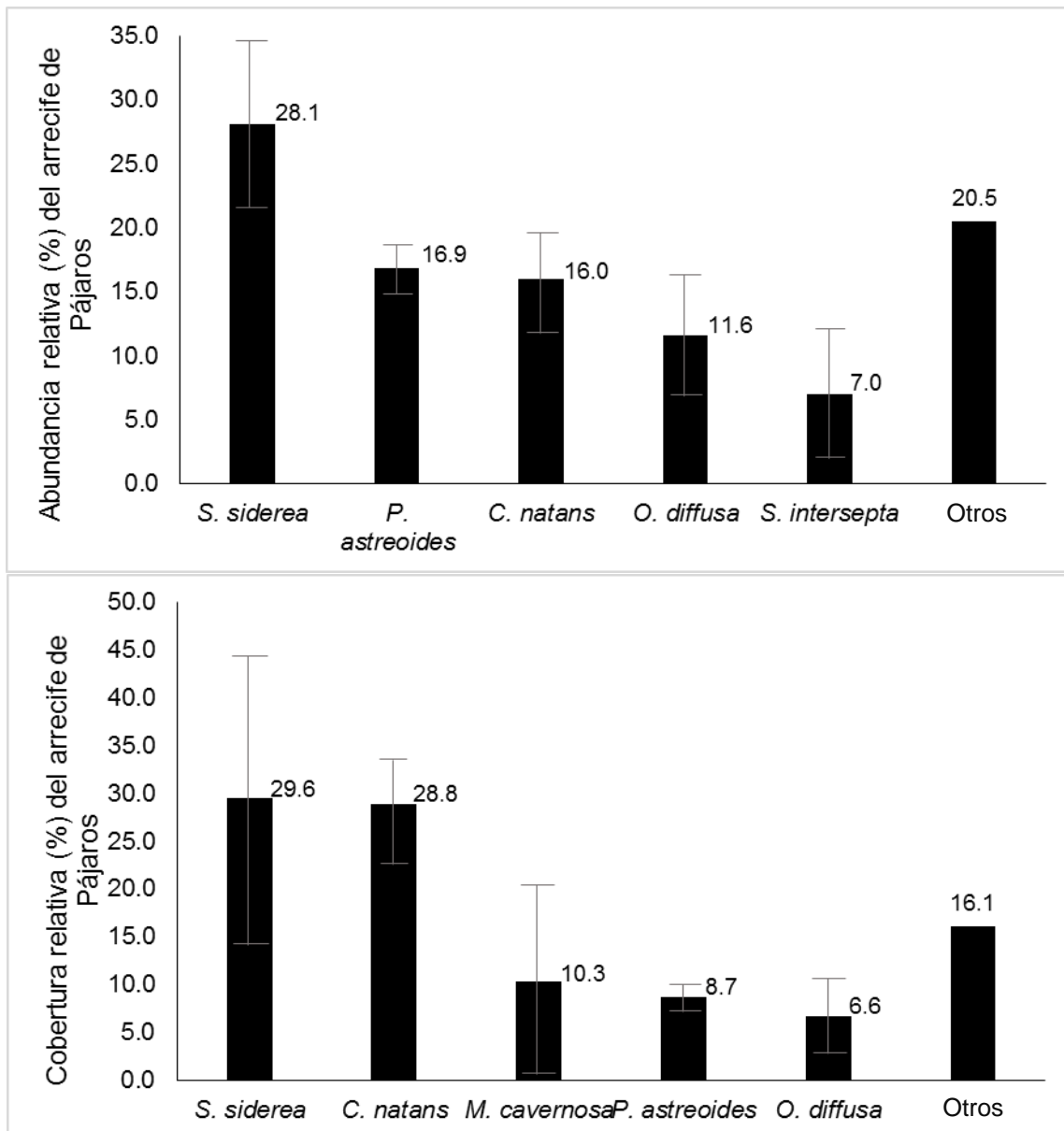


Figura 13 Abundancia y cobertura arrecife Pájaros.

Tabla 10
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en el arrecife de Pájaros

Especie	C-09		C-10		C-11		C-12		General	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Agaricia agaricites</i>	1.8	0.4	0	0	3.1	0.8	0.7	0.3	1.4±1.4	0.4±0.3
<i>A. fragilis</i>	0	0	0	0	0.8	0.3	0	0	0.2±0.4	0.1±0.2
<i>A. humilis</i>	0.9	0.3	0	0	0.8	0.3	0	0	0.4±0.5	0.2±0.2
<i>A. lamarcki</i>	0	0	1	0.1	0	0	0	0	0.3±0.5	0.0±0.1
<i>Colpophyllia natans</i>	20.2	36.3	15.5	27.6	11.8	22.4	16.4	29	16.0±3.4	28.8±5.7
<i>Leptoseris cucullata</i>	0	0	0	0	0	0	0.7	0.9	0.2±0.4	0.2±0.5
<i>Madracis decactis</i>	3.5	1.9	6.8	3.8	3.1	2.1	4.5	2.3	4.5±1.7	2.5±0.9
<i>Manicina areolata</i>	4.4	3.8	1	0.6	0	0	3.7	2.2	2.3±2.1	1.7±1.7
<i>Millepora alcicornis</i>	0.9	0.3	0	0	0.8	0.6	0	0	0.4±0.5	0.2±0.3
<i>Montastraea cavernosa</i>	11.4	17.4	8.7	20.1	0.8	0.6	2.2	2.9	5.8±5.1	10.3±9.9
<i>Mycetophyllia daniana</i>	0	0	1	0.6	0	0	0	0	0.3±0.5	0.2±0.3
<i>Oculina diffusa</i>	11.4	6.4	6.8	2.6	10.2	5.3	17.9	12.2	11.6±4.6	6.6±4.0
<i>Orbicella faveolata</i>	0.9	1.3	2.9	1.9	1.6	1.3	2.2	2	1.9±0.9	1.6±0.4
<i>O. franksi</i>	0	0	0	0	0.8	1	0	0	0.2±0.4	0.3±0.5
<i>Porites astreoides</i>	14	7.4	17.5	9.6	16.5	9	19.4	8.6	16.9±2.2	8.7±0.9
<i>Pseudodiploria clivosa</i>	1.8	1.1	1	3.5	0	0	0	0	0.7±0.9	1.2±1.7
<i>P. strigosa</i>	0	0	1.9	1.9	0	0	0	0	0.5±1.0	0.5±1.0
<i>Siderastrea radians</i>	6.1	8.8	0	0	0	0	0	0	1.5±3.1	2.2±4.4
<i>S. siderea</i>	20.2	13.3	29.1	21.9	35.4	46.3	27.6	36.7	28.1±6.2	29.6±14.8
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	2.6	1.3	6.8	5.9	14.2	9.8	4.5	2.9	7.0±5.1	5.0±3.7

A= Abundancia. C= Cobertura.

Grupo Sur

A diferencia del grupo norte, en el grupo sur hubo una mayor riqueza específica siendo encontradas las 26 especies (registradas en nuestras campañas de muestreo) del SAV, además de que en conjunto tuvo un mayor promedio de cobertura coralina con un 38.8%, este grupo se encuentra conformado por los arrecifes de Anegada de afuera, Cabezo, Chopas, Isla de Enmedio y la Blanca.

En abundancia relativa las especies dominantes fueron:

A. agaricites > *O. faveolata* > *C. natans* > *M. cavernosa* > *O. franksi*.

Las abundancias de estas cinco especies representan un 57.4% (ver Figura 14). Por el lado de cobertura relativa las especies dominantes fueron:

O. faveolata > *C. natans* > *O. franksi* > *M. cavernosa* > *S. siderea*.

En conjunto la cobertura relativa de estas cinco especies es equivalente al 65% del total del Grupo Sur (figura 14, tabla 14). Como esperábamos, las diferencias de la estructura de la comunidad de corales son claras a simple vista: a primera instancia nos encontramos con que *A. agaricites* aparece como principal dominante solo en abundancia siendo que pareciera no ser tan relevante en cobertura. Ocurre algo similar con *S. siderea* ya que solo aparece como relevante dentro de cobertura. Las especies: *M. cavernosa*, *C. natans*, *O. franksi* y *O. faveolata* aunque se encuentran presentes en ambos rubros tienen diferente porcentaje relativo (Figura 17).

A. agaricites vista desde la abundancia es la especie con el mayor número de individuos (17.7%) y por tanto pareciera la más representativa del Grupo Sur, sin embargo cuando la comparamos con su cobertura la especie ni siquiera figura dentro de las más representativas de cobertura y apenas alcanza un 4.4%, posiblemente esto se deba a que el género *Agaricia* tiene un índice alto en

abundancia de reclutas (24.3%) como reportó Horta-Puga y colaboradores (2015), por lo que esperaríamos que la mayoría de sus individuos tuvieran tallas pequeñas y fueran muy abundantes en número a comparación de las otras especies con un número estándar de reclutas, pero, a pesar de ser abundantes tendrían valores pequeños de cobertura ya que la mayoría de sus individuos serían relativamente recientes. La cobertura relativa nos muestra que las especies *O. franksi* y *O. faveolata* son las más relevantes, pero, no repiten su dominancia desde el punto de vista de abundancia relativa, esto se debe a que por el contrario del género *Agaricia* que domina en abundancia, el género *Orbicella* alcanza tallas más grandes en el SAV con un promedio de $1.30 \text{ m}^2 \pm 0.27$ para *O. faveolata* y un promedio de $0.94 \text{ m}^2 \pm 0.19$ para *O. franksi* (Rangel Avalos et al 2007).

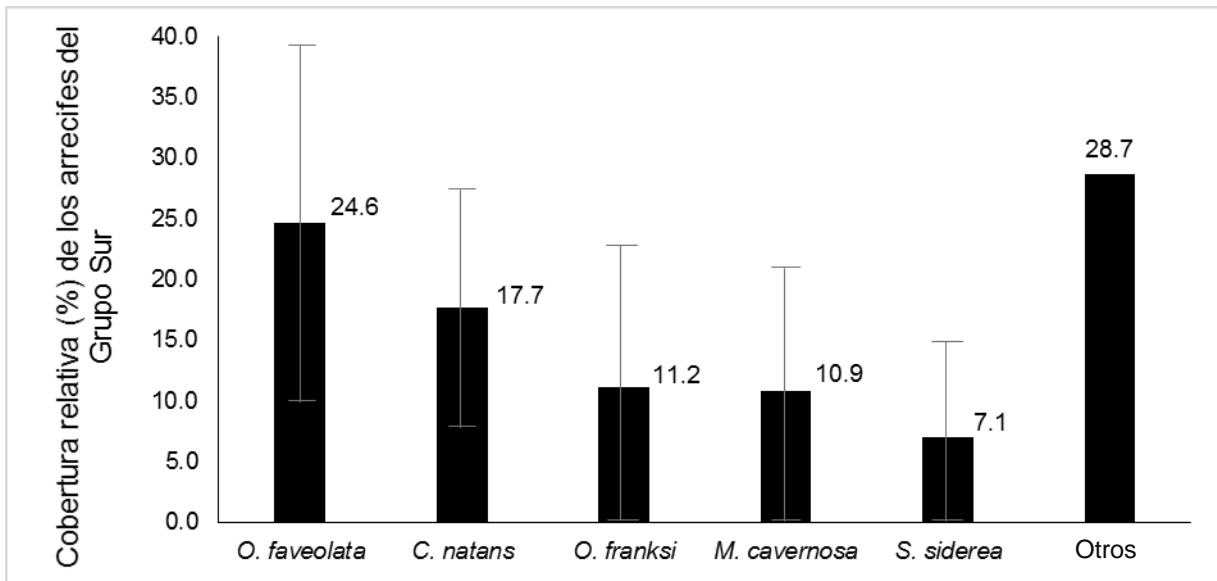
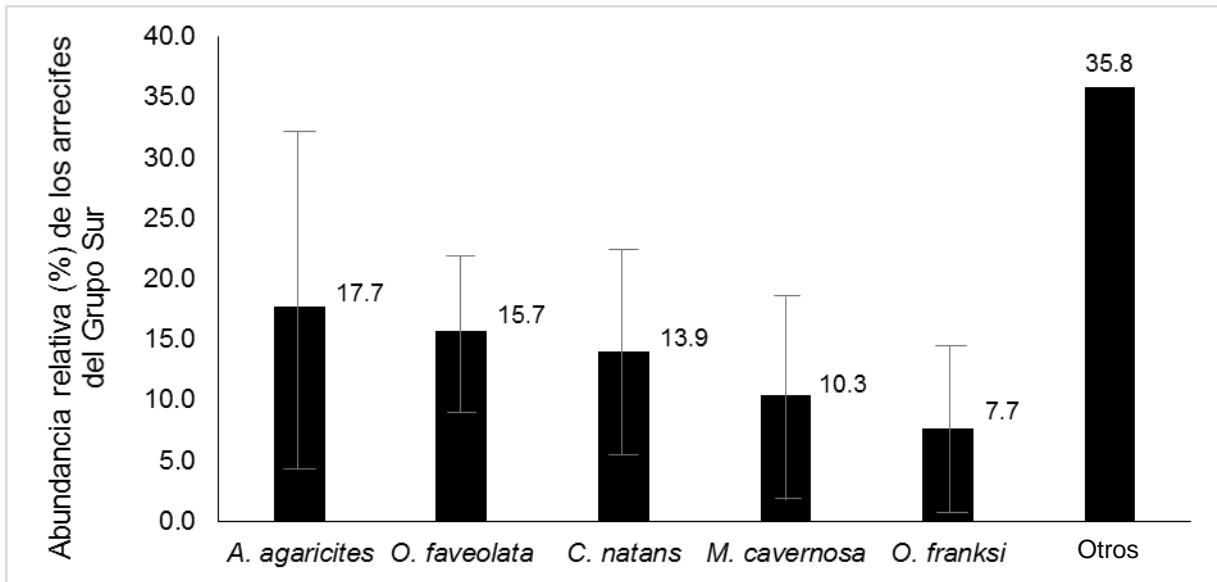


Figura 14 Abundancia y cobertura relativa grupo sur

Grupo Norte

En el grupo norte se encuentran los arrecifes de: la Galleguilla, Hornos, Isla Verde, Isla de Sacrificios y Pájaros, se encontraron 22 de las 26 especies registradas en nuestras campañas y su porcentaje de cobertura promedio fue de 15.7%. Por su abundancia relativa sobresalen las especies:

S. siderea > *M. cavernosa* > *O. difusa* > *O. faveolata* > *S. intercepta*

Ya que en conjunto representan un 65.3% de la abundancia total en el grupo norte. En conjunto las especies más relevantes en Cobertura sumaron un 70.7% del total del grupo sur (Figura 15, Tabla 14) dentro de las cuales se encuentran:

S. siderea > *M. cavernosa* > *C. natans* > *O. faveolata* > *S. intercepta*

Al igual que en el Grupo Sur se observan las diferencias de la estructura de la comunidad de corales, pese a que la mayoría de las especies repiten en las más relevantes en ambos grupos nos encontramos con que hay dos especies que solo aparecen como relevantes en abundancia en uno de ellos, siendo *O. difusa* más relevante en abundancia y *C. natans* en cobertura (Figura 17). Esto se debe a que los arrecifes del Grupo Norte tienen un mayor impacto antrópico que los arrecifes del Grupo Sur debido a su cercanía con el puerto de Veracruz, por lo que podemos explicar que especies como *M. cavernosa* esté presente como una de las más dominantes en cobertura y abundancia, ya que esta es una de las especies más resistentes a los impactos antrópicos y a la sedimentación, características que están muy presentes en el SAV y que en general configuran una comunidad diferente de corales dominantes en el Grupo Norte a comparación con la del Grupo Sur (Rangel Avalos et al 2007, Horta Puga et al 2015).

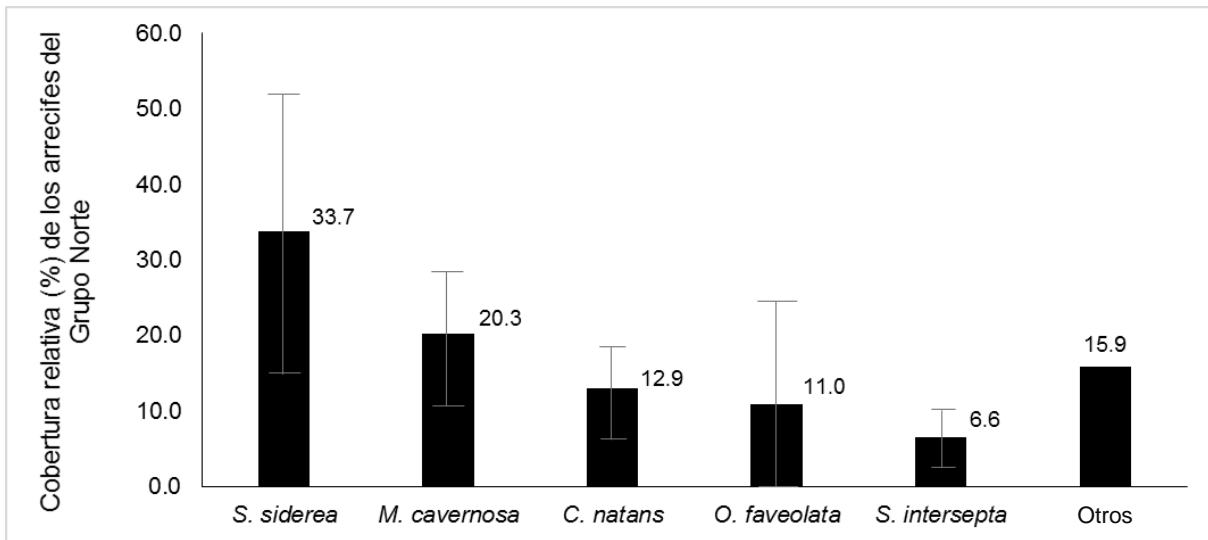
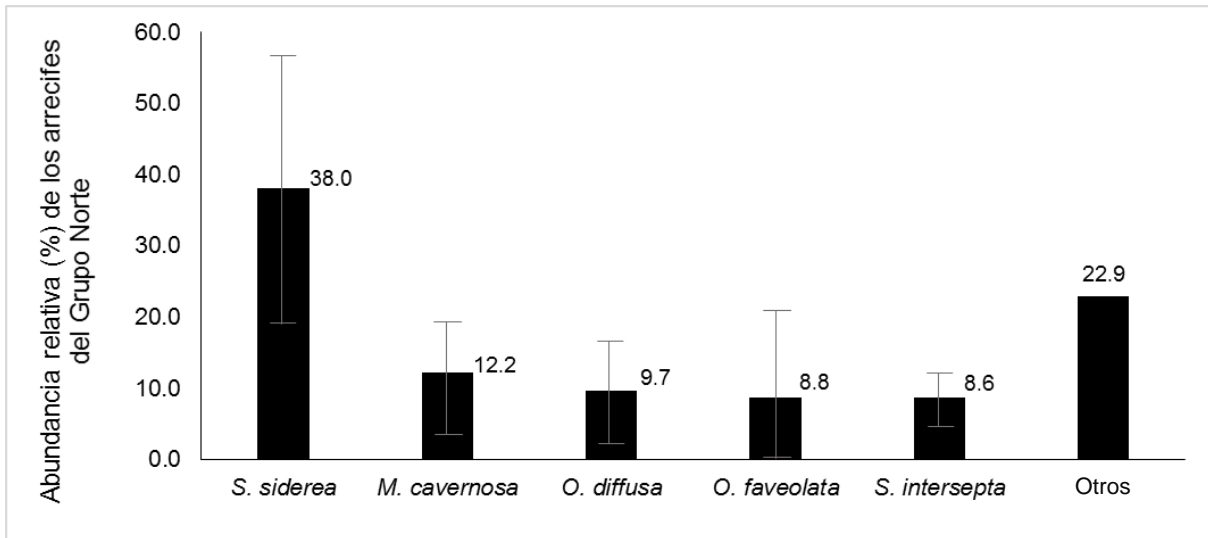


Figura 15 Abundancia y cobertura relativa del Grupo Norte

SAV

En conjunto el Sistema Arrecifal Veracruzano tuvo como especies dominantes en abundancia relativa a:

S. siderea > *M. cavernosa* > *C. natans* > *A. agaricites* > *O. faveolata*

En conjunto las abundancias de estas cinco especies representan un 61% del total (ver figura 16). En cobertura relativa las especies dominantes fueron:

S. siderea > *C. natans* > *M. cavernosa* > *O. franksi* > *O. faveolata*

La cobertura relativa de estas especies es equivalente al 73% de todo el SAV (figura 16, tabla 14). En este caso las diferencias no son tan marcadas como en algunos arrecifes pero si se encuentran presentes en la configuración de la comunidad vía abundancia y vía cobertura, por ejemplo: la especie *A. agaricites* presentó una abundancia relativa del 9.3% contra una cobertura relativa del 3.0%, caso similar al de *O. franksi* que obtuvo un 8.3% en abundancia y un 13.7% en cobertura, las demás especies dominantes en ambos grupos permanecen constantes aunque también presentan diferentes porcentajes como es *M. cavernosa* con 11.3% en abundancia y un 14.6 en cobertura (Figura 17).

Pese a que las diferencias entre abundancia y cobertura pueden ser evidentes a simple vista las desviaciones estándar de los datos obtenidos en la mayoría de los arrecifes y los grupos Norte, Sur y SAV son muy grandes como se ha observado en las gráficas y las tablas presentadas, esto se traduce a que la distribución de las colonias coralinas es muy dispar y contrastante en todos los arrecifes, al grado de que nos encontramos con especies que en la misma zona y profundidad del arrecife se presentaron como dominantes en una campaña y pero a la siguiente se encontraron pocos especímenes o ninguno dando desviaciones estándar muy altas, como es el caso de *M. cavernosa* en el arrecife Pájaros donde presento una

cobertura relativa del 10.3 (± 9.9 %), al igual que *S. intercepta* en el arrecife La Blanca donde obtuvo una cobertura del 16.4 (± 24.5 %) siendo una de las 4 dominantes.

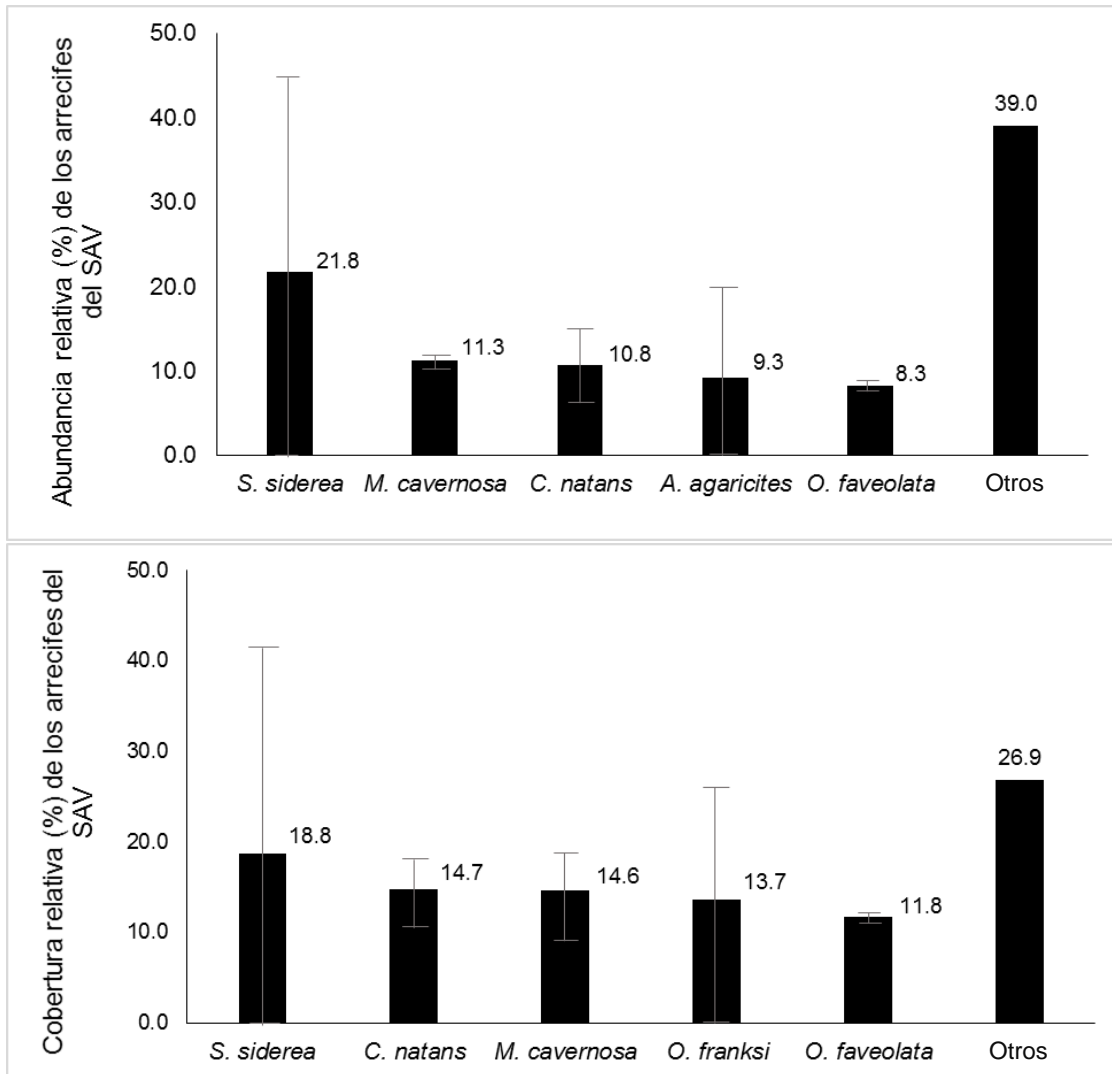


Figura 16 Abundancia y cobertura relativa en todo el SAV

Tabla 11
Abundancia y cobertura relativas (%) y promedio general ($\pm 1\sigma$) de las especies de corales registradas durante las cuatro campañas en los arrecifes del Grupo Sur, Grupo Norte y SAV

Especie	GS		GN		SAV	
	A	C	A	C	A	C
<i>Acropora cervicornis</i>	0.1±0.2	0.1±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.1	0.1±0.1
<i>Agaricia agaricites</i>	17.0±14.8	5.6±4.7	1.5±0.8	0.5±0.3	9.3±11.0	3.0±3.7
<i>A. fragilis</i>	6.9±4.8	2.6±2.5	0.2±0.2	0.1±0.1	3.6±4.7	1.4±1.8
<i>A. humilis</i>	3.4±2.9	1.3±1.2	0.2±0.2	0.1±0.1	1.8±2.3	0.8±0.8
<i>A. lamarcki</i>	0.8±0.9	0.8±0.9	0.7±1.2	0.5±1.0	0.8±0.1	0.8±0.1
<i>Colpophyllia natans</i>	13.9±9.9	17.7±5.7	7.6±6.2	12.9±11.0	10.8±4.5	14.7±4.2
<i>Dichocoenia stokesii</i>	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
<i>Leptoseris cucullata</i>	1.6±2.3	0.6±1.0	0.1±0.2	0.1±0.1	0.9±1.1	0.4±0.3
<i>Madracis decactis</i>	3.6±2.3	2.5±1.7	4.6±3.2	2.7±2.2	4.1±0.7	2.8±0.4
<i>Manicina areolata</i>	1.1±0.9	0.7±0.6	0.5±1.0	0.4±0.8	0.8±0.4	0.8±0.1
<i>Millepora alcicornis</i>	0.6±0.4	0.5±0.4	0.8±1.4	0.6±1.3	0.7±0.1	0.8±0.4
<i>Montastraea cavernosa</i>	10.3±12.1	10.9±12.9	12.2±8.8	20.3±19.0	11.3±1.3	14.6±5.2
<i>Mycetophyllia daniana</i>	0.3±0.5	0.2±0.2	0.1±0.1	0.0±0.1	0.2±0.1	0.2±0.0
<i>M. lamarckiana</i>	0.4±0.6	0.3±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.2±0.3	0.2±0.2
<i>Oculina diffusa</i>	0.1±0.1	0.0±0.0	9.7±7.8	6.3±6.3	4.9±6.8	3.6±5.0
<i>Orbicella annularis</i>	2.8±2.9	5.7±5.9	0.0±0.1	0.0±0.0	1.4±2.0	2.9±4.0
<i>O. faveolata</i>	7.7±11.4	11.2±15.4	8.8±14.0	11.0±19.0	8.3±0.8	11.8±0.8
<i>O. franksi</i>	15.7±7.0	24.6±15.3	0.8±1.7	1.2±2.5	8.3±10.5	13.7±15.5
<i>Porites astreoides</i>	5.0±2.7	2.8±1.6	4.5±7.0	2.2±3.7	4.8±0.4	2.7±0.2
<i>Pseudodiploria clivosa</i>	0.2±0.3	0.1±0.3	0.3±0.4	0.4±0.6	0.3±0.1	0.6±0.6
<i>P. strigosa</i>	0.7±0.7	0.6±0.9	0.1±0.2	0.1±0.2	0.4±0.4	0.6±0.1
<i>Scolymia cubensis</i>	0.6±0.6	0.3±0.4	0.2±0.4	0.1±0.1	0.4±0.3	0.2±0.1
<i>S. lacera</i>	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
<i>Siderastrea radians</i>	0.1±0.2	0.2±0.3	0.6±0.6	0.6±0.9	0.4±0.4	0.6±0.0
<i>S. siderea</i>	5.5±6.3	7.1±9.1	38.0±19.0	33.7±22.0	21.8±23.0	18.0±16.5
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	2.0±2.2	4.0±7.0	8.6±4.1	6.6±3.1	5.3±4.7	5.0±1.3

A= Abundancia. C= Cobertura. GN= Grupo norte. GS= Grupo sur. SAV=Sistema Arrecifal Veracruzano.

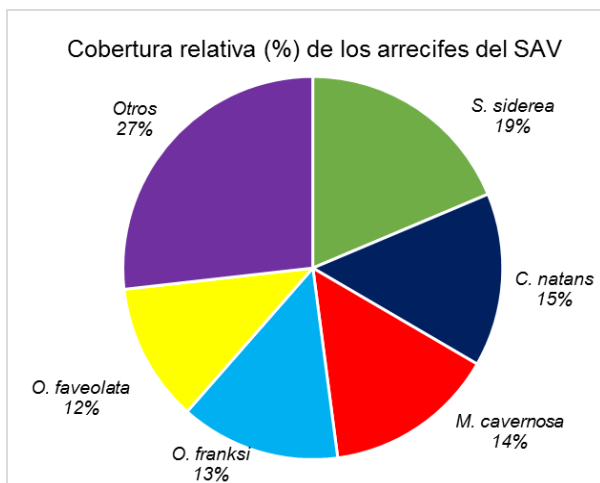
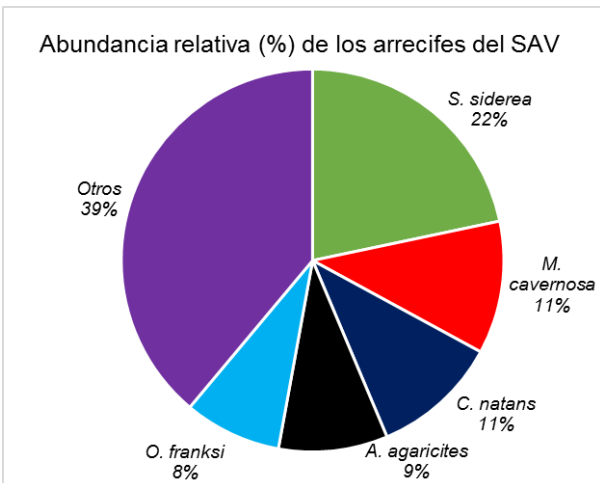
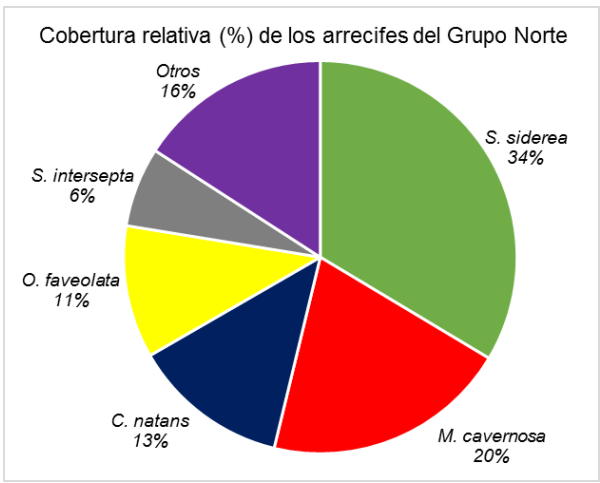
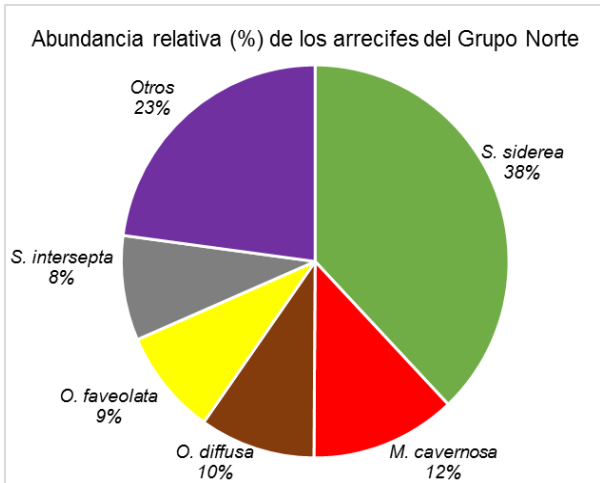
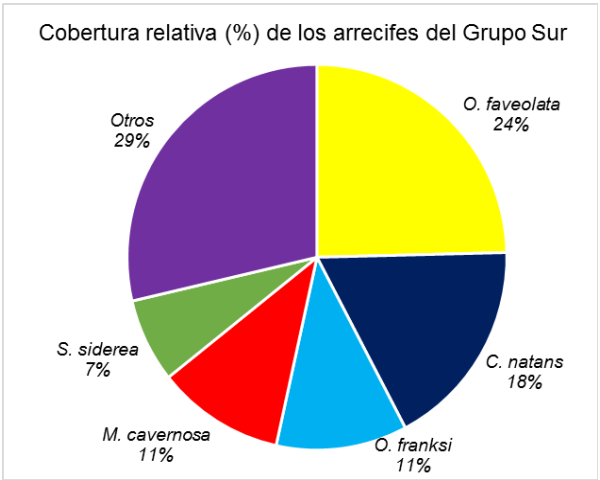
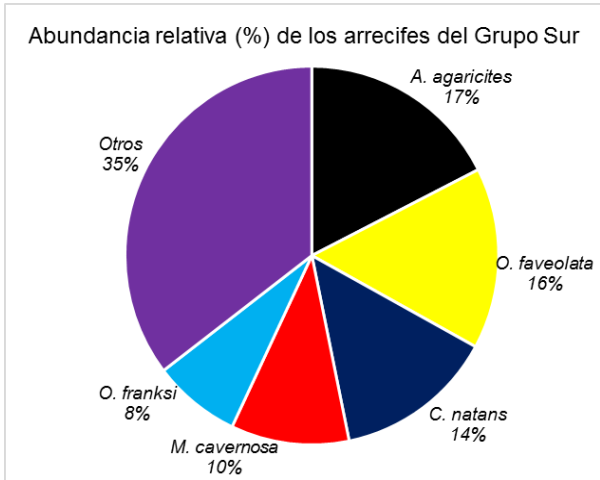


Figura 17 Abundancia y cobertura de la comunidad de corales hermatípicos (%) del Grupo Sur, Grupo Norte y SAV.

Zonación del SAV

Abundancia

Después de obtener las gráficas en Past (versión 0.45) y al analizar el dendrograma de la abundancia relativa observamos que si partimos de una similitud del 58% podemos dividir a los arrecifes del SAV en los siguientes grupos (ver Figura 18).

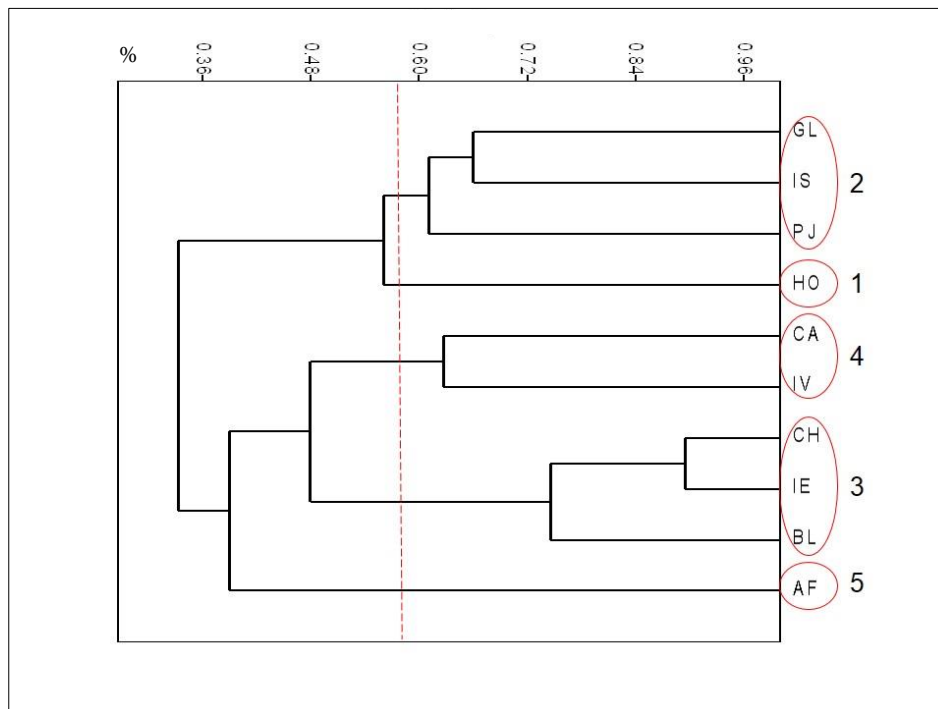


Figura 18 Dendrograma del análisis de similitud de Bray-Curtis (%) según la abundancia relativa en el SAV. GL = Galleguilla, IS = Isla de Sacrificios, PJ = Pájaros, HO = Hornos, CA = Cabezo, IV = Isla Verde, CH = Chopas, IE = Isla de Enmedio, BL = La Blanca, AF = Anegada de Afuera, 0 = grupos arrecifales, 1 = arrecifes costeros, 2 = arrecifes internos del sur, 3 = arrecifes internos del norte, 4 = arrecifes intermedios, 5 = arrecifes externos.

Los grupos que reflejó este análisis fueron geolocalizados en un mapa donde los clasificamos de más cercanos a más lejanos de la costa tanto para el dendrograma de abundancia como el de cobertura, en adición a ello y para comparar las similitudes y diferencias de los grupos obtenidos a continuación nombramos y describimos que arrecifes los conforman y cuáles son las especies dominantes que se encuentran en cada uno de ellos.

Grupo 1, Arrecifes Costeros: este grupo solo está formado por el arrecife Hornos el más cercano a la costa por ser un arrecife de tipo costero y a su vez uno de los más impactados por su cercanía al puerto lo que inmediatamente se ve evidenciado en su riqueza específica ya que apenas logramos registrar 7 de las 26 especies encontradas a nivel SAV. En este arrecife las tres especies dominantes obtuvieron más del 90% del total fueron:

S. siderea > *M. cavernosa* > *O. diffusa*

Se sabe que los arrecifes más cercanos al puerto se encuentran más expuestos a el impacto antrópico (Rangel Avalos et al. 2007, Horta Puga y Tello Musi 2009). Partiendo de la idea de que este arrecife está altamente impactado podríamos hipotetizar que las especies dominantes conforman la estructura de una comunidad resistente a impactos antropogénicos como reporto Gutiérrez Ruiz (2011) quienes describen que la especie *M. cavernosa* es un coral común en arrecifes cercanos al puerto (arrecifes altamente impactados) mientras que *A. agaricites* es común en los alejados del puerto (arrecifes relativamente con bajo impacto).

Grupo 2, Arrecifes internos del norte: en este grupo se encuentra la mayoría de los arrecifes del Grupo Norte como son: Galleguilla (con 14 especies registradas), Isla de sacrificios (15 especies registradas) y Pájaros (20 especies registradas). Donde las especies más relevantes fueron:

Galleguilla: *S. siderea* > *S. intersepta* > *M. cavernosa* > *O. difusa*

Isla de Sacrificios: *S. siderea* > *S. intersepta* > *M. cavernosa* > *M. decactis* > *O. difusa*

Pájaros: *S. siderea* > *P. astreoides* > *C. natans* > *O. difusa* > *S. intersepta*

Como en el primer grupo *S. siderea* es la especie dominante en todos los arrecifes sin embargo *M. cavernosa* y *O. difusa* a pesar de estar presentes dejan espacio para otras especies representativas como *S. intersepta*. Lo que sugiere que las condiciones relativamente mejores de estos arrecifes dan pasó a que más especies interactúen entre sí. Pese a que hay un mayor número de especies la configuración de la comunidad altamente impactada sigue estando presente en los arrecifes de este grupo.

Grupo 3, Arrecifes Internos del sur: en este grupo se encuentra la mayoría de los arrecifes del Grupo sur, como son: La Blanca, Chopas e Isla de Enmedio todos con un promedio de 20 especies registradas, dentro de las cuales las más dominantes son:

La Blanca: *A. agaricites* > *S. siderea* > *A. fragilis* > *C. natans* > *P. astreoides*

Chopas: *A. agaricites* > *O. faveolata* > *C. natans* > *A. fragilis* > *P. astreoides*

Isla de Enmedio: *A. agaricites* > *O. faveolata* > *C. natans* > *A. fragilis*

La especie *A. agaricites* es por mucho la más representativa de este grupo ya que es dominante en todos los arrecifes de este tipo. La configuración de la estructura de la comunidad difiere de los arrecifes altamente impactados ya que la única especie presente de esa configuración es *S. siderea* y las demás varían entre los arrecifes del grupo.

Grupo 4, Arrecifes intermedios: este es el único grupo donde se junta un arrecife del Grupo Norte y uno del Grupo Sur, aquí podemos encontrar al arrecife de Isla Verde

y al Arrecife de Cabezo mismos que presentaron una riqueza específica de 14 y 19 (respectivamente) y cuyas especies más dominantes son:

Isla Verde: *O. faveolata* > *S. siderea* > *S. intersepta* > *C. natans*

Cabezo: *M. cavernosa* > *O. faveolata* > *C. natans* > *S. siderea*

Ambos arrecifes presentan: *O. faveolata*, *C. natans* y *S. siderea*, sin embargo aquí se presentan especies dominantes diferentes en comparación con los grupos anteriores.

Grupo 5, Arrecifes Externos: finalmente el último grupo está conformado por el arrecife de Anegada de Afuera el cual también es el más alejado de todos los arrecifes muestreados y a pesar de ello solo se registraron un total de 15 especies en él, donde las más representativas fueron:

C. natans > *O. franksi* > *O. faveolata* > *M. cavernosa*

Esta estructura de la comunidad coralina es la menos impactada por el puerto de Veracruz y supondríamos que sería la que representa un arrecife de condiciones relativamente mejores, sin embargo su distancia del puerto de Veracruz no necesariamente garantiza que las especies sean las de un arrecife menos impactado especialmente cuando se sabe que la desembocadura del río Papaloapan influye principalmente sobre este arrecife por lo que no podríamos contarlo como uno de los mejores conservados

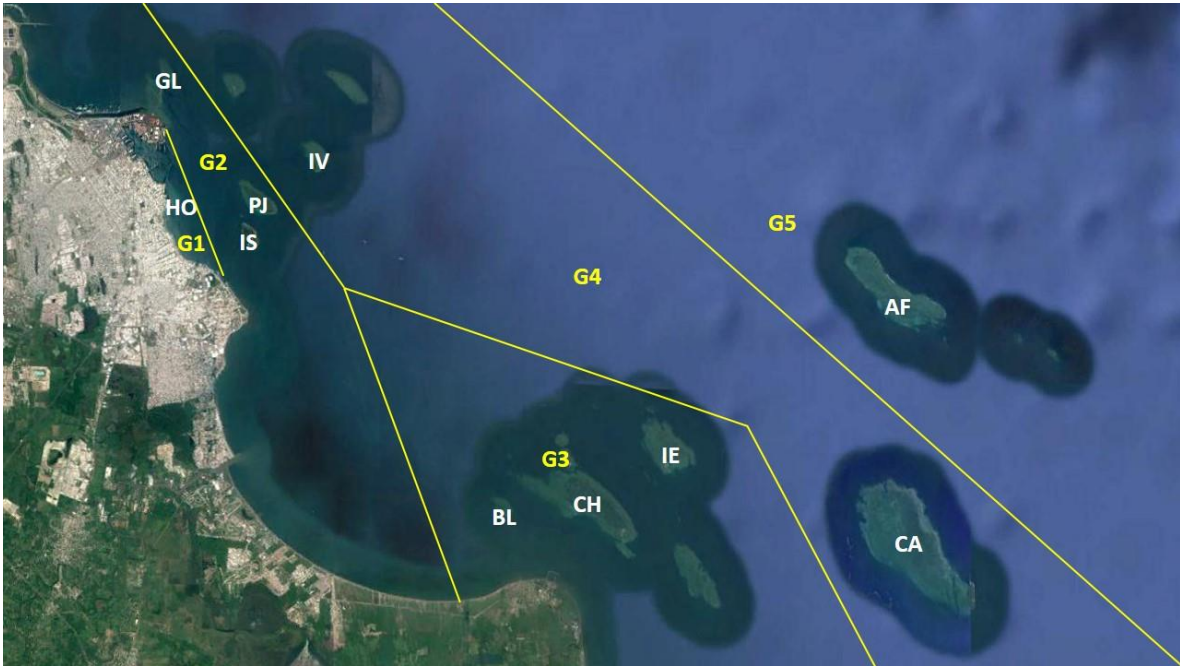


Figura 19 Distribución espacial de los grupos según se muestra en el dendrograma de abundancia del SAV GL = Galleguilla, IS = Isla de Sacrificios, PJ = Pájaros, HO = Hornos, CA = Cabezo, IV = Isla Verde, CH = Chopas, IE = Isla de Enmedio, BL = La Blanca, AF = Anegada de Afuera, G1 = Grupo 1 arrecifes costeros, G2 = arrecifes internos del norte, G3 = arrecifes internos del sur, G4 = arrecifes intermedios, G5 = arrecifes externos

Cobertura

El dendrograma de cobertura relativa mostro cambios en comparación con el análisis de Abundancia relativa ya que este solo se dividió en cuatro grupos como se muestra en la figura 20, al igual que en abundancia, se denominaron y se enumeraron los grupos según estos se van alejando de la costa (ver figura 21).

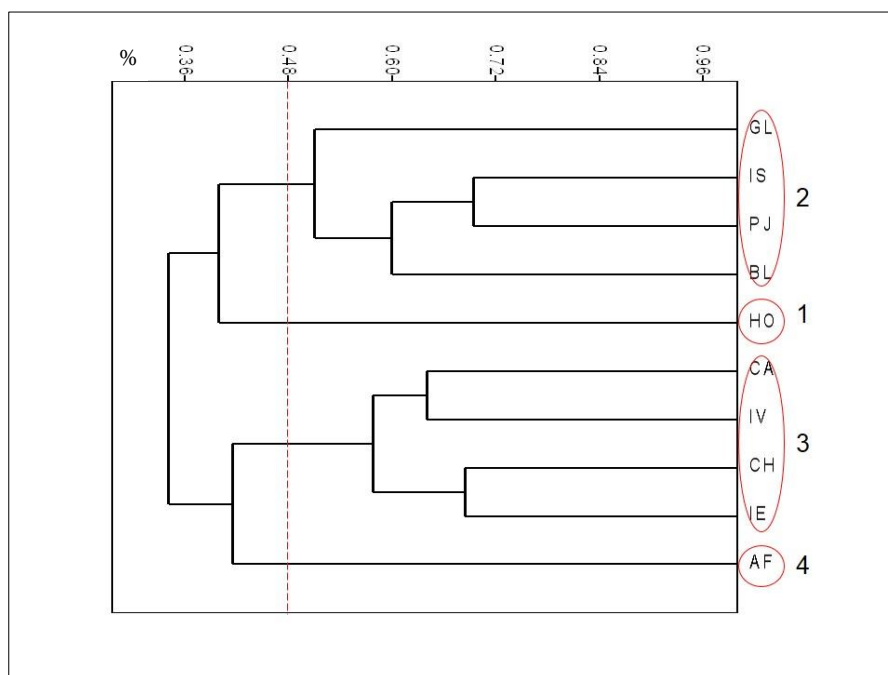


Figura 20 Dendrograma del análisis de similitud de Bray-Curtis (%) según la cobertura relativa en el SAV. GL = Galleguilla, IS = Isla de Sacrificios, PJ = Pájaros, HO = Hornos, CA = Cabezo, IV = Isla Verde, CH = Chopas, IE = Isla de Enmedio, BL = La Blanca, AF = Anegada de Afuera, 0 = grupos arrecifales, 1 = arrecifes costeros, 2 = arrecifes internos, 3 = arrecifes intermedios, 4 = arrecifes externos.

Grupo 1, Arrecifes Costeros.- El primero de ellos es igual que el primero de abundancia relativa donde el único arrecife presente es Hornos, el cual tuvo la cobertura coralina más baja de todos con apenas el 2.2%, las especies más dominantes fueron:

Hornos: *S. siderea* > *M. cavernosa* > *O. diffusa*

Grupo 2, Arrecifes Internos.- En este grupo encontramos los arrecifes del Grupo Sur Galleguilla, Isla de Sacrificios, Pájaros y el arrecife La Blanca del Grupo Norte. Donde todos ellos tienen un promedio de 16.7% ($\pm 3.2\%$), las especies más dominantes fueron:

Galleguilla: *S. siderea* > *M. cavernosa* > *S. intersepta* > *C. natans*

Isla de Sacrificios: *S. siderea* > *M. cavernosa* > *C. natans* > *S. intersepta* > *M. decactis*

Pájaros: *S. siderea* > *C. natans* > *M. cavernosa* > *S. radians* > *P. astreoides*

La Blanca: *S. siderea* > *S. intersepta* > *C. natans* > *A. agaricites* > *O. faveolata*.

Grupo 3, Arrecifes Intermedios.- En este grupo encontramos los arrecifes de Isla Verde del Grupo Norte y Cabezo, Chopas e Isla de Enmedio del Grupo Sur los cuales son considerados como mejor conservados en todo el SAV en conjunto tuvieron una cobertura promedio de 48.9% ($\pm 5.5\%$), las especies más relevantes que tuvieron fueron:

Isla Verde: *M. cavernosa* > *O. faveolata* > *C. natans* > *Siderastrea siderea*

Cabezo: *O. faveolata* > *C. natans* > *A. agaricites* > *O. annularis*

Chopas: *O. faveolata* > *C. natans* > *A. agaricites* > *O. franksi* > *O. annularis*

Isla de Enmedio: *O. faveolata* > *C. natans* > *A. agaricites* > *O. franksi*

Grupo 4, Arrecifes Externos.- Este último grupo al igual que en el primer análisis está conformado por el arrecife Anegada de Afuera, que a pesar de ser uno de los más alejados del puerto de Veracruz presentó una cobertura relativamente promedio con 37.8%, sus especies más relevantes fueron:

O. franksi > *C. natans* > *O. annularis* > *O. faveolata*

Al igual que con la abundancia relativa, la comunidad de corales cambia conforme esta se va alejando del litoral.

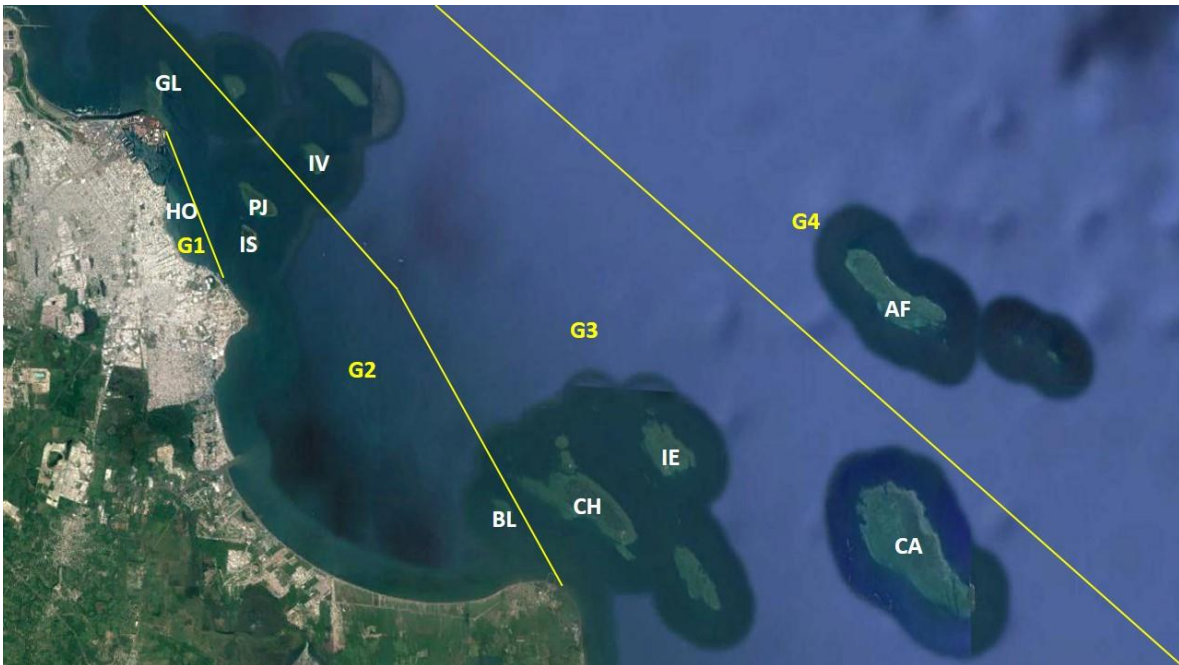


Figura 21 Distribución espacial de los grupos según se muestra en el dendrograma de cobertura del SAV. GL = Galleguilla, IS = Isla de Sacrificios, PJ = Pájaros, HO = Hornos, CA = Cabezo, IV = Isla Verde, CH = Chopas, IE = Isla de Enmedio, BL = La Blanca, AF = Anegada de Afuera, G1 = Grupo 1 arrecifes costeros, G2 = arrecifes internos, G3 = arrecifes intermedios, G4 = arrecifes externos

Existe una división de los arrecifes de coral la cual no obedece los grupos geográficos antes usados y denominados norte y sur sino más bien parece que hay una tendencia a ser agrupados conforme estos se van alejando del puerto de Veracruz y la costa. Por lo antes dicho, podemos decir que la actual zonación que divide a los arrecifes de coral en los Grupos Norte y Sur está mal empleada para estudios de ecología, sin embargo puesto que el número de grupos que generó el dendrograma de abundancia relativa y cobertura relativa no coincide.

SAV y Caribe

Para una comparación de las comunidades coralinas del SAV con las del Caribe se consultaron diferentes artículos que utilizaran como base los protocolos de AGRRA (ver 4.5 o anteriores) quienes utilizaron un método de muestreo similar al que nosotros ocupamos (lo que hace que los datos sean fáciles de comparar) y que reportaron las características de la comunidad desde el punto de vista de la abundancia y la cobertura, la configuración de especies dominantes de abundancia y cobertura se plasmó en una tabla (ver Tabla 12) para distinguir si las diferencias entre comunidades son visibles o no.

Tabla 12 Configuración de especies dominantes según su abundancia y cobertura en diferentes sitios del Caribe y el SAV

Referencia	Sitio	Especies Dominantes	
		Abundancia	Cobertura
	Cayman Brac	<i>Agaricia spp</i>	<i>O. faveolata</i>
Manfrino et al 2001	Grand Cayman	<i>O. annularis</i> > <i>O. faveolata</i> > <i>O. franksi</i>	<i>C. natans</i> > <i>D. clivosa</i> > <i>O. annularis</i> > <i>A. palmata</i>
	Little CaYman	<i>O. anularis</i> > <i>O. faveolata</i>	<i>C. natans</i> > <i>D. clivosa</i> > <i>O. annularis</i>
	Cayman Islands, BWI	<i>O. annularis</i> > <i>A. agaricites</i> > <i>P. astreoides</i> > <i>O. faveolata</i>	<i>O faveolata</i> > <i>C. natans</i> > <i>D clivosa</i> > <i>M. annularis</i>
Feingold et al 2003	Abaco Islands, Bahamas	<i>O. faveolata</i> > <i>S. siderea</i>	<i>P. astreoides</i> > <i>Diploria spp</i>
Caballero y Alcolado 2011	Sancho Pardo, Cuba	<i>M. complanata</i> > <i>D. strigosa</i> > <i>D. clivosa</i>	<i>O. annularis</i> > <i>A. cervicornis</i> > <i>O. faveolata</i>
Perera-Valderrama et al 2016	Guanacabibes Cuba	<i>P. astreoides</i>	<i>A. agaricites</i>
	Cancun, México	<i>P. astreoides</i>	<i>P. astreoides</i>
Reyes et al 2014	Cozumel, México	<i>A. agaricites</i> > <i>S. siderea</i> > <i>P. astreoides</i> > <i>M. cavernosa</i>	<i>A. agaricites</i> > <i>P. astreoides</i> > <i>S. siderea</i>
Horta-Puga et al 2015	SAV, México	<i>S. siderea</i> > <i>O. faveolata</i> > <i>M. cavernosa</i> > <i>C. natans</i>	<i>O. faveolota</i> > <i>S. siderea</i> > <i>C. natans</i> > <i>M. cavernosa</i>

Como se aprecia en la tabla hay lugares donde las especies dominantes de diferentes regiones coinciden con las especies dominantes en el SAV, como es el caso de *S. siderea* y *O. faveolata* en Abaco islands las cuales coinciden con las dos primeras especies dominantes en abundancia relativa dentro del SAV. En cobertura relativa *O. faveolata* en Cayman islands y *S. siderea* en la Isla de Cozumel coinciden con la configuración de especies dominantes dentro de la configuración del SAV.

Por otro lado también tenemos especies las cuales no se encuentran presentes como más dominantes en la configuración del SAV, algunas no han sido reportadas para esta región pero si aparecen como dominantes en algunas regiones del Caribe, como son: *Millepora complanata* en Sancho Pardo y *Orbicella annularis* en Cayman Islands dentro de la abundancia relativa. Para cobertura relativa *Porites astreoides* en las Bahamas y Cancún y *Agaricia agaricites* en Cozumel y Guanacabibes son algunos ejemplos de estas especies.

Estas diferencias se deben a que las características particulares que rodean al SAV favorecen a que existan altas tasas de descargas de sedimentos y por tanto las especies que aquí dominan son aquellas que han sido reportadas como más resistentes a la sedimentación como son; *Montastraea Cavernosa* y *Colpophyllia natans* (Morelock 1967, Frabricius 2005). En el Caribe la situación cambia ya que las características del ambiente que rodea los arrecifes del Caribe ofrecen aguas cristalinas y de bajos nutrientes por lo que resulta lógico que las configuraciones de las especies dominantes cambien según su ambiente (Chávez 2009, Horta-Puga 2016).

Sin embargo pese a que las diferencias del ambiente que hay entre regiones favorezcan diferentes configuraciones de las especies dominantes, como se observa en la Tabla 12 no hay un arrecife que presente la misma configuración de la comunidad de corales escleractínios si se compara las especies abundantes en cobertura y abundancia, en todos los casos estas comunidades presentan especies que son más relevantes en un rubro que en otro como es el caso de *O. faveolata* en

las Islas Abaco en las Bahamas donde resultó ser la más dominante en cobertura, mientras que en abundancia la especie dominante fue *P. astreoides*. En las Islas Caimán *O. annularis* domino en abundancia, mientras que en cobertura *O. faveolata* fue la especie más relevante. En el arrecife de Sancho Pardo (Cuba) *M. complanata* dominó en abundancia mientras que *O. annularis* fue la más relevante en cobertura. La costa de Guanacabibes (Cuba) *P. astreoides* domino en abundancia y *A. agaricites* en cobertura. Siguiendo los ejemplos de la tabla podemos decir que no importa la región de los arrecifes que se estén estudiando existen diferencias entre la configuración de las especies dominantes en abundancia y cobertura relativa.

Abundancia vs. Cobertura

La naturaleza sésil de los corales es de gran relevancia para el desarrollo de los arrecifes ya que el exoesqueleto que fijan al sustrato contribuye al crecimiento activo de los arrecifes coralinos, el casi exclusivo tipo de sustrato que selecciona la larva hace que esta solo crezca sobre otros esqueletos expuestos de corales convierte a estas mega estructuras en una de las más resistentes de la naturaleza. Pese a que hay otros organismos que contribuyen en la formación del arrecife, los corales hermatípicos son el elemento visual dominante del paisaje además de fungir como nicho de diferentes especies y productores primarios dentro del ecosistema, por tanto esperaríamos que entre mayor sea la cobertura en el arrecife este se encontraría en mejores condiciones. Así la salud del ecosistema arrecifal es directamente proporcional a la cantidad de corales hermatípicos que estén presentes en el sustrato. La ventaja de reportar datos y al describir el arrecife por medio de la cobertura relativa nos permite comunicar de una manera más efectiva el estado de un arrecife. Por lo que recomendamos que para futuras descripciones ecológicas de los arrecifes de coral que requieran ser prácticas y rápidas se utilice como parámetro descriptivo a la cobertura relativa sobre la abundancia relativa.

Conclusiones

Des pues de todo lo mencionado en este estudio podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1.- Existe una clara diferencia entre la comunidad de corales cuando esta se describe con la abundancia en términos numéricos contra la abundancia en términos de cobertura de sustrato.

2.- Estas diferencias no son ajenas al SAV, se repiten en otros arrecifes del Caribe.

3.- La mejor manera de clasificar y describir los arrecifes del SAV de forma ecológica es clasificándolos de más cercanos a más lejanos de la costa.

4.- Se recomienda usar la cobertura coralina como base de las futuras descripciones ecológicas de arrecifes de coral.

Bibliografía

Alvarado E.M., Mónica Abelló, Ellen McRae, Jaime Baquero y Don MC Allister. 2004 Manual del cuidado para los arrecifes del gran Caribe – Bogotá: Fundación universidad de Bogotá Jorge Lozano.

Arias-González J.E., E. Núñez-Lara, F.A. Rodríguez-Zaragoza, P. Legendre. 2011. Indicadores del paisaje Arrecifal para la conservación de la biodiversidad de los arrecifes de coral del Caribe. *CM.*, 37(1): 87–96.

Audersik T. and G Audersik. 1997. Biología: La vida en la tierra cuarta edición. 4ª Edición. Editorial Pearson Educación Latinoamérica. Pp: 849-855.

Banaszak Anastazia T., B. Natalia Ayala-Schiaffino, Aimé Rodríguez-Román, Susana Enríquez and Roberto Iglesias-Priet. 2003 Response of *Millepora alcicornis* (*Milleporina*: *Milleporidae*) to two bleaching events at Puerto Morelos reef, Mexican Caribbean, *Rev. Biol. Trop.*, 51, Supl. 4: 57-66

Caballero-Aragón Hansel y Pedro Alcolado. 2011. Condición de arrecifes de coral sometidos a presiones naturales recientes: bajos de sancho pardo, CUB Alcolado. *Revista Maritima y Costera*, Vol. 3 pp: 51-65.

Carricart Ganivet J.P., A. U. Beltrán Torres y G. Horta Puga. 2011. Distribution and prevalence of coral diseases in the Veracruz Reef System, Southern Gulf of Mexico. *Dis Aquat Org* 95: 181–187.

Chaves Hidalgo A. 2009. *Conectividad de los Arrecifes Coralinos del Golfo de México y Caribe Mexicano*. Tesis que para obtener el Grado de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur.

Chuc Contreras A., I. Ortegon-Aznar, A. Tuyub-Mota, S. Suárez-Salazar. 2011. Cambio de fase de coral-algas en el arrecife de coral de Majagual en el caribe mexicano, *GCFI*: 64.

Córdova-Tapia F., Zambrano L. 2015. La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas* 24(3): 78-87. Doi.: 10.7818/ ECOS.2015.24-3.10

Fabricius, K. E. (2005): Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Mar. Poll. Bull.* 50: 125-146.

Feingold J.S., Susan L. Thornton, Kenneth W. Banks, Nancy J. Gasman, David Gilliam, Pamela Fletcher and Christian Avila. 2000. A Rapid Reef Assessment of Coral Reefs Near Hopetown, Abaco Islands Bahamas (stony corals and algae) Pp. 58-75 in J.C. Lang (ed.), Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. *Atoll Research Bulletin* 496

Ferriz-Dominguez N., y G. Horta-Puga. 2001. Short-term aggressive behavior in scleractinian corals from La Blanquilla reef, Veracruz Reef System. *Rev. Biol. Trop* 49(1):67-75.

Gardner Toby A, Isabelle M. Côté, Jennifer A. Gill, Alastair Grant, Andrew R. Watkinson. 2003. Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals. *Science* Vol. 301, pp. 958-960.

Gutiérrez Martínez J.F. 2016. Interrelaciones de los parámetros ecológicos comunitarios del arrecife Isla Verde, Sur del golfo de México tesis que para obtener el título de biólogo. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

Gutiérrez-Ruiz C.V., M.A.M. Roman-Vives, C.H. Vergara y E.I. Badano. 2011. Impacto de perturbaciones antrópicas sobre la biodiversidad de corales petreos

superficiales en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:249-260.

Horta Puga G. 2003. Condition of selected reef sites in the Veracruz Reef System (Stony Corals and Algae). *Atoll Research Bulletin* 496:360-369.

Horta Puga G. y J.P. Carricart-Ganivert. 1993. Corales petreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. p 66-80 En *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S.I. Salazar Vallejo Y N.E. González (eds.). Com. Nal Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Horta Puga G.J. 2007. Impactos Ambientales. En Tunnell J.W., E.A. Chavez y K. Withers. (eds.), *Arrecifes de coral del sur del golfo de México*. Edición en español del libro *coral reefs of the southern Gulf of México*, de la serie de estudios del golfo de México del Harte Research Institute, Patrocinada por la Texas A&M University – Corpus Christi. 183-236 pp.

Horta Puga, G; Carriquiry, JD 2008. Growth of the hermatypic coral *Montastraea cavernosa* in the Veracruz Reef System *Ciencias Marinas*, vol. 34, núm. 1, marzo, 2008, pp. 107-112 Universidad Autónoma de Baja California Ensenada, México

Horta-Puga G. 2003. Condition of selected reef sites in the Veracruz Reef System (Stony Corals and Algae). *Atoll Research Bulletin* 496:360-369.

Horta-Puga G. y J.P. Carricart-Ganivert. 1993. Corales petreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. p 66-80 En *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S.I. Salazar Vallejo Y N.E. González (eds.). Com. Nal Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Horta-Puga G., J.L. Tello-Musi. 2009. Sistema Arrecifal Veracruzano: Condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. DM005. México D. F.

Horta-Puga, G., J. L. Tello-Musi, A. Beltrán-Torres, J. P. Carricart-Ganivet, J. D. Carriquiry, J. Villaescusa-Celaya, 2015. Veracruz Reef System: a hermatypic coral community thriving in a sedimentary terrigenous environment, p. 171-198. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. González-Gándara (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Veracruzana. 346 p.

Horta-Puga, G., J.L. Tello-Musi, A. Morales-Aranda, J.F. Gutiérrez-Martínez. 2015. Proyecto CONABIO GM005. Sistema Arrecifal Veracruzano, condición actual y programa permanente de monitoreo: II Etapa. Reporte de las campañas de monitoreo C-10, H-11 y H-12. UNAM, FES Iztacala, UBIPRO y CONABIO. México, D.F. 130 p.

Jackson J.B.C., Donovan M.K., Cramer K.L., Lam V.V. (2014) Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland.

Jaksic F. y L. Marone. (2007). Ecología de comunidades Segunda edición ampliada, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 336 pp.

Jaramillo, J. y A. Acosta. 2009. Comparación temporal de una estructura de una comunidad coralina en primeros estadios de sucesión, Isla de San Andrés, Colombia. Bol. *Invemar*, (2):38.

Jones J., K. Whithers and J.W. Tunennell Jr. 2008. Comparison of benthic communities on six coral reefs in the Veracruz Reef System (México). Proceedings of the 11° international coral reef symposium 18:757-760.

Lang J.C., K.W. Marks, A.P. Kramer, P.R. Kramer, R.N. Ginsburg. 2010. Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Protocols. Version 5.4. <http://www.agrra.org/method/methodhome.html> [Consultado en: 20/Ago/15].

Lara M. C. Padilla, C. Garc y J.J. Espejel. 1992. Coral Reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam, Vol (1). pp. 535-544.

Manfrino C., Bernhard Riegl, Jerome L. Hall and Robert Graifman. 2000. Status of coral reefs of Little Cayman, Grand Cayman and Cayman Brac British West Indies, in 1999 and 2000 (part 1: stony corals and algae). Marine Environmental Education and Research Institute, P.O. Box 1461, Princeton, NJ Pp. 204-225 in J.C. Lang (ed.), Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. Atoll Research Bulletin 496

Morelock Jack. Karl J. Koenig. 1967. Terrigenous sedimentation in a shallow wáter coral reef. Environment t journal of sedimentary petrology, VOL. 37, No. 4, pp: 1001-1005.

Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales y Tesis SEA*, (1):84. *Ocean & Coastal Management* 127: 16-25.

Perera-Valderrama Susana, Héctor Hernández-Arana, Miguel Ruiz-Zarate, Pedro Alcolado, Hansel Caballero-Aragón Jaime Gonzales-Cano, Alejandro Vega-Cepeda y Elena de la Guardia-Llans, . Dinámica temporal de comunidades bentónicas en arrecifes de dos áreas marinas protegidas en el Caribe.

Perez España H, J. Santander Monsalvo, J. Bello Pineda, R.S. Gomez Villada, J.A. Ake Castillo, M.A. Lozano Aburto, M.A. Román Vives y M Marín Hernández. 2012. "Caracterización ecológica del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano". Recursos acuáticos del sureste (2) 581- 601.

Rangel Avalos Fish and Coral Reef Communities of the Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Veracruz Coral Reef System National Park) Veracruz, Mexico: Preliminary Results.

Reyes B., R. S. Gómez Villada y P.C. González Espinosa. 2011. Selección de Arrecifes Prioritarios para la conservación y de grupos indicadores para el manejo del Sistema Arrecifal Veracruzano. Proyecto VER-2006-C01-34105. Informe final. 91 pp. Salas Monreal

Salas-Pérez J.J., A. Granados-Barba. 2008. Oceanographic Characterization of Veracruz Reefs System. *Atmósfera* 21(3), 281-301.

Traveset, A.; Valladares, F.; Vilà, M.; Santamaría, L. 2004. *De la ecología de poblaciones y comunidades a la de ecosistemas: avances recientes y futuros desafíos*. Ecosistemas. Vol. XIII, N (3).