

Informe final* del Proyecto DM005
Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo:
Primera Etapa

Responsable: M en C. Guillermo Horta Puga

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala
División de Investigación y Posgrado
Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos

Dirección: Av de los Barrios s/n, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Mex, 54090, México

Correo electrónico: horta@servidor.unam.mx ; hortapuga@hotmail.com

Teléfono/Fax: Tel: 5623 1126

Fecha de inicio: Abril 15, 2004

Fecha de término: Junio 17, 2009

Principales resultados: Hoja de cálculo, Fotografías, Informe final

Forma de citar el informe final y otros resultados:** Horta Puga, G. y 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. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DM005.** México D. F.

Forma de citar Hoja de cálculo Horta Puga, G. y 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.

Resumen:

Se llevó a cabo la evaluación de la condición actual del Sistema Arrecifal Veracruzano con base en la determinación de la estructura de la comunidad y la tasa de crecimiento de corales escleractinios, la composición de la comunidad algal, la densidad de erizos ramoneadores, y algunos parámetros fisicoquímicos del agua oceánica superficial, siguiendo en general los protocolos de trabajo de campo AGRRA. Se obtuvo información de 10 arrecifes, cinco del Grupo Norte: Hornos, Galleguilla, Isla de Sacrificios, Isla Verde y Pájaros; y cinco del Grupo Sur: Anegada de Afuera, Blanca, Cabezo, Chopas e Isla de Enmedio. En cada arrecife se ubicaron tres sitios de muestreo en los taludes de barlovento y sotavento, y en planicie. Se registraron un total de 26 especies de corales hermatípicos, 25 escleractinios y 1 mileporino. Las especies más abundantes fueron: *S. radians* (24.1%), *C. natans* (13.0%), *M. cavernosa* (10.5%), *S. siderea* (10.2%) y *D. strigosa* (3.1%). La cobertura general por coral vivo es de 19.1%, con una densidad de 1.0 Ind/m. Las especies con mayor cobertura fueron: *C. natans* (4,1%), *M. faveolata* (3,0%), *M. cavernosa* (2.9%), *Diploria* spp., (2.2%) y *S. siderea* (1.8%). El área no cubierta por corales vivos alcanzó el 80.9%. Las Algas Filamentosas ocuparon el 44%, Algas Calcáreas 18.3%, Macroalgas 7.1%, Arena 12.4%, diversos Invertebrados (principalmente esponjas y anémonas) 11.3%, y Roca Coralina desnuda 7.9%. El problema de Mortalidad parcial afectó al 45.7% de las colonias coralinas, las que perdieron en promedio el 22.8% de tejido, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (93.6%). Las enfermedades afectaron al 4.2% de los corales del SAV, y las enfermedades más frecuentes fueron Mancha Negra (41.9%), Plaga Blanca (38.1%) y Banda Negra (7.7%). La proporción de individuos afectados por Blanqueamiento llegó al 4.4%. La Talla promedio de una colonia coralina fue de 25.7 cm. Por lo que se refiere a Reclutamiento coralina, la densidad general fue de 2.6 Reclutas/m². La mayor proporción de Reclutas fue para *Siderastrea* (51.9%), y le siguieron *Agaricia* (26.6%), *Porites* (7.8%), *Oculina* (4.4%) y *Madracis* (3.2%). Los valores promedio generales de los diferentes parámetros de crecimiento de *Porites* astreoides para el SAV fueron: TEL 0.38 mm/año, D 1.45 g/cm³, y TC 0.55 g/cm²/año. La densidad total de erizos herbívoros fue de 2.5 Ind/m², de los cuales 88% correspondió a

Echinometra y 12% a *D. antillarum*. En general los valores promedio de los diversos parámetros fisicoquímicos para el SAV fueron: Visibilidad 6.2 m, Salinidad 33.9 UPS, Oxígeno Disuelto 7.2 mg/l, Sólidos Suspendidos 8.6 mg/l, Grasas y Aceites 4.1 mg/l. Con respecto a nutrientes y elementos traza los valores fueron no detectables, excepto para Fosfatos con un promedio de 0.1 mg/l. EL SAV es un sistema arrecifal bien estructurado, desde el punto de vista geológico, ya que las zonas arrecifales típicas de los arrecifes de tipo costero y/o plataforma están bien desarrolladas. La esclerodiversidad es moderada, con 36 especies registradas, de las cuales sólo 26 fueron encontradas durante los muestreos, debido a que se desarrolla en el límite de distribución occidental de la Provincia Biogeográfica del Caribe. Se considera la posibilidad de un proceso de extinción local para las especies: *Favia fragum* y *Dichocoenia stokesi*. Las especies más abundantes son eurioicas, es decir especies con la capacidad para resistir condiciones adversas en los límites de tolerancia ambientales. La cobertura general promedio (19.1%) aunque ligeramente inferior a la registrada en promedio para el ATO, se considera representa un ambiente arrecifal en un estado moderado de conservación. Al igual que en todo el ATO, la comunidad coralina ha disminuido considerablemente durante las últimas décadas, lo que se ha manifestado como una disminución en el área cubierta por coral vivo. La zona de Sotavento presenta una mayor cobertura por coral vivo, lo que indica que es la zona de crecimiento activo con las mejores condiciones para el desarrollo de la comunidad coralina. El área no cubierta por coral vivo, 80.9% del total disponible, está cubierta principalmente por algas, que se fijan directamente sobre la roca coralina, principal sustrato disponible para el asentamiento de las especies bénticas. Las Algas Filamentosas son el grupo algal con mayor cobertura, y las Macroalgas presentan una cobertura baja, lo que es indicativo de un ambiente con índices bajos herbivoría y una biodisponibilidad baja de nutrientes. Las especies de corales con mayor cobertura son las típicas de ambientes arrecifales costeros con sedimentación terrígena. Más de la mitad de la comunidad coralina (54.3%) presenta problemas de mortalidad parcial, enfermedades o el fenómeno de blanqueamiento, lo que aunado al hecho de que el índice de reclutamiento es 70% más bajo que en el ATO, podría comprometer la capacidad de recuperación del ecosistema ante una eventual situación de contingencia ambiental. Dado que la densidad de erizos ramoneadores es considerablemente más alta que en el ATO, es posible que la gran abundancia de algas se explique por la disminución en las poblaciones de peces herbívoros, causada por la sobrepesca y/o la destrucción de las zonas de crianza de peces juveniles, principalmente áreas de manglares. La población del erizo *Diadema antillarum*, importante especie herbívora en el ATO, se está recuperando en el SAV. Aunque la comunidad coralina del SAV se está desarrollando en condiciones ambientales subóptimas, los corales hermatípicos crecen vigorosamente al igual que en otras áreas del ATO. Las condiciones ambientales a las que están sometidas los arrecifes del Grupo Norte son más adversas para el desarrollo de la comunidad coralina, lo que se traduce en una mayor proporción de corales enfermos, con blanqueamiento y/o con mortalidad parcial.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

**SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO:
CONDICIÓN ACTUAL Y PROGRAMA PERMANENTE DE MONITOREO**

PROYECTO CONABIO DM005

REPORTE FINAL

Responsable:

Dr. Guillermo Horta-Puga

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UBIPRO, LAB. BIOGEOQUÍMICA.

Av. de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, México 54090, MÉXICO

Tel: (55) 5623-1126. Fax: (55) 5623-1225. E-mail: horta@servidor.unam.mx

Dirección Personal:

Fuente de Cervantes 211, Fuentes del Valle, Tultitlán, México 54910, MÉXICO

Tel: (55) 5890-4806. Cel: (55) 2893-2614. E-mail: hortapuga@hotmail.com

Corresponsable:

Biól. José Luis Tello Musi (jltm@servidor.unam.mx)

Universidad Nacional Autónoma de México, FES Iztacala.

Colaboradores:

Dr. José D. Carriquiry Beltrán (jose_carriquiry@uabc.mx)

Dr. Julio Villaescusa Celaya (jvilla@uabc.mx)

Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas.

Dr. Juan Pablo Carricart Ganivet (jpcarri@ecosur.mx)

Biól. Aurora Urania Beltrán Torres (abeltran@ecosur-qroo.mx)

El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal.

Biól. Marisol Avila Romero (mavila@campus.iztacala.unam.mx)

Universidad Nacional Autónoma de México, FES Iztacala.

Participantes:

UNAM, FES Iztacala: Norberto Colín García, Abigail Morales Diaz, Josué Nuñez Rico, Israel Cruz Ortega.

CONANP, PNSAV: , Ramón Martínez, .

RESUMEN

Se llevó a cabo la evaluación de la condición actual del Sistema Arrecifal Veracruzano con base en la determinación de la estructura de la comunidad y la tasa de crecimiento de corales escleractinios, la composición de la comunidad algal, la densidad de erizos ramoneadores, y algunos parámetros fisicoquímicos del agua oceánica superficial, siguiendo en general los protocolos de trabajo de campo AGRRA. Se obtuvo información de 10 arrecifes, cinco del Grupo Norte: Hornos, Galleguilla, Isla de Sacrificios, Isla Verde y Pájaros; y cinco del Grupo Sur: Anegada de Afuera, Blanca, Cabezo, Chopas e Isla de Enmedio. En cada arrecife se ubicaron tres sitios de muestreo en los taludes de barlovento y sotavento, y en planicie. Se registraron un total de 26 especies de corales hermatípicos, 25 escleractinios y 1 mileporino. Las especies más abundantes fueron: *S. radians* (24.1%), *C. natans* (13.0%), *M. cavernosa* (10.5%), *S. siderea* (10.2%) y *D. strigosa* (3.1%). La cobertura general por coral vivo es de 19.1%, con una densidad de 1.0 Ind/m. Las especies con mayor cobertura fueron: *C. natans* (4.1%), *M. faveolata* (3.0%), *M. cavernosa* (2.9%), *Diploria* spp., (2.2%) y *S. siderea* (1.8%). El área no cubierta por corales vivos alcanzó el 80.9%. Las Algas Filamentosas ocuparon el 44%, Algas Calcáreas 18.3%, Macroalgas 7.1%, Arena 12.4%, diversos Invertebrados (principalmente esponjas y anémonas) 11.3%, y Roca Coralina desnuda 7.9%. El problema de Mortalidad parcial afectó al 45.7% de las colonias coralinas, las que perdieron en promedio el 22.8% de tejido, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (93.6%). Las enfermedades afectaron al 4.2% de los corales del SAV, y las enfermedades más frecuentes fueron Mancha Negra (41.9%), Plaga Blanca (38.1%) y Banda Negra (7.7%). La proporción de individuos afectados por Blanqueamiento llegó al 4.4%. La Talla promedio de una colonia coralina fue de 25.7 cm. Por lo que se refiere a Reclutamiento coralina, la densidad general fue de 2.6 Reclutas/m². La mayor proporción de Reclutas fue para *Siderastrea* (51.9%), y le siguieron *Agaricia* (26.6%), *Porites* (7.8%), *Oculina* (4.4%) y *Madracis* (3.2%). Los valores promedio generales de los diferentes parámetros de crecimiento de *Porites astreoides* para el SAV fueron: TEL 0.38 mm/año, D 1.45 g/cm³, y TC 0.55 g/cm²/año. La densidad total de erizos herbívoros fue de 2.5 Ind/m², de los cuales 88% correspondió a *Echinometra* y 12% a *D. antillarum*. En general los valores promedio de los diversos parámetros fisicoquímicos para el SAV fueron: Visibilidad 6.2 m, Salinidad 33.9 UPS, Oxígeno Disuelto 7.2 mg/l, Sólidos Suspendidos 8.6 mg/l, Grasas y Aceites 4.1 mg/l. Con respecto a nutrientes y elementos traza los valores fueron no detectables, excepto para Fosfatos con un promedio de 0.1 mg/l. EL SAV es un sistema arrecifal bien estructurado, desde el punto de vista geológico, ya que las zonas arrecifales típicas de los arrecifes de tipo costero y/o plataforma están bien desarrolladas. La esclerodiversidad es moderada, con 36 especies registradas, de las cuales sólo 26 fueron encontradas durante los muestreos, debido a que se desarrolla en el límite de distribución occidental de la Provincia Biogeográfica del Caribe. Se considera la posibilidad de un proceso de extinción local para las especies: *Favia fragum* y *Dichocoenia stokesi*. Las especies más abundantes son eurioicas, es decir especies con la capacidad para resistir condiciones adversas en los límites de tolerancia ambientales. La cobertura general promedio (19.1%) aunque ligeramente inferior a la registrada en promedio para el ATO, se considera representa un ambiente arrecifal en un estado moderado de conservación. Al igual que en todo el ATO, la comunidad coralina ha disminuido considerablemente durante las últimas décadas, lo que se ha manifestado como una disminución en el área cubierta por coral vivo. La zona de Sotavento presenta una mayor cobertura por coral vivo, lo que indica que es la zona de crecimiento activo

con las mejores condiciones para el desarrollo de la comunidad coralina. El área no cubierta por coral vivo, 80.9% del total disponible, está cubierta principalmente por algas, que se fijan directamente sobre la roca coralina, principal sustrato disponible para el asentamiento de las especies bénticas. Las Algas Filamentosas son el grupo algal con mayor cobertura, y las Macroalgas presentan una cobertura baja, lo que es indicativo de un ambiente con índices bajos herbivoría y una biodisponibilidad baja de nutrientes. Las especies de corales con mayor cobertura son las típicas de ambientes arrecifales costeros con sedimentación terrígena. Más de la mitad de la comunidad coralina (54.3%) presenta problemas de mortalidad parcial, enfermedades o el fenómeno de blanqueamiento, lo que aunado al hecho de que el índice de reclutamiento es ~70% más bajo que en el ATO, podría comprometer la capacidad de recuperación del ecosistema ante una eventual situación de contingencia ambiental. Dado que la densidad de erizos ramoneadores es considerablemente más alta que en el ATO, es posible que la gran abundancia de algas se explique por la disminución en las poblaciones de peces herbívoros, causada por la sobrepesca y/o la destrucción de las zonas de crianza de peces juveniles, principalmente áreas de manglares. La población del erizo *Diadema antillarum*, importante especie herbívora en el ATO, se está recuperando en el SAV. Aunque la comunidad coralina del SAV se está desarrollando en condiciones ambientales subóptimas, los corales hermatípicos crecen vigorosamente al igual que en otras áreas del ATO. Las condiciones ambientales a las que están sometidas los arrecifes del Grupo Norte son más adversas para el desarrollo de la comunidad coralina, lo que se traduce en una mayor proporción de corales enfermos, con blanqueamiento y/o con mortalidad parcial.

Palabras clave: *Golfo de México, Veracruz, Arrecife de Coral, Salud Arrecifal, Impacto Ambiental, Estructura de la Comunidad.*

INTRODUCCIÓN

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) es un complejo arrecifal situado frente al Puerto de Veracruz y al poblado de Antón Lizardo en el sur del Golfo de México (GOM). Constituido por más de 20 arrecifes de plataforma y costeros, que se han desarrollado en los últimos 9000-10000 años, por lo cual su formación corresponde exclusivamente al Holoceno (Morelock y Koenig 1967, Kühlmann 1975), es el sistema arrecifal más extenso del GOM y representa el límite occidental de distribución de los arrecifes coralinos en el Atlántico Tropical (Emery 1963, Tunnell 1988, Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993). Con sólo 35 especies de Corales Escleractinios hermatípicos (Horta-Puga et al. 2007) la mitad del total registrado para el Atlántico Tropical, al SAV se le considera un área marginal dentro de la subprovincia biogeográfica del Caribe (Veron 1995), con una esclerofauna relativamente poco diversa, pero que ha prosperado exitosamente a pesar de desarrollarse en un ambiente de alta sedimentación terrígena, provocado por la presencia de numerosos efluentes, como son los Ríos Jamapa, Papaloapan y La Antigua (Horta-Puga y Carricart-Ganivet 1990, Tunnell 1988, 1992, Lang et al. 1998), que drenan una superficie continental extensa de más 49450 km², con un volumen de descarga promedio anual de 44700 hm³ (CNA 2000), condiciones ambientales que no han disminuido la capacidad de crecimiento de los corales escleractinios del SAV (Carricart-Ganivet, Horta-Puga et al. 1994, Carricart-Ganivet y Merino 2000, Horta-Puga y Carriquiry 2005). Así, dado que el SAV se ha desarrollado en condiciones subóptimas poco propicias para el desarrollo de arrecifes coralinos (Vargas-Hernández et al. 1993, Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993, Jordán-Dahlgren y Rodríguez Martínez 2003, Jordán-Dahlgren 2004), por tanto constituye un ecosistema arrecifal único, que merece ser estudiado y preservado.

Desde un punto de vista ecológico y genético, por su posición geográfica en el GOM, el SAV es un punto estratégico potencialmente importante en las rutas de dispersión de las especies bénticas arrecifales, entre ellos los Corales Escleractinios (Jordán-Dahlgren y Rodríguez Martínez 2003). Considerando el patrón de circulación superficial en el GOM (Nowlin y McLellan 1967, Martínez-López y Parés-Sierra 1998, Monreal et al. 2004), es posible que delimitar una ruta de dispersión de larvas planctónicas, desde el Caribe hacia el Banco de Campeche, y de ahí a los sistemas arrecifales Veracruzano y de Tuxpan, hasta los Flower Garden Banks en Texas. Así, los sistemas arrecifales del occidente del GOM están interconectados, recibiendo un flujo génico desde el Banco de Campeche, y actuando cada sistema arrecifal como un reservorio genético, o escala, en la ruta de dispersión (Roberts 1997, Jordán-Dahlgren 2004). Si bien estudios sobre la distribución y biodiversidad de corales Gorgonáceos arrecifales (Jordan-Dahlgren 2002) señalan la posibilidad de que el SAV sea un área relativamente aislada, cuyas poblaciones presentan poco intercambio genético, es indudable que son necesarios más estudios para determinar el grado de conectividad interarrecifal del GOM (Jordán-Dahlgren 2004). Por lo anterior, la conservación de la biodiversidad arrecifal a largo plazo en el GOM, depende de que las poblaciones en cada uno de los arrecifes se encuentre saludable y en posibilidades de reproducirse, una razón más para desarrollar estudios de campo y programas de monitoreo que contribuyan a la conservación del SAV.

EL SAV es considerado uno de los ecosistemas arrecifales con mayor grado de impacto ambiental, a consecuencia tanto de perturbaciones naturales como de las actividades humanas, que afectan a escala local y regional el sur del GOM (Tunnell 1992, Vargas-Hernández et al. 1993, Lang et al. 1998, Jordán-Dahlgren y Rodríguez Martínez 2003, Jordán-Dahlgren 2004, Horta-Puga 2007). Fenómenos naturales como son alta descarga fluvial, tormentas tropicales, huracanes, frentes fríos, mareas rojas y enfermedades de la biota coralina, han ejercido una gran influencia disminuyendo la biodiversidad y la abundancia de la biota arrecifal del SAV (Jordán-Dahlgren 1992, Horta-Puga 2003). La intensa actividad antropogénica en el área del SAV, que se inicio desde la época prehispánica (López y Polanco 1991, Horta-Puga et al. 1997) también ha sido causa de un impacto severo en las condiciones ambientales. Se ha demostrado la existencia de niveles altos de contaminantes como son hidrocarburos (Baca et al. 1982, Echaniz 1988) y metales pesados (Báez et al. 1980, Duarte et al. 1994, Horta-Puga y Ramírez-Palacios 1996), así como niveles altos de coliformes fecales, que son una clara indicación de contaminación orgánica en el área (Medina and Ruiz 1991, Molina 1992). La extracción de coral vivo y/o roca coralina para elaborar objetos de ornato y para ser utilizados como bloques de construcción, ha sido una actividad que ha diezmando fuertemente al SAV; se considera que poco más de 1000 edificaciones de la Ciudad de Veracruz, la Piedra de Múcar ha sido el principal elemento de construcción (Lerdo de Tejada 1858, Horta-Puga et. al. 1997, Palacios-Coria 2001). Otras actividades humanas que se desarrollan el área, cuyo grado de impacto no ha sido evaluado, pero que ejercen una fuerte presión ambiental en el SAV, considerando que Veracruz es uno de los puertos más importantes de nuestro País y la ciudad y su economía, al igual que el de toda la zona costera del GOM durante las últimas décadas, están creciendo a un ritmo vertiginoso (INEGI: <http://www.inegi.gob.mx>), son: la pesca, la extracción ilegal de fauna y arena coralina, el turismo y el buceo recreativo, el encallamiento y anclaje de buques y embarcaciones menores, el dragado de la dársena del puerto, la descarga de aguas de desecho municipales, agrícolas e industriales, y la deforestación en la zona continental adyacente que favorece un aumento de la cantidad de sólidos en suspensión en el agua de los ríos que desembocan en la cercanía del SAV (Tunnell 1992, Vargas-Hernández et al. 1993, Lang et al. 1998, Jordán-Dahlgren y Rodríguez Martínez 2003, Jordán-Dahlgren 2004, Horta-Puga 2007).

El impacto general de las actividades humanas ha tenido como consecuencia la alteración del paisaje arrecifal, la disminución de las poblaciones coralinas, cambios en la estructura de la comunidad e incluso la destrucción arrecife completos, como es el caso del Arrecife La Caleta, que desapareció con la construcción de las instalaciones portuarias. Así, los arrecifes del SAV se encuentran actualmente seriamente amenazados, lo que potencialmente puede constituirse en una catástrofe ecológica (Jordán-Dahlgren 2004), por lo anterior resulta imperativo tomar las siguientes acciones: (1) Conocer la condición actual del medio arrecifal; (2) con base en la consecución del punto anterior, proponer la estrategia mas adecuada de conservación; y (3) desarrollar y ejecutar un Programa Permanente de Monitoreo del medio arrecifal, que permita detectar en forma y tiempo los cambios a que se ve sometido el SAV, lo que a su vez permitirá tomar las medidas adecuadas para su atenuación y conservación.

Objetivo general del proyecto

Determinar la condición actual o estado de salud, de los arrecifes coralinos pertenecientes al “Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano”, e implementar un programa permanente de monitoreo, que permita hacer un seguimiento a través del tiempo de la condición ambiental del SAV, con la capacidad para detectar en tiempo y forma, eventos de riesgo ambiental real o potencial para el ecosistema arrecifal.

Objetivos particulares

I. Etapa: Condición Actual del SAV

1. Determinar la composición de la comunidad de corales hermatípicos (*Escleractinia* + *Milleporina*), en la zona del arrecife frontal o de barlovento, a diferentes profundidades, en arrecifes seleccionados del SAV, con base en los siguientes parámetros: Riqueza específica, Densidad, Cobertura Relativa, Índice de Mortalidad Parcial, Incidencia de Enfermedades Coralinas, Densidad de Reclutas Coralinos.

2. Determinar la composición de la comunidad algal béntica, en la zona del arrecife frontal o de barlovento, a diferentes profundidades, en arrecifes seleccionados del SAV, con base en la cobertura relativa de los principales grupos algales bénticos: algas carnosas, algas coralinas encostrantes y algas filamentosas.

3. Determinar la composición de la comunidad de ramoneadores bénticos (*Echinodermata*, *Echinoidea*) en la zona del arrecife frontal o de barlovento, a diferentes profundidades, en arrecifes seleccionados del SAV, con base en la densidad de erizos (*Echinometra* spp. y *Diadema antillarum*).

4. Determinar la tasa anual de extensión esquelética, tasa anual de calcificación y densidad de los corales hermatípicos *Montastraea annularis* y *Porites astreoides* en la zona del arrecife frontal o de barlovento, a diferentes profundidades, en arrecifes seleccionados del SAV.

4. Determinar la calidad del agua marina superficial en la zona del arrecife frontal o de barlovento, en arrecifes seleccionados del SAV, con base en los siguientes parámetros físicos, químicos y biológicos: Turbiedad (transparencia), Sólidos totales en suspensión, Fósforo (fosfatos disueltos), Nitrógeno (nitritos + nitratos disueltos), Contenido de grasas y aceites, Metales pesados (Cu y Fe).

5. Determinar el grado de perturbación de cada área arrecifal, comparando los datos obtenidos de cada arrecife del SAV, lo que permitirá determinar zonas de riesgo ambiental.

6. Elaborar una propuesta de Programa de Manejo y Conservación del SAV.

7. Elaborar una propuesta del Programa Permanente de Monitoreo para el SAV.

8. Elaborar una Base de Datos y una Memoria Fotográfica.

8. Elaborar un Reporte Final que incluya la evaluación de la Condición o Estado de Salud del SAV.

II. Etapa: Programa Permanente de Monitoreo

1. Con base en los resultados de la evaluación de la condición del SAV, seleccionar 6 arrecifes del SAV en los que se implementará el Programa de Permanente Monitoreo.
2. Implementar y ejecutar muestreos semestrales que permitan hacer un seguimiento de la condición del SAV, con base en el estudio de las comunidades arrecifales.
3. Implementar y ejecutar muestreos bimestrales que permitan hacer un seguimiento de la condición del SAV, con base en el estudio de la calidad del agua.
4. Establecer un plan de acción ante eventos de contingencia ambiental.

Descripción del área de estudio: Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV)

El SAV es un complejo arrecifal formado por 2 grupos de arrecifes divididos por la desembocadura del Río Jamapa. El Grupo Norte lo conforman los arrecifes: Punta Gorda, Punta Majagua, Galleguilla, Gallega, Anegada de Adentro, Blanquilla, Pájaros, Isla Verde, Hornos, Isla de Sacrificios y Punta Mocambo. El Grupo Sur lo conforman los arrecifes: Anegada de Afuera, Topatillo, Santiaguillo, Anegadilla, Polo, Isla de Enmedio, Blanca, Chopas, Rizo y Cabezo. Los arrecifes del SAV son principalmente de tipo plataforma excepto los arrecifes costeros muy poco desarrollados de Punta Gorda, Punta Majagua, Punta Mocambo y Hornos (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993, Vargas-Hernández et al. 1993). A continuación se presenta una breve descripción de la geomorfología arrecifal general con base en la información disponible (Emery 1963, Ferre-D'Amare 1985, Horta-Puga y Carricart Ganivet 1990, Gutiérrez et al. 1993, Vargas-Hernández et al. 1993, Jordán-Dahlgren y Rodríguez Martínez 2003, Jordán-Dahlgren 2004). Los arrecifes de tipo plataforma, se caracterizan por elevarse del piso marino de profundidades máximas de 40 m, presentando un crecimiento coralino activo desde los 25-27 m hasta la superficie. Estos arrecifes presentan un talud arrecifal en todas direcciones, y su eje mayor está orientado en dirección NW-SE, presentando en algunos casos una porción emergida o cayo en la zona SE. Cada arrecife se divide en: (1) Talud de Barlovento o Arrecife Frontal, situado hacia mar abierto, caracterizado por un crecimiento más activo y mayor cobertura coralina, puede presentar un sistema de canales para disipación de la energía del oleaje y escape de sedimentos, en general en esta zona las aguas son relativamente claras con pocos sólidos en suspensión; (2) Cresta Arrecifal o Zona de Bloques, se localiza hacia el margen E del arrecife, es una zona de máxima energía por el constante batir del oleaje el cual rompe en esta zona, su profundidad no va más allá de 3 m, y se ve ampliamente afectada por las fluctuaciones de la marea, está constituida básicamente por bloques de coral muerto, el crecimiento coralino está muy restringido; (3) Planicie Arrecifal (también denominada Plataforma o Laguna Arrecifal), representa la parte superior del arrecife, donde localizamos comunidades someras dispersas de corales, ceibadales (comunidades de pastos marinos) y otras especies, las profundidades fluctúan entre 0.5-2.0 m, las aguas son claras con escaso movimiento; y (4) Talud de Sotavento o Arrecife Posterior, se localiza hacia el W, es una zona de crecimiento coralino activo, hasta los 20 m de profundidad aproximadamente, generalmente con menor cobertura pero mayor diversidad coralina que el Talud frontal, las aguas presentan poco movimiento y mucho material sólido en suspensión.

Para desarrollar el presente proyecto, se eligieron cinco arrecifes de cada grupo, utilizando como criterios de selección: (1) aquellos para los cuales ya se cuenta con información sobre la comunidad coralina; (2) el grado de perturbación, considerando que los arrecifes más cercanos a la costa, son los más susceptibles a estar impactados, y los más lejanos se encuentran poco o moderadamente perturbados; (3) la presencia de una fuente potencial de impacto; y (4) que estuviera representado homogéneamente el SAV. Los arrecifes seleccionados son:

Grupo Norte

1. Altamente perturbados: Galleguilla y Hornos.

Galleguilla: Arrecife localizado cerca de la descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad, y de las instalaciones portuarias.

Hornos: Arrecife costero situado justo frente a la ciudad, afectado directamente por la descarga de efluentes pluviales, tráfico de embarcaciones menores y turismo.

2. Poco o moderadamente perturbados: Pájaros, Isla de Sacrificios e Isla Verde.

Pájaros: Arrecife moderadamente impactado por la actividad turística y el anclaje de embarcaciones menores.

Isla Verde: Arrecife moderadamente impactado principalmente por la actividad pesquera.

Isla de Sacrificios: Arrecife poco impactado. Se encuentra protegido desde 1982.

Grupo Sur

1. Altamente perturbados: La Blanca y Chopas.

Blanca y Chopas: Ambos arrecifes impactados por la descarga del Río Jamapa, y por la actividad pesquera de la comunidad de Antón Lizardo.

2. Poco o moderadamente perturbados: Anegada de Afuera, Cabezo e Isla de Enmedio.

Anegada de Afuera, Cabezo e Isla de Enmedio: La actividad pesquera y el buceo recreativo son las principales fuente de impacto en estos tres arrecifes.

Breve descripción de los arrecifes a estudiar.

Galleguilla. Es un arrecife de tipo plataforma, se localiza a los 19°13'53" N y 96°07'37" W a 2.0 km de la costa. Mide 1.0 km en su eje más largo (NW-SE) con 1.0 km de ancho.

Hornos. Arrecife de tipo costero, se localiza a los 19°11'29" N y 96°07'19" W, abarca un 1 km de costa y su parte más ancha mide 250 m.

Isla Verde. Es un arrecife de tipo plataforma, se localiza a los 19°11'50" N y 96°04'06" W a 5.3 km de la costa. Mide 1.1 km en su eje más largo (NW-SE) con 750 m de ancho. Presenta un cayo emergido de 225 m de largo por 125 de ancho conocido como Isla Verde.

Isla de Sacrificios. Es un arrecife de tipo plataforma, se localiza a los 19°10'26" N y 96°05'326" W a 1.4 km de la costa. Mide 1.0 km en su eje más largo (NW-SE) con 500 m de ancho. Presenta un cayo emergido conocido como Isla de Sacrificios.

Pájaros. Arrecife de tipo plataforma, se localiza a los 19°10'50" N y 96°05'43" W a 2.5 km de la costa. Mide 1.8 km en su eje más largo (NW-SE) con 750 m de ancho. Presenta un pequeño cayo que emerge durante la bajamar conocido con el nombre de Cancuncito.

Anegada de Afuera. Arrecife de tipo plataforma, se localiza a lo 19°10'14" N y 95°52'14", a 16.2 km de la costa. Mide 4.37 km en su eje mas largo (NW-SE).

Isla de Enmedio. Es un arrecife de tipo plataforma y se localiza a los $19^{\circ}16'00''$ N y $95^{\circ}56'19''$ W, a 6.2 km de la costa; su eje mas largo tiene una longitud de 2.2 km (NW-SE). Presenta un cayo emergido.

Blanca. Arrecife de tipo plataforma se localiza a los $19^{\circ}05'06''$ N y $95^{\circ}59'57''$ W, a 2.6 km de la costa. Su eje mas largo mide 0.8 km (NW-SE).

Chopas. Es un arrecife de tipo plataforma y se localiza a los $19^{\circ}04'37''$ N y $95^{\circ}57'15''$ W, a 3.2 km de la costa; su eje mas largo tiene una longitud de 2.2 km (NW-SE). Presenta un cayo emergido denominado Salmedina.

Cabezo. Es un arrecife de tipo plataforma y se localiza a los $19^{\circ}03'11''$ N y $94^{\circ}48'15''$ W, a 15.2 km de la costa; su eje mas largo tiene una longitud de 6.2 km (NW-SE).

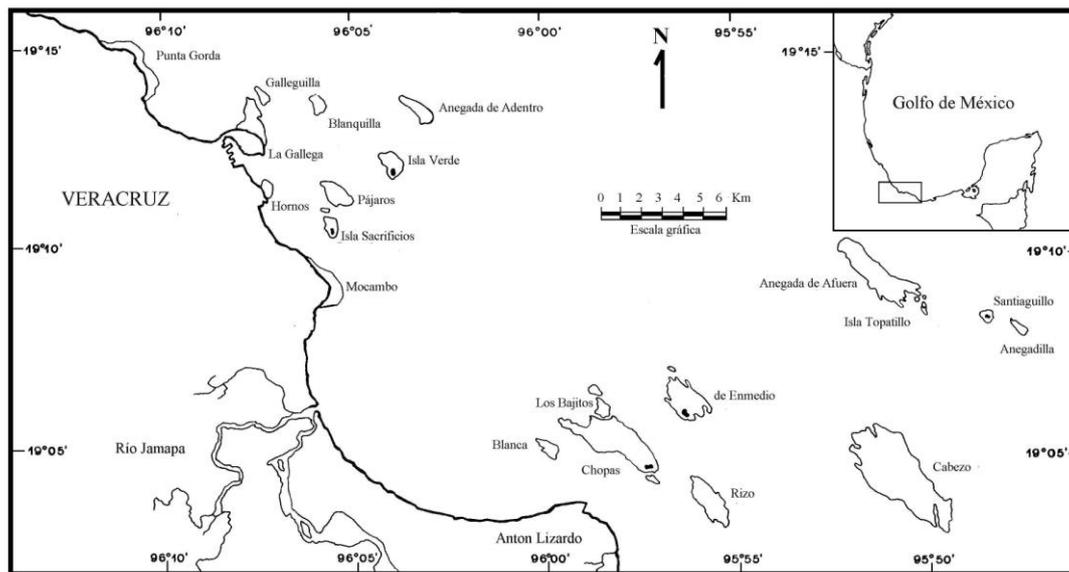


Figura 1.1 Mapa de localización de sitios (arrecifes) de muestreo en el SAV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Consideraciones generales

En el ecosistema arrecifal los corales escleractinios son el elemento faunístico dominante en términos de cobertura de sustrato (Yonge 1963, Stodart 1969). Aunque se ha visto que en términos de biomasa, los corales escleractinios, son sobrepasados por otras especies (Odum y Odum 1955), el papel que desempeñan en las relaciones energéticas del arrecife es vital, de tal forma que si se les elimina selectivamente, la mayoría de las especies restantes migran o mueren, alterándose gravemente la estructura de la comunidad del arrecife (Chesher 1969, 1969a). Por lo anterior, las tolerancias ambientales de la comunidad arrecifal como un todo, no pueden exceder las de las especies de corales que lo construyen y este hecho nos provee de un criterio preliminar conveniente para establecer estándares de protección para las comunidades arrecifales, tomando como base los efectos de diferentes fuentes de perturbación sobre los corales (Johannes 1972). Tomando en cuenta lo anterior, se ha seleccionado a la comunidad de corales hermatípicos (corales que contribuyen a la formación de los arrecifes de coral) como un indicador de la condición del ecosistema arrecifal. Los parámetros de la comunidad seleccionados para la evaluación son: talla promedio, densidad, cobertura, índice de mortalidad parcial, incidencia de enfermedades, índice reclutamiento, y tasa anual de crecimiento. Adicionalmente se utilizarán otros parámetros como son cobertura de grupos algales (carnosas, filamentosas y calcáreas), y la densidad de ramoneadores bénticos (erizos *Echinometra* spp. y *Diadema antillarum*), así como diversos parámetros que nos permiten determinar la calidad del agua

La cobertura y densidad coralina puede variar por diversos factores tanto intrínsecos como extrínsecos, que varían de un arrecife a otro, lo que implica que la mera utilización de estos dos importantes parámetros comunitarios no sea suficiente para determinar el grado de perturbación en un arrecife en particular. En cambio, sin importar la abundancia de cada especie, una proporción alta de individuos (colonias, ya que la gran mayoría de los corales hermatípicos son coloniales) que presenten parte de tejido muerto o algún tipo de enfermedad, incluido el fenómeno de blanqueamiento que es una respuesta al estrés ambiental, o una tasa de crecimiento inferior a la esperada, se consideran signos inequívocos de un ambiente perturbado o impactado. Adicionalmente, en un ambiente perturbado, las algas tienden a desplazar a los corales en su competencia por el recurso sustrato, lo que también significa una disminución en el índice de reclutamiento (densidad de reclutas o individuos juveniles), ya que las larvas coralinas no encuentran un sustrato adecuado para fijarse y prosperar. Asimismo, densidades bajas de especies ramoneadoras (que se alimentan de macroalgas), también son indicadoras de un ambiente perturbado, ya que su ausencia favorece el crecimiento algal, y por tanto la exclusión competitiva de las especies coralinas.

La calidad del agua, entendiéndose que el agua de “buena calidad” es aquella cuyas características fisicoquímicas no representen un riesgo para el desarrollo de la biota coralina, es otro factor importante a considerar en la evaluación de la condición ambiental del SAV. Un agua de buena calidad requiere concentraciones bajas de nutrientes (nitratos y fosfatos), especies químicas potencialmente tóxicas como son metales pesados (Cu y Fe), hidrocarburos (grasas y aceites) y sólidos en suspensión.

Así, la determinación del grado de perturbación se llevará a cabo bajo la premisa que un ambiente arrecifal poco perturbado presenta los siguientes atributos:

Comunidad Coralina

1. Talla Promedio, Densidad, Cobertura, Índice de Reclutamiento y Tasa Anual de Extensión Esquelética, Tasa Anual de Calcificación y Densidad Esquelética elevados.
2. Índice de Mortalidad y de Enfermedades bajos.

Comunidad Algal

1. Cobertura de Algas Carnosas y Filamentosas Baja.
2. Cobertura de Algas Calcáreas alta.

Comunidad de Ramoneadores Bénticos

1. Densidad alta.

Calidad del Agua

1. Concentraciones bajas de sólidos en suspensión, nutrientes, hidrocarburos, metales pesados.

Se debe puntualizar que al momento resulta difícil asignar una escala para cada parámetro, que permita determinar con certeza cuales valores son bajos o altos. En cada caso y después de analizar toda la información recabada durante la primera etapa del estudio y haber comparado con los valores registrados en literatura para otros ecosistemas arrecifales con condiciones ambientales similares, es que se asignarán los intervalos de variación cuantitativos que correspondan a situaciones de riesgo ambiental, y por tanto sean indicativos de un ambiente perturbado.

En términos generales la metodología de evaluación y monitoreo que se aplicará en el presente proyecto, con algunas modificaciones, corresponde al Protocolo de Evaluación Rápida, propuesto para la consecución del Proyecto AGRRA, el cual ha sido utilizado exitosamente para determinar la condición de los arrecifes del Atlántico Tropical, y que también se utilizó para el SAV (Horta-Puga 2003).

Por último, es importante señalar que para la presente propuesta de evaluación y programa de monitoreo del SAV, se pensó en utilizar los métodos más sencillos y económicos, pero sobretodo confiables. Se pensó en métodos que no requieren una cuantiosa inversión en equipo y materiales, y que con cierta facilidad pueden ser aprendidos y aplicados por personal con cierto grado de escolaridad (licenciatura en el área de las ciencias naturales) y capacitación. Lo anterior es importante ya que el aspecto económico generalmente, y desafortunadamente, es una limitante para el desarrollo e implementación de planes y programas de evaluación, monitoreo, vigilancia, conservación y manejo de las áreas naturales protegidas de nuestro País. También es necesario agregar que, para la consecución del presente proyecto de evaluación del SAV se involucró al personal del PNSAV, quienes participaron activamente en todas y cada una de las actividades del proyecto, ya que consideramos que es importante que los administradores del recurso tengan un conocimiento pleno del programa de trabajo, que aprendan a aplicarlo y a interpretar los resultados obtenidos, lo que les proporcionará la información necesaria para tomar las medidas precautorias y/o correctivas ante posibles eventos de contingencia ambiental.

Etapa I: Condición actual del SAV.

El trabajo se dividió en dos etapas. En la primera se determinó la condición actual de los arrecifes del SAV, la cual tuvo una duración de poco más de un año (Junio de 2006- Noviembre de 2007). La segunda etapa implica la implementación del Programa Permanente de Monitoreo del SAV, el cual se iniciará y se llevará a cabo durante los siguientes años; para efectos del presente proyecto se considerará seis años en su aplicación.

Programa de muestreo

El muestreo incluyó 10 arrecifes del SAV, 5 del grupo norte y 5 del grupo sur. Los arrecifes elegidos del grupo norte son Galleguilla, Hornos, Isla Verde, Isla de Sacrificios y Pájaros; los del Grupo Sur Blanca, Chopas, Isla de Enmedio, Cabezo y Anegada de Afuera. En cada arrecife se ubicaron 3 estaciones de muestreo: Talud de Barlovento, Planicie Arrecifal y Talud de Sotavento, las cuales se consideró son representativas del espectro de variación en la estructura de la comunidad coralina en el SAV. Las estaciones de muestreo en ambos taludes se ubicaron entre 9-12 m de profundidad, que es la profundidad con mayor diversidad y cobertura coralina en el SAV (Horta-Puga 2003). Así por cada arrecife se consideraron tres estaciones de muestreo, lo que hace un total de 30 estaciones de muestreo. Sin embargo, el arrecife Hornos es de tipo costero, por lo cual de manera natural no presenta Talud de Sotavento, al igual que los arrecifes Blanca y Chopas debido en estos dos últimos arrecifes, posiblemente, a las altas tasas de sedimentación terrígena derivadas de la descarga fluvial del río Jamapa, que inhiben el crecimiento coralino en esa área.

Para llevar a cabo el muestreo, se realizaron 5 salidas de campo en Septiembre/2006, Marzo/2007, Julio/2007, Septiembre-Octubre/2007 y Noviembre 2007, en las que participaron un total de seis investigadores: Dr. Guillermo Horta-Puga, Biól. José Luis Tello Musi (UNAM, FESI), Dr. José Carriquiry Beltrán, Dr. Julio Villaescusa Celaya (UABC, IIO) Dr. Juan Pablo Carricart Ganivet, Biól. Aurora Beltrán Torres (ECOSUR-Chetumal); cinco estudiantes de la UNAM, FESI: Marisol Avila Romero, Norberto Colín García, Abigail Morales, Josué Nuñez Rico, Israel Cruz; y tres guardaparques del CONANP, PNSAV: , Ramón Martínez, . Adicionalmente colaboraron dos estudiantes de ECOSUR-Chetumal en el procesamiento de las muestras para determinación de los parámetros de crecimiento: Erika Elizalde Rendón y Luz María Hernández Ballesteros.

Trabajo de Campo: Comunidad de Corales Hermatípicos

Para la evaluación de la comunidad de corales hermatípicos se consideró la obtención de los siguientes parámetros por estación de muestreo: riqueza específica, densidad, cobertura, e índices mortalidad parcial y de enfermedades. Se utilizó el método del transecto el cual ha sido de amplia utilización para la determinación de parámetros comunitarios de corales hermatípicos; y en el caso de reclutamiento se utilizó el método del cuadrante (Dodge et al., 1982, Loya 1972, 1978, AGRRA). Cada transecto tuvo 10 m de longitud, y se utilizaron tantos transectos por estación como fue necesario para muestrear al menos 100 colonias coralinas, número mínimo considerado representativo para estudios de comunidades coralinas (AGRRA). Los transectos se ubicaron en posición paralela a la línea de la cresta y/o al contorno del talud arrecifal. En cada transecto se procedió a tomar los siguientes datos por cada individuo/colonia de coral

hermatípico que intersectó la línea (las mediciones de longitud se harán con un cabo de nylon y/o un tubo de PVC de 1 m, marcado cada 5 cm):

1. Especie: nombre siguiendo una notación preestablecida.
2. Longitud de intercepción: distancia, en cm, bajo la línea del transecto.
3. Talla: en cada colonia se determinó, en cm, el diámetro máximo en vista superior, el diámetro perpendicular (con respecto al diámetro máximo), y la altura.
4. Mortalidad parcial: se determinó por una estimación visual el porcentaje de tejido muerto del área total de la colonia, asimismo si la mortalidad era reciente (identificable porque en la porción de afectada se aprecia el esqueleto) o es añeja (reconocible porque la porción afectada está cubierta por algas y/o otros organismos sésiles).
5. Enfermedades. Si el individuo se encuentra enfermo, se determinó la enfermedad que lo afecta, y el porcentaje de afectación por estimación visual.

Por reclutamiento se entiende el número de individuos que se agregan a una población dada. En el caso de los corales hermatípicos por su biología reproductiva, se consideró un recluta como un individuo juvenil que se ha fijado en el sustrato y ha logrado desarrollar su esqueleto. Los reclutas son reconocibles por ser individuos de pequeño tamaño <2 cm (AGRRA). Se considerará como índice de reclutamiento, el número de reclutas por unidad de área, es decir su densidad. Para la estimación del índice de reclutamiento se utilizó una fotografía del área delimitada por un cuadrante construido con tubo de PVC de 25x25cm. El cuadrante se colocó en el fondo sobre un sustrato rocoso en áreas carentes de invertebrados sésiles grandes (>25cm). En cada cuadrante se contabilizó, por medio un análisis visual de la imagen digitalizada (fotografía) en la pantalla de una computadora, el número de reclutas y la especie (o al menos el género) a la que pertenece. En cada estación de muestreo se cuantificaron al menos 80 cuadrantes, lo que corresponde a un área total de 5 m² por estación (AGRAA). La Tabla 2.1 presenta el número de colonias, número de transectos y fotocadrantes muestreados en cada uno de los sitios de muestreo, y en los que se basan los resultados obtenidos en este estudio.

Tabla 2.1
Relación de número de individuos (colonias de corales hermatípicos), transectos y
fotocuadrantes muestreados durante la evaluación del SAV.

Arrecife	Zona	Corales	Transectos	Cuadrantes
A	B	120	38	159
A	P	247	10	158
A	S	212	17	148
B	B	115	7	113
B	P	73	17	
C	B	103	26	114
C	P	214	49	200
C	S	145	17	152
Ch	B	101	7	149
Ch	P	261	13	158
IE	B	114	27	176
IE	P	176	18	139
IE	S	208	11	156
G	B	117	26	148
G	P	196	20	120
G	S	138	16	132
H	B	93	22	152
H	P	137	14	149
IS	B	154	16	150
IS	P	214	22	110
IS	S	109	10	150
IV	B	114	15	148
IV	P	154	20	130
IV	S	148	10	151
P	B	122	9	90
P	P	102	15	
P	S	100	8	134
Totales		3987	480	3586

Trabajo de Campo: Comunidad Algal

Las algas son los principales competidores de los corales hermatípicos por el recurso espacio. En ambientes perturbados es frecuente que lleguen a desplazar totalmente a los corales en el fondo arrecifal (Smith *et al.* 1981). Así una estimación de la condición actual del ecosistema arrecifal, requiere de un conocimiento de la cobertura algal como un estimador de su abundancia. Los grupos algales a considerar son: algas coralinas encostrantes, algas filamentosas (césped algal) y algas carnosas o macroalgas. El muestreo consistió en determinar la cobertura de cada grupo algal mediante el uso de la técnica de cuadrantes. En este caso se utilizó el mismo muestreo realizado para la evaluación de reclutamiento coralino, así en cada cuadrante además de contar el número de reclutas, se evaluó, en la imagen digitalizada mediante una estimación visual, la

cobertura en unidades porcentuales de cada grupo algal, invertebrados sésiles y área desnuda (AGRRA).

Trabajo de Campo: Comunidad de Ramoneadores Bénticos

En un ambiente perturbado las especies ramoneadoras tienden a disminuir en abundancia, lo que permite la proliferación de las algas bénticas. En los arrecifes del Atlántico Tropical los erizos (*Diadema antillarum* y *Echinometra* spp.) juegan un papel importante como especies ramoneadoras (Lessios et al. 1981). Así, se estimó la densidad de erizos, utilizando los transectos para la evaluación de la comunidad coralina. Se usó una barra de 1 m de longitud marcada por la mitad, y se siguió a lo largo del transecto contando todos los erizos que se ubiquen a una distancia de 50 cm o menos de la línea del transecto, lo que implica un cuadrante en cinta de 10 m² por cada transecto (AGRRA).

Trabajo de Campo: Parámetros del Crecimiento Coralino.

En cada arrecife seleccionado se procedió a coleccionar, en la medida de las posibilidades, 5 ejemplares pequeños (<5 cm altura) vivos y de apariencia saludable del coral escleractinio *Porites astreoides*, en la zona de Talud de Barlovento. Para la determinación de la tasa anual de extensión esqueletal (TEL), tasa anual de calcificación (TC) y densidades (D) anuales, se cortó cuidadosamente cada colonia para obtener una laja de ~0.7 cm de espesor siguiendo el eje máximo de crecimiento utilizando una sierra de filo diamantado. Todas las lajas fueron radiografiadas con las siguientes condiciones de exposición: 50 Kv, 50 MA, 100 MAs y 5 seg, a una distancia focal de 1.80 m. La película utilizada fue Kodak[®] MIN-R2000. Las radiografías de 43 lajas, 28 del Grupo Norte y 15 del Grupo Sur, presentaron un claro patrón de bandeado de distinta densidad y de ellas se obtuvo la TEL, la D y la TC utilizando la técnica de densitometría de imágenes digitalizadas propuesta por Carricart-Ganivet y Barnes (2007). La TC se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$TC = D/TEL. \quad \text{Donde } TC = g/cm^2; D = g/cm^3; TEL = cm.$$

Trabajo de Campo: Calidad del Agua

Para determinar la calidad del agua, en cada uno de los arrecifes seleccionados se llevaron a cabo tres campañas de muestreo en Marzo/2007, Julio/2007 y Septiembre/2007, en las cuales se recolectaron muestras de agua superficial en botellas de HDPE de 1 L, previamente lavadas con solución ácida y enjuagadas con agua deionizada. De ahí se tomaron una serie de alícuotas para evaluar los siguientes parámetros (Tabla 2.2). En el caso de la cuantificación de nutrientes y metales pesados se utilizaron kits de uso comercial, que aunque sólo nos dan un valor aproximado a las concentraciones reales, permiten detectar situaciones de riesgo ambiental si los niveles se muestran excesivamente altos, comparándolos con las concentraciones típicas para aguas oceánicas. Adicionalmente se midió la Turbidez (Transparencia), contenido de grasas y aceites, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

Tabla 2.2
Calidad del Agua

Parámetro	Método
Turbidez ⁽¹⁾	Disco de Sechi
Sólidos en suspensión ⁽²⁾	Cuantificación del peso del material retenido por un filtro, a partir de un volumen conocido de agua
Grasas y aceites ⁽²⁾	Método gravimétrico de extracción con tricloro-trifluoroetano.
Cu y Fe ⁽¹⁾	Salifert Prof. Test Kit Aquaspex [®] . Método colorimétrico
Nitratos y Nitritos ⁽¹⁾	Red Sea Marine Lab Master Test Kit Aquaspex [®] . Método colorimétrico
Fosfatos ⁽¹⁾	Salifert Prof. Test Kit Aquaspex [®] . Método colorimétrico
Amonio Libre y Amonio total ⁽¹⁾	Salifert Prof. Test Kit Aquaspex [®] . Método colorimétrico
Temperatura ⁽¹⁾	Instrumental: Multiparámetro HI 9828
Salinidad ⁽¹⁾	Instrumental: Multiparámetro HI 9828
Oxígeno disuelto ⁽¹⁾	Instrumental: Multiparámetro HI 9828

⁽¹⁾ Estos parámetros se evaluarán en el campo. ⁽²⁾ Estos parámetros se evaluarán en laboratorio.

Trabajo de Campo: Video y Fotografía del Muestreo

Durante el trabajo de campo se obtuvieron fotografías y videos de los transectos y cuadrantes en cada estación de muestreo, los que constituyeron la memoria fotográfica del proyecto, y que fueron ya entregados a la CONABIO y al PNSAV, CONANP en diciembre del 2007. Todo el material video y fotografías se procesó y editó para formar una videoteca, que sirva de línea de base, tanto para el Programa Permanente de Monitoreo, como para estudios futuros.

LITERATURA CITADA

- Báez, A., F. González, F. Solorio y R. Belmont. 1980. Determinación de plomo, cadmio y cromo en la precipitación pluvial en algunos lugares de la República Mexicana. TIT. Medio Ambiente 2(1):35-46.
- Beltrán-Torres, A.U. y J.P. Carricart-Ganivet. 1999. Lista revisada y clave para los corales pétreos zooxantelados (Hidrozoa: Milleporina; Anthozoa: Scleractinia) del Atlántico mexicano. Revista de Biología Tropical. 47(4): 813-829.
- Bernárdez, A. y M. Martínez-Ramos. 1993. Estructura comunitaria de los corales scleractinios del arrecife Chopas, Anton Lizardo, Veracruz: I. Patrones de diversidad. XII Congr. Nal. Zool., Monterrey, N.L., México. Resúmenes:8-9.
- Botello, A.V., G. Ponce, A. Toledo, G. Díaz and S. Villanueva. 1992. Ecología, recursos costeros y contaminación en el Golfo de México. Ciencia y Desarrollo, CONACYT, México, 17(102): 28-48.
- Bravo-Ruiz, J., J. Camacho-Ruiz y J.P. Carricart-Ganivet. 1989. Composición de especies y zonación de corales escleractinios en el arrecife La Blanquilla, Veracruz. X Congr. Nal. Zool. México. D.F. Resúmenes:24.
- Carricart-Ganivet, J.P., G. Horta-Puga, M.A. Ruiz-Zárte y E. Ruiz-Zárte. Tasas retrospectivas de crecimiento en el coral hermatípico *Montastrea annularis* en arrecifes al sur del Golfo de México. Revista de Biología Tropical 42(3):515-521.
- Carricart-Ganivet, J.P. y G. Horta-Puga. 1993. Arrecifes de Coral en México. 80-90 p. In Salazar-Vallejo S.I. y N.E. González (Eds). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO/CIQRO, México, DF. 865 p.
- Carricart-Ganivet, J.P. & M. Merino. (2001). Growth response of the reef-building coral *Montastrea annularis* along a gradient of continental influence in the Southern Gulf of Mexico. Bulletin of Marine Science 68:133-146.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2000. Compendio básico del agua. CNA, SEMARNAP, México. 96 p.
- Chávez, E.A. 1989. The human impact on coral reefs. Proc. Workshop Mexico-Australia Mar. Sci. Yucatan Mexico, pp. 81-86.
- Chávez, E.A. and J.W. Tunnell. 1993. Needs for management and conservation of the southern Gulf of Mexico. Proc. 8th Symp. Coastal Ocean Manag. New Orleans, Louisiana, pp. 2040-2053.
- Chesher, R.H. 1969. Destruction of Pacific corals by the sea star *Acanthaster planci*. Science 165:280-283.
- Chesher, R.H. 1969a. *Acanthaster planci* impact on Pacific coral reefs. Westinghouse Res. Labs., Rep. US Dept. Int, Washington, 152 p.
- Duarte, C.M., M. Merino and M. Gallegos. 1995. Evidence of iron deficiency in seagrasses growing above carbonate sediments. Limnology and Oceanography 40(6):1153-1158.
- Emery, K.O. 1963. Arrecifes coralinos en Veracruz, México. Geofísica Internacional 3: 11-17.
- Espejel-Montes, J. J. 1991. Aspectos geológicos y ecológicos de la distribución de los escleractinios en los arrecifes coralinos de Antón Lizardo y el Puerto de Veracruz, Golfo de México. M.Sc. Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 100 pp.
- Fandiño, S. 1977. Estudios taxonómicos y algunos aspectos ecológicos sobre las madréporas del arrecife La Blanquilla, Veracruz. Tes. Prof., Fac. Ciencias, UNAM, México.

- Ferre-D'Amare, A.R. 1985. Coral reefs of the Mexican Atlantic: a review. Proc. 5th Int. Symp. Coral Reefs, Tahiti 6:349-354.
- Gutiérrez, D., García-Saez, M. Lara y C. Padilla. 1993. Comparación de Arrecifes coralinos: Veracruz y Quintana Roo, p. 787-806. In Salazar-Vallejo, S.I. y N.E. González (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. Com. Nal. Biodiv. y CIQRO. 865 p.
- Heilprin, P.A. 1890. The Corals and coral reefs of the western waters of the Gulf of Mexico. Proc. Acad. Nat. Scie. Philadelphia 42:303-316.
- 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. (En prensa). Environmental impacts. Chapter 14. In Tunnell, J.W. Jr., E.A. Chávez (Eds.). Coral reefs of the southern Gulf of Mexico. Texas A&M University Press.
- Horta-Puga, G., y J.P. Carricart-Ganivet. 1993. *Styaster roseus* (Pallas 1766): first record of a stylasterid (Cnidaria: Hydrozoa) in the Gulf of Mexico. Bulletin of Marine Science 47:575-576.
- Horta-Puga, G., y J.P. Carricart-Ganivet. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. 66-79 p. In Salazar-Vallejo S.I. y N.E. González (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO/CIQRO, México. 865 p.
- Horta-Puga, G. y J.D. Carriquiry. 2005. Coral growth in the southern Gulf of Mexico in the context of global warming. PAGES 2nd Open Sciences Meeting. Beijing, China.
- Horta-Puga, G. y R. Ramírez-Palacios. 1996. Niveles de plomo en el esqueleto del coral arrecifal *Montastrea annularis*. 363-367 p. In Botello, A.V., F. Vázquez Gutiérrez, J.L. Rojas Galavíz, J. Benítez Torres, y D. Zárate Lomelí (Eds.) Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. EPOMEX Serie Científica 4. Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Horta-Puga, G., J.L. Tello-Musi y G. Barba-Santos. 1997. Impacto ambiental de las obras de construcción en el Sistema Arrecifal Veracruzano. XIV Congreso Nacional de Zoología Guanajuato, México. Programa y Resúmenes: 64.
- Horta-Puga, G., J.M. Vargas-Hernández y J.P. Carricart-Ganivet. (En prensa). Reef corals: biodiversity and biogeography. Chapter 9. In Tunnell, J.W. Jr., E.A. Chávez (Eds.). Coral reefs of the southern Gulf of Mexico. Texas A&M University Press.
- Jácome-Pérez, L. 1993. Modelo de zonación de las estructuras arrecifales de Antón Lizardo y Puerto de Veracruz, México. Oceanología 1:77-89.
- Johannes, R.E. 1972. Coral reefs and pollution. In Marine pollution and sea life. Fishing News (Books): 364-375 p.
- Jordán-Dahlgren, E. 1992. Recolonization patterns of *Acropora palmata* in a marginal environment. Bulletin of Marine Science 51(1): 104-117.
- Jordán-Dahlgren, E. 2002. Gorgonian distribution patterns in coral reef environments of the Gulf of Mexico: evidence of sporadic ecological connectivity? Coral Reefs 21:205-215.
- Jordán-Dahlgren, E. 2004. Arrecifes coralinos del Golfo de México: caracterización y diagnóstico. 555-572 p. In Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. INE-SEMARNAT, México. 1047 p.
- Jordán-Dahlgren, E. y R.E. Rodríguez-Martínez. 2003. The Atlantic coral reefs of México. In Cortés, J. (Ed.). Latin American Coral Reefs. Elsevier. 508 p.
- Kühlmann, D.H.H. 1975. Charakterisierung der Korallenriffe vor Veracruz, Mexico. Int. Revue. ges. Hydrobiol. 60(4):495-521
- Lang, J., P. Alcolado, J.P. Carricart-Ganivet, M. Chiappone, A. Curran, P. Dustan, G. Gaudian, F. Geraldine, S. Gittings, R. Smith, W. Tunnell, and J. Wiener. 1998. Status of

- coral reefs in the northern areas of the wider Caribbean. 123-134 pp. In C. Wilkinson (Ed.). Status of coral reefs of the world: 1998. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Lara, M. 1989. Zonación y caracterización de los escleractinios en el arrecife Anegada de Afuera, Veracruz, México. Tes. Prof., Fac. Ciencias UNAM, México.
- Lara, M., C. Padilla, C.A. García y J.J. Espejel. 1992. Coral reefs of Veracruz, Mexico. I; Zonation and community structure. Proc. 7th Coral Reef Symp., Guam.
- Lerdo de Tejada, M. 1858. Apuntes históricos de la Heroica Ciudad de Veracruz.
- López, L. y O.J. Polanco. 1991. La fauna de la ofrenda H del templo mayor. 199-163 p. In: O.J. Polanco (Ed.). La fauna en el templo mayor. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.
- Martínez-López, B, and A. Parés-Sierra. 1998. Circulación del Golfo de México inducida por mareas, viento y la Corriente de Yucatán. Ciencias Marinas 24(1):65-93.
- Medina, J. and A. Ruiz. 1991. Caracterización del grado de contaminación bacteriana producida por el hombre en cuerpos de agua destinados para la recreación en las zonas costeras del Estado de Veracruz. XV Simp. Biol. Campo, UNAM-Iztacala, Tlalnepantla, México. Resúmenes, p. 20
- Molina, G. 1992. Caracterización del grado de contaminación bacteriana en cinco playas de uso recreativo en Puerto de Veracruz. XVI Simp. Biol. Campo, UNAM-Iztacala, Tlalnepantla, México. Resúmenes, p. 2.
- Monreal-Gómez, M. A., A. D. Salas-de-León y H. Velasco-Mendoza. 2004. La hidrodinámica del Golfo de México. 47-68 p. In Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. INE-SEMARNAT, México. 1047 p.
- Morelock, J. and K.J. Koenig. 1967. Terrigenous sedimentation in a shallow water coral reef environment. Jour. Sediment. Petrol. 37(4): 1001-1005.
- Nowlin, W.D. y H.J. McLellan. 1967. A characterization of the Gulf of Mexico waters in winter. Journal of Marine Research 25(1):29-59.
- Odum, H.T. y E.P. Odum. 1955. Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on Eniwetok Atoll. Ecological Monographs. 25(3):291-320.
- Padilla, C. 1989. Estructura comunitaria de escleractinios del arrecife Cabezo, Veracruz. Tes. Prof., Fac. Ciencias UNAM, México.
- Palacios-Coria, E. 2001. Composición de especies de macrocorales hermatípicos de zonas arrecifales someras de Veracruz, Ver.: su uso como material de construcción en el Castillo de San Juan de Úlua. Tesis profesional. UNAM-FESI. 52 p.
- Partida, E. 1992. Estructura de la comunidad de corales pétreos en la plataforma arrecifal del arrecife Isla Verde, Ver., con algunos datos sobre el blanqueamiento en Porites porites (Pallas, 1767). Tes. Prof., Fac. Biol. Univ. Veracruzana, Córdoba, Ver., México, 44 p.
- PEMEX y Secretaría de Marina. 1987. Evaluación de los corales escleractinios del sistema arrecifal frente al Puerto de Veracruz, GPTA-E-01/87.
- Rannefeld, J.W. 1972. The stony corals of Enmedio reef off Veracruz, Mexico. M. Sc. Thesis, Texas A&M Univ. 105 p.
- Roberts, C.M. 1997. Connectivity and management of Caribbean coral reefs. Science 278: 1454-1457.
- Román-Vives, M.A., J.C. Stivalet-Collinot y J.M. Vargas-Hernández. 1989. Publicaciones del Museo de Zoología, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa. 1:1-5.
- Stoddart, D.R. 1969. Ecology and morphology of recent coral reefs. Biol. Rev. 44:433-498.

- Tunnell, J.W. 1985. Environmental stresses of the Veracruz coral reefs, south western Gulf of Mexico. Proc. 5th Int. Coral Reef Cong. 2: 384
- Tunnell, J.W., Jr. 1988. Regional comparison of Southwestern Gulf of Mexico to Caribbean Sea coral reefs. Proc. 6th Int. Coral Reef Symp., Australia 3: 303-308.
- Tunnell, J.W., Jr. 1992. Natural versus human impacts to Southern Gulf of Mexico coral reef resources. Proc. 7th Int. Coral Reef Symp., Guam 1: 300-306.
- Vargas-Hernández, J.M., A. Hernández-Gutiérrez y L.F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. 559-575 p. In Salazar-Vallejo S.I. y N.E. González (Eds). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO/CIQRO, México. 865 p.
- Veron, J.E.N. 1995. Corals in space and time: The biogeography and evolution of the Scleractinia. Cornell University Press, Ithaca. N.Y. 321 p.
- Villalobos, A. 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. Coloquio de Investigaciones de los Recursos del Mar Caribe, UNESCO:531-545.
- Yedid, A. 1982. Algunos aspectos ecológicos sobre la abundancia y distribución de los corales en Isla Verde, Veracruz, México. Tes. Prof. ENEPI UNAM, México, 44 p.
- Yonge, C.M. 1963. The biology of coral reefs. Adv. Mar. Biol. 1:209-260.

RESULTADOS

1. Biodiversidad coralina

Durante el muestreo por transectos se observaron un total de 26 especies de corales hermatípicos (Tabla 3.1); 25 especies de escleractinios y 1 de mileporinos. En el caso de *Diploria*, algunos ejemplares se clasificaron como sp., esto no significa que fueran una especie no determinada, si no que no se pudo distinguir si se trataba de *D. clivosa* o *D. strigosa*.

Tabla 3.1
Biodiversidad de corales hermatípicos en los arrecifes del SAV

Especie	A	B	C	Ch	IE	G	H	IS	IV	P
<i>Acropora palmata</i>	1				1					1
<i>Agaricia agaricites</i>	1	1	1		1	1		1	1	
<i>Agaricia fragilis</i>	1	1	1		1				1	
<i>Agaricia humilis</i>	1		1	1	1	1				1
<i>Agaricia lamarcki</i>		1			1			1	1	
<i>Colpophyllia natans</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Diploria spp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Diploria clivosa</i>	1	1	1			1		1	1	1
<i>Diploria strigosa</i>	1	1	1			1		1	1	1
<i>Leptoseris cucullata</i>	1				1					
<i>Madracis decactis</i>		1		1	1			1	1	1
<i>Manicina areolata</i>	1		1	1	1	1		1	1	1
<i>Millepora alcicornis</i>	1		1	1		1		1	1	1
<i>Montastraea annularis</i>	1		1		1	1			1	
<i>Montastraea cavernosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Montastraea faveolata</i>	1	1	1	1	1	1		1	1	1
<i>Montastraea franksi</i>	1				1				1	
<i>Mussa angulosa</i>					1					
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>			1							
<i>Oculina diffusa</i>		1			1	1	1	1		1
<i>Porites astreoides</i>	1	1	1	1	1	1		1	1	1
<i>Porites branneri</i>										1
<i>Porites porites</i>	1		1			1				
<i>Scolymia cubensis</i>	1		1							1
<i>Siderastrea radians</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Siderastrea siderea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Total	20	14	17	12	20	16	7	15	17	17

A= Anegada. B= La Blanca. C= Cabezo. Ch= Chopas. IE= Isla de Enmedio. G= Galleguilla. H= Hornos. IS= Isla de Sacrificios. IV= Isla Verde. P= Pájaros. . 1= especie presente.

El presente estudio no fue diseñado para determinar el número total de especies por arrecife, por lo que sólo se encontraron 26 de un total de 36 especies de corales hermatípicos que hasta el momento se reconoce se ubican en el SAV (Horta-Puga *et al.* 2007), pero dado que el esfuerzo de muestreo es similar en todos los sitios, los resultados se consideran representativos de las diferencias entre sitios.

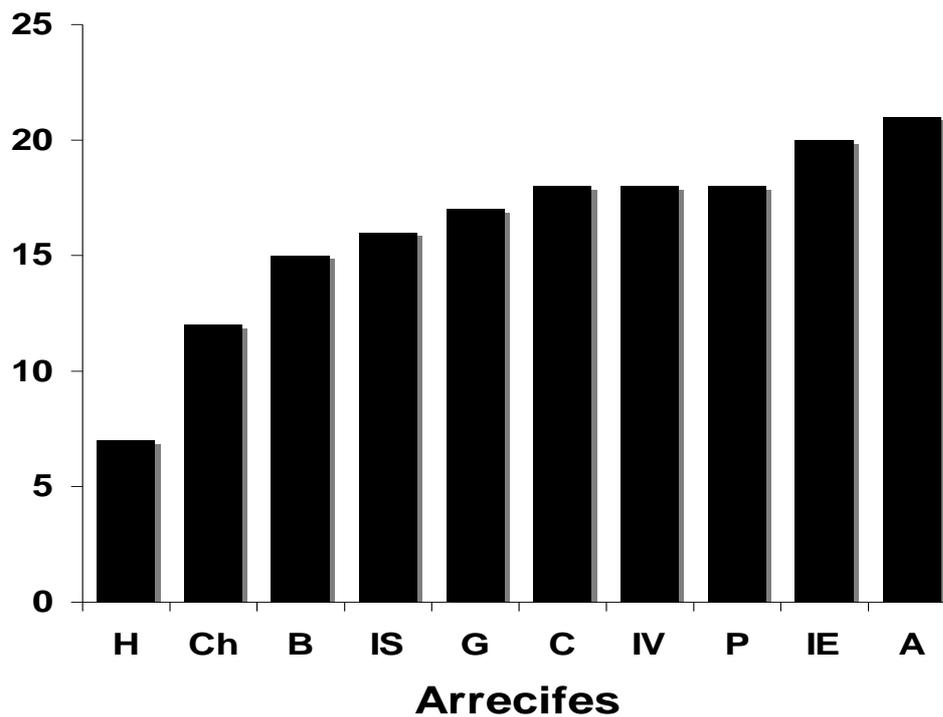


Figura 3.1 Riqueza específica de corales escleractinios por arrecife en el SAV.

En ningún arrecife se localizaron el total de las especies registradas, sin embargo es notorio un gradiente en el que los arrecifes que se localizan más cercanos a la línea de costa, presentan una menor diversidad (Figura 3.1). Los arrecifes Hornos, Chopas, La Blanca, Isla de Sacrificios y Galleguilla, son los que se localizan más cercanos a la línea de costa y/o con un mayor grado de influencia de la descarga fluvial del río Jamapa, por lo que están sometidos a condiciones de estrés ambiental más alto que los demás arrecifes. En el caso de los arrecifes Hornos, Isla de Sacrificios y Galleguilla, estos están localizados en las inmediaciones del Puerto de Veracruz, por lo cual el grado de impacto por la actividad humana es alto. En los arrecifes La Blanca y Chopas es tal la influencia de la pluma fluvial del Jamapa, que al parecer ha inhibido el desarrollo del talud de sotavento en estos arrecifes, ya que el régimen de corrientes superficiales locales en el SAV, lleva las aguas, que contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión, directamente a esa zona. Por lo anterior, no resulta extraño que sea precisamente en estos arrecifes, dónde la diversidad coralina es menor. Los demás arrecifes presentan una riqueza específica mayor, lo que indica condiciones ambientales más adecuadas para el desarrollo de las comunidades arrecifales.

Un análisis por zona arrecifal denota que la riqueza específica es alta y similar en ambos taludes (barlovento y sotavento), con 24 especies. En cambio la zona de planicie presenta la menor diversidad con sólo 18 especies (Tabla 3.2). Estos resultados son los esperados, ya que es ampliamente reconocido que la mayor diversidad en los ecosistemas arrecifales se presenta sobre los taludes dónde las condiciones ambientales son más estables, a diferencia de la zona de planicie que por su poca profundidad, <2 m, la cual es altamente influenciada por el régimen de mareas, presenta amplias variaciones de temperatura y salinidad durante el ciclo diurno y tasas altas de incidencia de luz

solar, que restringen el número de especies de corales hermatípicos que pueden desarrollarse en esta zona.

Tabla 3.2
Biodiversidad de corales hermatípicos por zona arrecifal en el SAV

Especie	Barlovento	Planicie	Sotavento
<i>Acropora palmata</i>	1		1
<i>Agaricia agaricites</i>	1	1	1
<i>Agaricia fragilis</i>	1		1
<i>Agaricia humilis</i>	1		1
<i>Agaricia lamarcki</i>	1		1
<i>Colpophyllia natans</i>	1	1	1
<i>Diploria clivosa</i>	1	1	1
<i>Diploria strigosa</i>	1	1	1
<i>Leptoseris cucullata</i>			1
<i>Madracis decactis</i>	1	1	1
<i>Manicina areolata</i>	1	1	1
<i>Millepora alcicornis</i>	1	1	1
<i>Montastraea annularis</i>	1		1
<i>Montastraea cavernosa</i>	1	1	1
<i>Montastraea faveolata</i>	1	1	1
<i>Montastraea franksi</i>	1		1
<i>Mussa angulosa</i>			1
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	1		
<i>Oculina diffusa</i>	1	1	1
<i>Porites astreoides</i>	1	1	1
<i>Porites branneri</i>	1	1	
<i>Porites porites</i>		1	
<i>Scolymia cubensis</i>	1	1	1
<i>Siderastrea radians</i>	1	1	1
<i>Siderastrea siderea</i>	1	1	1
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	1	1	1
Total	23	17	23

1= especie presente.

Es interesante notar que algunas especies se localizaron en sólo una zona arrecifal, tal es el caso de *Leptoseris cucullata* en sotavento, *Mycetophyllia lamarckiana* en barlovento y *Porites porites* en planicie. Esto no significa que éstas especies estén restringidas a estas áreas, si no sólo que en las campañas de muestreo éstas no se ubicaron en los transectos.

Las Tablas 3.3 y 3.4 y la Figura 3.2 presentan la riqueza específica por zona en cada uno de los arrecifes muestreados. En estas se puede observar que algunas especies sólo estuvieron presentes en pocos sitios de muestreo. *Acropora palmata* sólo se detectó en los arrecifes Anegada de Adentro, Isla de Enmedio y Pájaros; considerando que esta especie normalmente se distribuye a profundidades de 2-7 m, no resulta extraño que prácticamente no se le haya encontrado en los transectos, ya que el muestreo se llevó a cabo entre 9-12 m de profundidad. Para facilitar el análisis se elaboró una clasificación cualitativa por su frecuencia de aparición (presencia) en todos los sitios de muestreo (27 en total) de las especies de corales hermatípicos del SAV (Tabla 3.5). Convencionalmente se determinaron cuatro categorías, desde las especies que se pueden considerar raras, por su baja frecuencia de aparición, hasta las que son abundantes, las cuales se localizan, prácticamente, en todo el SAV, y que generalmente son las especies dominantes en el sistema como son: *C. natans*, *M. cavernosa*, *P. astreoides*, *S. radians* y *S. siderea*.

Tabla 3.3
Biodiversidad de corales hermatípicos en los arrecifes del grupo sur del SAV

Especie	Anegada			Blanca			Cabezo			Chopas			I Enmedio		
	B	P	S	B	P	S	B	P	S	B	P	S	B	P	S
<i>Acropora palmata</i>	1												1		
<i>Agaricia agaricites</i>	1	1	1	1			1						1		1
<i>Agaricia fragilis</i>	1			1			1								1
<i>Agaricia humilis</i>	1						1			1					1
<i>Agaricia lamarcki</i>				1									1		
<i>Colpophyllia natans</i>	1		1	1			1		1	1			1		1
<i>Diploria sp.</i>		1	1		1			1			1		1	1	
<i>Diploria clavosa</i>	1				1		1		1						
<i>Diploria strigosa</i>	1			1	1		1		1						
<i>Leptoseris cucullata</i>			1												1
<i>Madracis decactis</i>				1						1			1		1
<i>Manicina areolata</i>	1	1	1						1	1					1
<i>Millepora alcicornis</i>	1	1	1				1	1	1	1	1				
<i>Montastraea annularis</i>	1		1						1				1		1
<i>Montastraea cavernosa</i>			1	1	1		1		1	1			1		1
<i>Montastraea faveolata</i>	1		1	1			1		1	1			1		1
<i>Montastraea franksi</i>	1		1										1		1
<i>Mussa angulosa</i>															1
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>							1								
<i>Oculina diffusa</i>				1									1		
<i>Porites astreoides</i>	1	1	1	1	1		1		1	1			1		1
<i>Porites branneri</i>															
<i>Porites porites</i>		1						1							
<i>Scolymia cubensis</i>			1				1								
<i>Siderastrea radians</i>		1	1	1	1			1	1	1	1		1	1	1
<i>Siderastrea siderea</i>	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	1			1						1			1		1
Total	14	8	14	13	6	0	13	5	11	11	3	0	15	3	16

B= barlovento. P= planicie. S= sotavento. 1= especie presente.

Tabla 3.4
Biodiversidad de corales hermatípicos en los arrecifes del grupo norte del SAV

Especie	Galleguilla			Hornos			I Sacrificios			I Verde			Pájaros				
	B	P	S	B	P	S	B	P	S	B	P	S	B	P	S	R	
<i>Acropora palmata</i>																1	1
<i>Agaricia agaricites</i>	1						1					1					
<i>Agaricia fragilis</i>										1							
<i>Agaricia humilis</i>	1		1													1	1
<i>Agaricia lamarcki</i>							1		1	1							
<i>Colpophyllia natans</i>	1		1	1			1		1	1		1	1	1	1		
<i>Diploria sp.</i>	1	1					1	1				1		1		1	1
<i>Diploria clivosa</i>			1						1	1						1	1
<i>Diploria strigosa</i>			1						1	1						1	1
<i>Leptoseris cucullata</i>																	
<i>Madracis decactis</i>									1	1		1		1			
<i>Manicina areolata</i>			1						1	1		1		1			
<i>Millepora alvicornis</i>	1						1	1		1				1	1	1	
<i>Montastraea annularis</i>			1							1		1		1			
<i>Montastraea cavernosa</i>	1		1	1			1		1	1		1		1	1	1	
<i>Montastraea faveolata</i>	1		1						1	1		1		1			
<i>Montastraea franksi</i>										1		1					
<i>Mussa angulosa</i>																	
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>																	
<i>Oculina diffusa</i>	1		1	1			1		1					1			
<i>Porites astreoides</i>	1	1					1		1	1	1		1	1	1	1	1
<i>Porites branneri</i>											1		1				
<i>Porites porites</i>		1															
<i>Scolymia cubensis</i>															1		
<i>Siderastrea radians</i>	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Siderastrea siderea</i>	1	1	1	1	1		1		1	1		1	1	1	1		
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	1		1	1			1		1	1		1	1	1			
Total	12	5	12	6	3	0	11	3	13	16	4	11	7	12	10	8	

B= barlovento. P= planicie. S= sotavento. R= Rubin. 1= especie presente.

Tabla 3.5
Clasificación cualitativa por frecuencia de aparición en sitios de muestreo en el SAV

Frecuencia de aparición	Categoría
≤ 5	Rara
6-10	Ocasional
11-15	Frecuente
≥ 16	Abundante

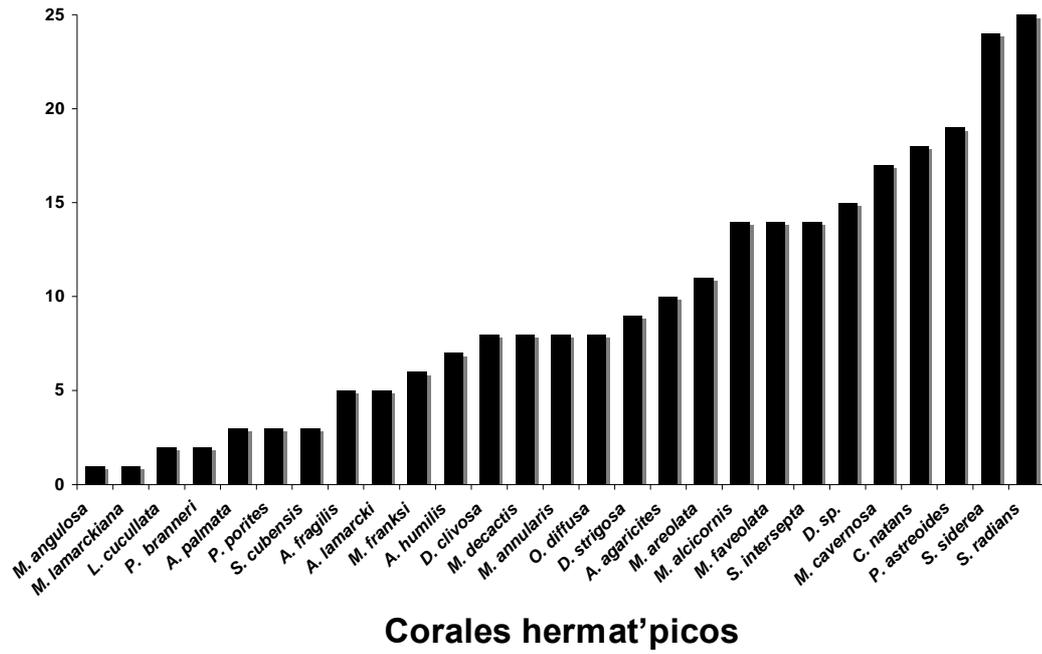


Figura 3.2 Frecuencia de aparición por sitios de muestreo de corales hermatípicos del SAV.

2. Abundancia de corales hermatípicos

Un parámetro importante para definir las características de una comunidad es la abundancia de cada una de sus especies. Dado que los corales hermatípicos son un grupo en el que la gran mayoría de las especies son formas coloniales, de manera convencional se ha acordado que una colonia que está separada físicamente, es decir sin continuidad tisular con otras colonias, no importando su tamaño y edad, se le considerará como un individuo. Esta convención se aplica en todos los estudios sobre ecología de poblaciones y comunidades, como lo es el presente. Considerando que para obtener datos sobre la comunidad coralina se utilizó el método de transecto en línea, la abundancia no se manejará en términos absolutos, es decir no se presentará la abundancia total de cada especie por sitio de muestreo, sino en términos relativos o porcentuales. En la Tabla 3.6 se presentan los resultados generales promedio, para todo el SAV, y por zona arrecifal de muestreo: barlovento, planicie y sotavento (Figuras 3.3-3.6), esto representa el resultado de haber muestreado 3988 colonias coralinas en total. Como se puede apreciar en términos generales los corales de los géneros *Siderastrea*, *Colpophyllia*, *Montastraea*, *Diploria* y *Porites* son los más abundantes, cuya abundancia relativa acumulada representa >80% de los corales presentes en el SAV. Si consideramos todo el SAV en su conjunto, el orden de importancia es:

S. radians > *C. natans* > *M. cavernosa* > *S. siderea* > *D. strigosa*...

Analizando por zona arrecifal el orden de importancia es:

Barlovento: *C. natans* > *M. cavernosa* > *S. siderea* > *M. faveolata* > *P. astreoides*...

Planicie: *S. radians* > *Diploria* sp. > *S. siderea* > *P. porites* > *P. astreoides*...

Sotavento: *C. natans* > *M. cavernosa* > *S. siderea* > *M. faveolata* > *M. annularis*...

Es importante hacer notar que al considerar todo el SAV en su conjunto, la abundancia tan marcada de *S. radians* en el zona de planicie (59.3%) hace de esta especie la más abundante con el 24.1% de total de individuos muestreados, sin embargo en las zonas de barlovento y sotavento no se le encuentra entre las cinco más abundantes. Es contrastante la diferencia entre la zona de planicie y los taludes, mientras en planicie *Siderastrea* spp. y *Diploria* spp. son las más abundantes, en los taludes es *C. natans* y *M. cavernosa*. También interesante resulta que en ambos taludes las especies más abundantes son las mismas, lo que indica que las condiciones ambientales son en general similares, lo que se refleja en patrones de abundancia similares.

Tabla 3.6
Abundancia relativa de corales hermatípicos en el SAV (%±DE)

Especies	Barlovento	Planicie	Sotavento	Total
<i>Acropora palmata</i>	0.6±1.1	0,0±0,0	0,0±0,0	0,3±1,0
<i>Agaricia agaricites</i>	2.2±4.0	0,0±0,1	0,7±1,0	1,0±2,6
<i>Agaricia fragilis</i>	0.5±0.7	0,0±0,0	0,1±0,4	0,2±0,5
<i>Agaricia humilis</i>	3.3±4.8	0,0±0,0	0,2±0,4	1,4±3,2
<i>Agaricia lamarcki</i>	0.5±0.8	0,0±0,0	0,1±0,3	0,2±0,6
<i>Colpophyllia natans</i>	19.6±12.1	0,4±1,2	23,0±10,8	13,0±13,5
<i>Diploria sp.</i>	3.5±5.6	14,8±20,0	0,3±10,8	6,9±13,5
<i>Diploria clivosa</i>	2.6±5.2	3,2±10,0	0,8±1,2	3,5±8,9
<i>Diploria strigosa</i>	5.2±8.6	1,4±4,3	1,9±3,8	3,1±6,2
<i>Leptoseris cucullata</i>	0.0±0.0	0,0±0,0	0,7±1,6	0,2±0,8
<i>Madracis decactis</i>	3.1±7.3	0,0±0,0	2,4±3,0	1,7±1,7
<i>Manicina areolata</i>	0.7±1.0	0,0±0,1	1,9±1,3	0,7±1,1
<i>Millepora alcicornis</i>	1.3±1.3	0,3±0,5	0,4±0,5	1,5±4,4
<i>Montastraea annularis</i>	1.5±3.0	0,0±0,0	6,1±11,3	2,1±6,1
<i>Montastraea cavernosa</i>	18.1±15.9	0,1±0,4	15,0±9,5	10,5±13,1
<i>Montastraea faveolata</i>	7.1±9.8	0,0±0,0	13,7±10,6	6,0±9,3
<i>Montastraea franksi</i>	0.6±0.9	0,0±0,0	2,3±3,9	0,8±2,1
<i>Mussa angulosa</i>	0.0±0.0	0,0±0,0	0,1±0,2	0,0±0,1
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	0.1±0.3	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,2
<i>Oculina diffusa</i>	5.2±8.1	0,0±0,0	1,6±2,3	2,2±5,3
<i>Porites astreoides</i>	5.9±4.0	4,9±8,6	1,9±2,0	4,5±5,8
<i>Porites branneri</i>	0.0±0.0	0,4±1,2	0,0±0,0	0,2±0,7
<i>Porites porites</i>	0.0±0.0	7,4±17,6	0,0±0,0	2,6±10,8
<i>Scolymia cubensis</i>	0.1±0.3	0,0±0,0	0,2±0,4	0,1±0,3
<i>Siderastrea radians</i>	3.8±4.1	59,3±31,3	5,5±6,2	24,1±32,5
<i>Siderastrea siderea</i>	10.1±9.4	7,7±11,9	15,0±15,9	10,2±12,0
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	4.3±5.2	0,1±0,3	5,9±6,9	3,0±5,1
No. total de individuos	1153	1775	1060	3988

DE= Desviación estándar (1σ)

Al comparar los resultados con lo registrado en la zona de barlovento para el SAV en la Campaña AGRRA de 1999 (Horta-Puga 2003), encontramos que la especie más abundante era *M. cavernosa* (29.5%), seguida de *C. natans* (27.5%) y *Siderastrea* spp. (25.5%) (Figura 3.7). Sin embargo, dado que en la campaña de 1999 sólo se muestrearon corales con un diámetro ≥ 25 cm, eso explicaría la diferencia, ya que en el presente estudio se incluyeron ejemplares de todas las tallas. Por lo anterior, se considera que en términos de abundancia no existen diferencias importantes durante el periodo 1999-2007, lo que significa que el SAV no se han presentado cambios significativos por lo que se refiere a las principales especies que lo componen.

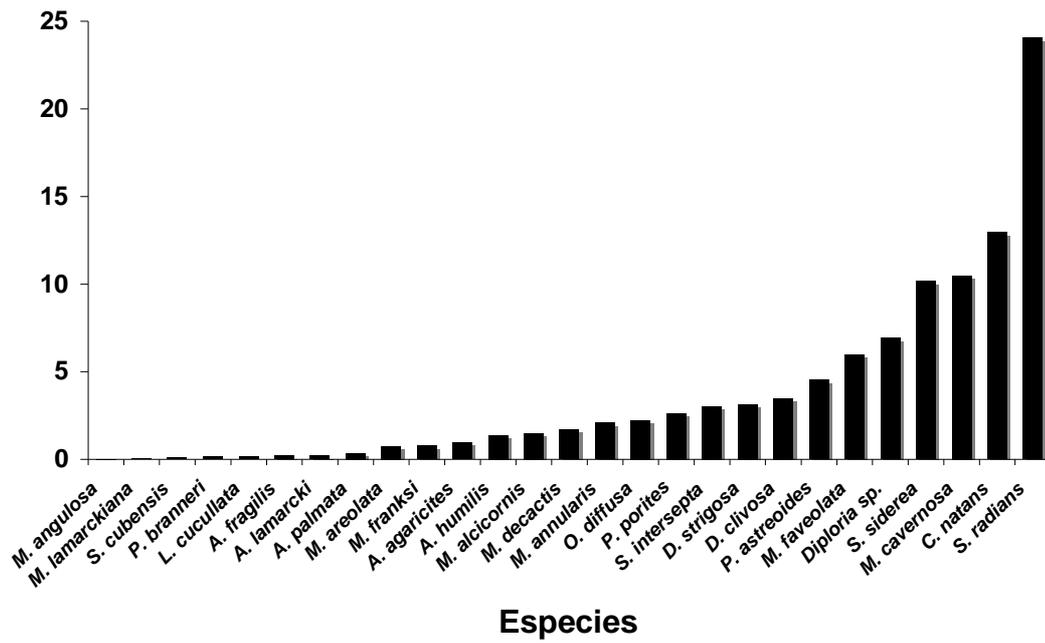


Figura 3.3 Abundancia relativa general de corales hermatípicos del SAV.

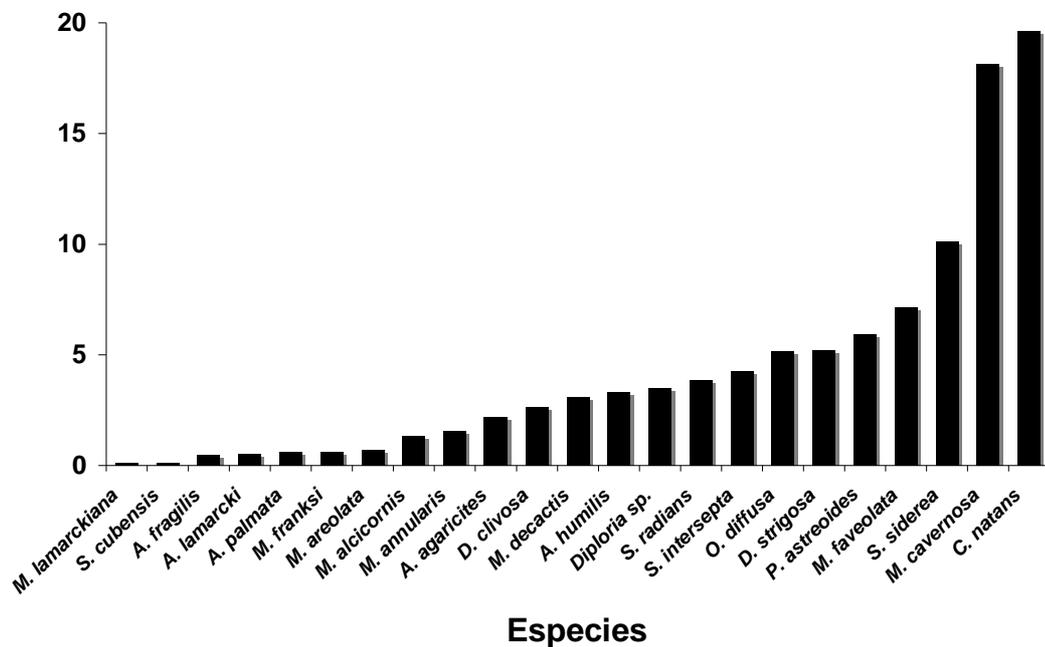


Figura 3.4 Abundancia relativa de corales hermatípicos en la zona de barlovento del SAV.

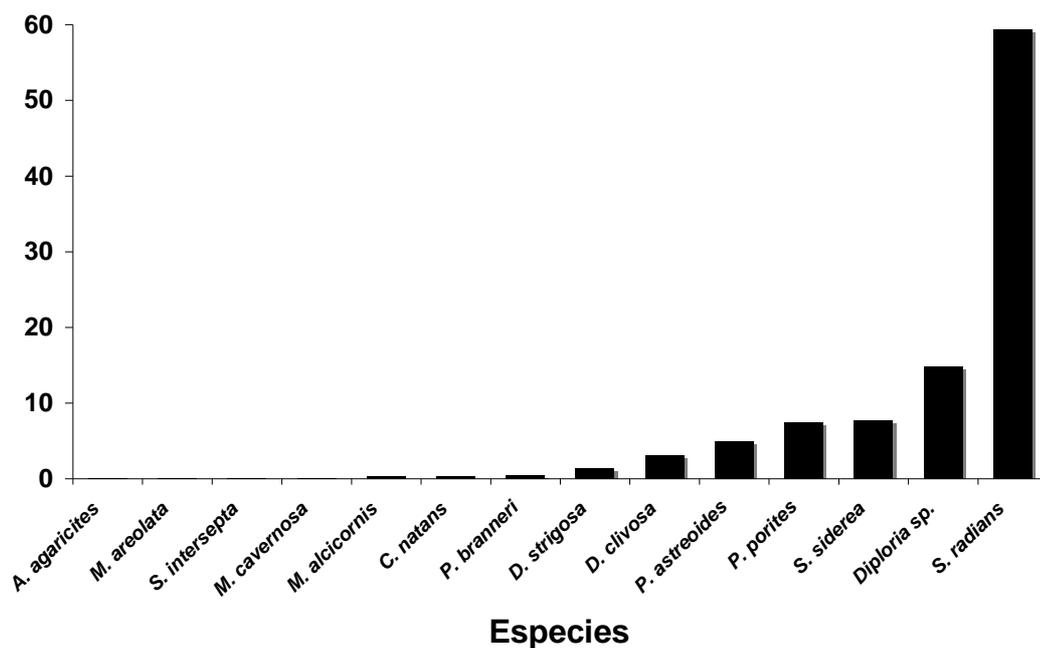


Figura 3.5 Abundancia relativa de corales hermatípicos en la zona de planicie del SAV.

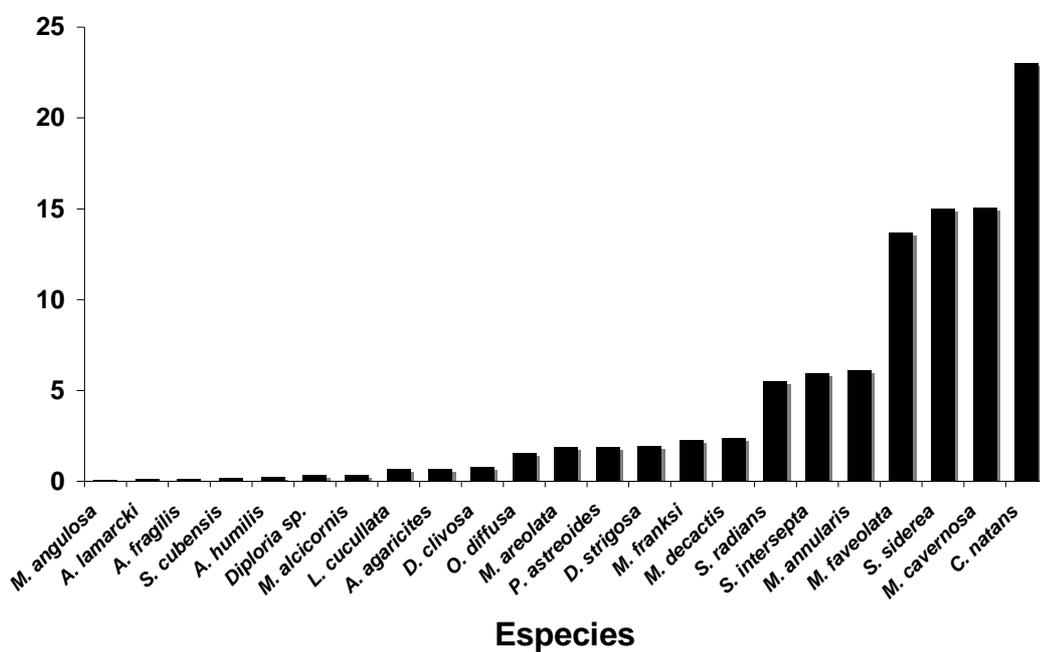


Figura 3.6 Abundancia relativa de corales hermatípicos en la zona de sotavento del SAV.

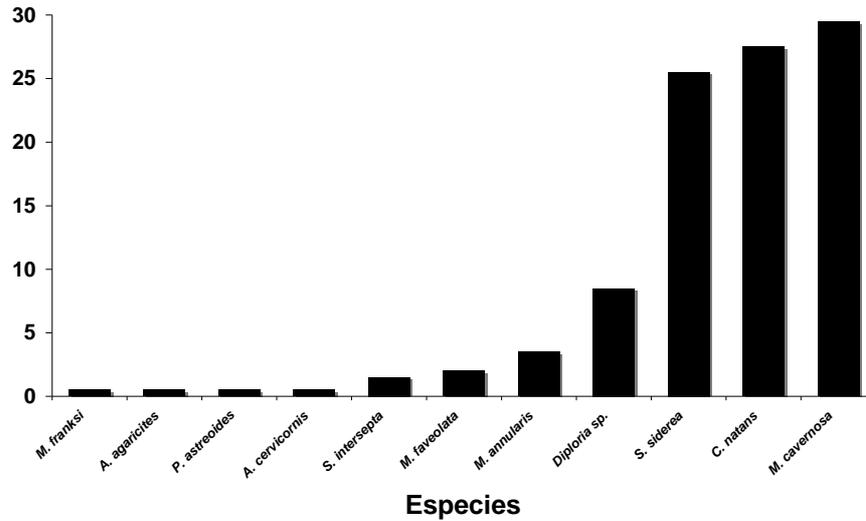


Figura 3.7 Abundancia relativa de corales hermatípicos en la zona de barlovento del SAV, durante la campaña AGRRA de 1999 (datos de Horta-Puga 2003).

Tabla 3.7
Relación de especies más abundantes de corales hermatípicos por cada zona arrecifal en los arrecifes del SAV

Arrecife	Barlovento	Planicie	Sotavento
A	Ah>Ds>Aa>Cn>Dc	Pp>Pa>Sr>Dsp>Mil	Cn>Mf>Mc>Ma>Mk
B	Md>Cn>Mf>Ss>Sr	Sr>Dc>Ds>Dsp>Pa	
C	Cn>Ds>Dc>Aa=Ah	Sr>Ss>Dsp>Mil>Pp	Mc>Cn>Mf>Ds>Ss
Ch	Mf>Cn>Pa>Ah>Mc	Sr>Dsp>Mil	
IE	Cn>Dsp>Pa>Mf>Ss	Sr>Dsp>Ss	Cn>Mf>Mk>Ss>Mc
G	Mc>Od>Cn>Si>Dsp	Sr>Pp>Dsp>Ss>Pa	Ss>Mc>Cn>Si>Mf
H	Mc>Od>Ss>Si>Sr	Sr>Dsp>Ss	
IS	Ss>Mc>Si>Od>Cn	Sr>Dsp>Mil	Ss>Cn>Sr>Md>Mc=Mf
IV	Cn>Mc>Ds>Sr>Ma	Dsp>Sr>Pa>Pb	Ma>Cn>Mc>Sr>Si
P	Mc>Cn>Dsp>Ss>Pa	Sr>Dsp>Ss>Pa>Cn	Mc=Si>Sr>Ss>Mf

Ap= *A. palmata*. Aa=*A. agaricites*. Af=*A. fragilis*. Ah=*A. humilis*. Al=*A. lamarcki*. Cn=*C. natans*. Dsp=*Diploria* spp. Dc=*D. clivosa*. Ds=*D. strigosa*. Lc=*L. cucullata*. Md=*M. decactis*. Mr=*M. areolata*. Mil=*M. alcicornis*. Ma=*M. annularis*. Mc=*M. cavernosa*. Mf=*M. faveolata*. Mk=*M. franksi*. Mg=*M. angulosa*. Mm=*M. lamarckiana*. Od=*O. diffusa*. Pa=*P. astreoides*. Pb=*P. branneri*. Pp=*P. porites*. Sc=*S. cubensis*. Sr=*S. radians*. Ss=*S. sideraea*. Si=*S. intersepta*.

La Tabla 3.7 muestra para cada zona arrecifal, en todos y cada uno de los arrecifes muestreados, las especies dominantes en términos de abundancia relativa, en orden decreciente; los datos para generar esta tabla se muestran en las Tablas 3.8-3.10.

La zona de la planicie es la menos diversa y la más homogénea ya que prácticamente en todos los arrecifes la especie dominante es *S. radians*, seguida por *Diploria* spp. y *Porites* spp., lo que evidencia que las condiciones ambientales de esa zona son similares en todo el SAV, lo que a su vez restringe drásticamente la presencia de otras especies (Figura 3.5).

Tabla 3.8
Abundancia relativa de corales hermatípicos en el talud de barlovento en el SAV

Especies	Arrecifes									
	A	B	C	Ch	IE	G	H	IS	IV	P
<i>A. palmata</i>	3.3				1.8					0.8
<i>A. agaricites</i>	12.5	0.9	5.9		0.9	0.9		0.6		
<i>A. fragilis</i>	0.8	0.9	2.0						0.9	
<i>A. humilis</i>	13.3		5.9	8.9		5.1				
<i>A. lamarcki</i>		2.6			0.9			0.6	0.9	
<i>C. natans</i>	11.7	15.7	33.3	22.8	35.1	14.5	1.1	3.9	29.8	28.5
<i>Diploria</i> sp.					12.3	6.0		1.9		14.6
<i>D. clivosa</i>	10.8		13.7							1.8
<i>D. strigosa</i>	13.3	1.7	24.5						12.3	
<i>L. cucullata</i>										
<i>M. decactis</i>		23.5		5.0	0.9				0.9	0.8
<i>M. areolata</i>	1.7			2.0					0.9	2.4
<i>M. alcicornis</i>	1.7		1.0	4.0		2.6		0.6	1.8	1.6
<i>M. annularis</i>	7.5				0.9				7.0	
<i>M. cavernosa</i>		7.0	1.0	6.9	7.0	32.5	43.0	33.1	17.5	33.3
<i>M. faveolata</i>	10.0	14.8	1.0	30.7	9.6	0.9			4.4	
<i>M. franksi</i>	0.8				2.6				1.8	0.8
<i>M. angulosa</i>										
<i>M. lamarckiana</i>			1.0							
<i>O. diffusa</i>		1.7			2.6	22.2	17.2	7.8		
<i>P. astreoides</i>	10.0	6.1	4.9	11.9	11.4	1.7		3.2	5.3	4.9
<i>P. branneri</i>										
<i>P. porites</i>										
<i>S. cubensis</i>			1.0							
<i>S. radians</i>		8.7		2.0	2.6	0.9	10.8	0.6	8.8	4.1
<i>S. siderea</i>	1.7	13.9	4.9	5.0	8.8	6.0	14.0	34.4	5.3	7.3
<i>S. intersepta</i>	0.8	2.6		1.0	2.6	6.8	14.0	13.0	0.9	0.8
No. total de individuos	120	115	102	101	114	117	93	154	114	123

El caso de la zona de sotavento, *C. natans* y *M. cavernosa* y *M. faveolata* son las especies dominantes en los arrecifes del grupo sur, mientras que en el grupo norte es *S. siderea* y *M. cavernosa* las abundantes. Este marcado cambio en la dominancia entre los arrecifes de los dos grupos, pudiera ser efecto de la cercanía de la ciudad y puerto de Veracruz, por lo que especies eurioicas, altamente tolerantes, como es el caso de *Siderastrea* spp. se ven favorecidas.

La zona de barlovento es la que muestra mayores diferencias por lo que se refiere a cual es la especie con mayor abundancia en cada arrecife. Así especies como *A. humilis* y *D. strigosa* en la Anegada, *M. decactis* en La Blanca, *C. natans* en Cabezo, Isla de Enmedio e Isla Verde, *M. faveolata* en Chopas, *S. siderea* en Isla de Sacrificios y *M. cavernosa* en Galleguilla, Hornos y Pájaros, resultan las más abundantes. En los arrecifes del grupo norte es interesante notar que *O. diffusa* llega a ser una especie muy importante, principalmente en los arrecifes más cercanos a la línea de playa como son Hornos y Galleguilla.

Tabla 3.9
Abundancia relativa de corales hermatípicos en la zona de planicie en el SAV

Especies	Arrecifes										
	A	B	C	Ch	IE	G	H	IS	IV	P	
<i>A. palmata</i>											
<i>A. agaricites</i>	0.4										
<i>A. fragilis</i>											
<i>A. humilis</i>											
<i>A. lamarcki</i>											
<i>C. natans</i>											3.8
<i>Diploria sp.</i>	5.3	9.6	7.0	4.2	1.1	13.3	12.4	5.1	69.5	20.2	
<i>D. clivosa</i>		31.5									
<i>D. strigosa</i>		13.7									
<i>L. cucullata</i>											
<i>M. decactis</i>											
<i>M. areolata</i>	0.4										
<i>M. alcicornis</i>	1.6		0.5	0.4				0.5			
<i>M. annularis</i>											
<i>M. cavernosa</i>		1.4									
<i>M. faveolata</i>											
<i>M. franksi</i>											
<i>M. angulosa</i>											
<i>M. lamarckiana</i>											
<i>O. diffusa</i>											
<i>P. astreoides</i>	28.3	4.1				5.1			6.5	4.8	
<i>P. branneri</i>									0.6	3.8	
<i>P. porites</i>	54.7		0.5			18.9					
<i>S. cubensis</i>											
<i>S. radians</i>	8.9	38.4	54.7	95.4	97.7	50.5	78.8	94.4	23.4	51.0	
<i>S. siderea</i>	0.4	1.4	37.4		1.1	12.2	8.8			15.4	
<i>S. intersepta</i>											1.0
No. total de individuos	247	73	214	260	176	196	137	214	154	104	

Tabla 3.10
Abundancia relativa de corales hermatípicos en talud de sotavento en el SAV

Especies	Arrecifes						
	A	C	IE	G	IS	IV	P
<i>A. palmata</i>							
<i>A. agaricites</i>	2.4		0.5			2.0	
<i>A. fragilis</i>			1.0				
<i>A. humilis</i>			1.0	0.7			
<i>A. lamarcki</i>					0.9		
<i>C. natans</i>	36.3	27.6	33.2	12.3	18.3	26.4	7.0
<i>Diploria sp.</i>	2.4						
<i>D. clivosa</i>		2.1		0.7	2.8		
<i>D. strigosa</i>		10.3		1.4	1.8		
<i>L. cucullata</i>	4.2		0.5				
<i>M. decactis</i>			2.4		8.3	2.0	4.0
<i>M. areolata</i>	4.2	0.7	1.4	0.7	2.8	1.4	2.0
<i>M. alcicornis</i>	0.9	0.7					1.0
<i>M. annularis</i>	7.5	0.7	2.9	0.7		31.1	
<i>M. cavernosa</i>	8.5	31.0	3.4	19.6	7.3	15.5	20.0
<i>M. faveolata</i>	25.9	15.2	30.3	5.8	7.3	3.4	8.0
<i>M. franksi</i>	5.2		10.1			0.7	
<i>M. angulosa</i>			0.5				
<i>M. lamarckiana</i>							
<i>O. diffusa</i>				2.2	2.8		6.0
<i>P. astreoides</i>	0.5	3.4	1.9		5.5		2.0
<i>P. branneri</i>							
<i>P. porites</i>							
<i>S. cubensis</i>	0.5						1.0
<i>S. radians</i>	0.5	2.1	0.5	1.4	11.9	6.1	16.0
<i>S. siderea</i>	0.9	6.2	7.7	46.4	25.7	5.4	13.0
<i>S. intersepta</i>			2.9	8.0	4.6	6.1	20.0
No. total de individuos	212	145	208	138	109	148	100

Las condiciones ambientales propias de cada zona arrecifal son determinantes para el establecimiento y dominancia de distintas especies de corales hermatípicos. Los arrecifes del SAV presentan cuatro zonas bien definidas, Talud de Barlovento o Arrecife Frontal, Talud de Sotavento o Arrecife Posterior, Cresta Arrecifal o Zona de Bloques, y Planicie o Laguna Arrecifal, denominada también por algunos zona de plataforma (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993, Gutierrez *et al.* 1993). Bajo condiciones adversas, como es el caso de la zona de planicie en la cual se presentan cambios drásticos de temperatura, intensidad luminosa, turbulencia, salinidad, etc., las especies más tolerantes son las únicas que logran colonizar esta zona, de ahí que la diversidad sea baja y la abundancia de las especies dominantes sea muy alta (Figura 3.5). En cambio en las zonas ambientalmente más homogéneas, como es la zona de barlovento, dónde no se presentan cambios drásticos, la dominancia tiende a repartirse más equitativamente entre las especies, por lo que prácticamente de forma aleatoria se define cual es la especie dominante. La zona de sotavento se puede considerar como una zona de características intermedias entre barlovento y planicie, por lo que presenta una diversidad alta, pero en la cual la dominancia está restringida a unas cuantas especies (Tabla 3.7).

3. Cobertura de corales hermatípicos

3.1 Cobertura general

Entre los parámetros más importantes para definir el estado o condición de un ecosistema arrecifal se encuentran la densidad y la cobertura. Ambos parámetros nos permiten estimar la cantidad de corales hermatípicos presentes en un área determinada, ya sea el número de individuos/colonias por unidad de superficie/área, o el porcentaje del área del fondo cubierta por corales vivos. La Tabla 3.11 muestra los resultados generales para estos dos importantes parámetros.

Tabla 3.11
Densidad y Cobertura de Corales Hermatípicos en el SAV

Arrecifes y Zonas Arrecifales	Densidad (Ind/m)	Cobertura (%)
Barlovento Sur	0.8±0.6	19.8±17.0
Barlovento Norte	0.8±0.4	18.8±12.8
Barlovento SAV	0.8±0.5	19.3±14.2
Planicie Sur	1.3±1.0	5.8±4.0
Planicie Norte	0.9±0.1	13.0±10.1
Planicie SAV	1.1±0.7	9.4±8.2
Sotavento Sur	1.3±0.5	39.0±16.4
Sotavento Norte	1.2±0.3	28.0±9.3
Sotavento SAV	1.3±0.4	32.7±13.0
Grupo Sur	1.1±0.7	18.9±17.9
Grupo Norte	1.0±0.3	19.4±11.8
SAV	1.0±0.6	19.1±14.7

El promedio general de cobertura en el SAV para el periodo 2006-7 es de 19.1±14.7%, el cual no presenta diferencia estadísticamente significativa con lo registrado durante la campaña AGRRA de 1999 de 17.0±13.5% (Horta-Puga 2003). Por lo anterior se considera que durante el periodo 1999-2007, no ha habido cambios importantes en cobertura, es decir la comunidad coralina del SAV se ha mantenido estable durante este periodo. Kühlmann (1975) hizo un estudio sobre la ecología de la comunidad coralina en el SAV y reportó una cobertura general promedio de 32.6±16.6% para el periodo 1965-1966; por arrecifes la cobertura es: Anegada de Adentro 32.8±17.5% y Blanquilla 32.5±18.4%. Lo anterior significa que durante el periodo de 1966-1999, es decir de mediados de la década de los 1960s hasta fines de la década de los 1990s, la cobertura por coral vivo en el SAV disminuyó ~45% (Figura 3.8), casi la mitad en poco más de 30 años y al parecer la comunidad coralina no se está recuperando, aunque permanece estable. Esta situación de disminución en la cobertura coralina también se ha registrado en todo el Caribe, Gardner *et al.* (2003) reportan que durante los últimos 30 años la cobertura promedio disminuyó ~80%, ya que a mediados de la década de los 1970s la cobertura era ~50% y para el año 2000 bajo a ~10%. Este último dato contrasta notablemente con lo registrado para el Atlántico Occidental Tropical, 26% de cobertura promedio evaluado en 1999, por el grupo AGRRA (Kramer 2003). Independientemente

de la diferencia en cifras, en términos generales, los arrecifes del Atlántico Occidental Tropical se encuentran en franco declive, situación a la cual el SAV no escapa.

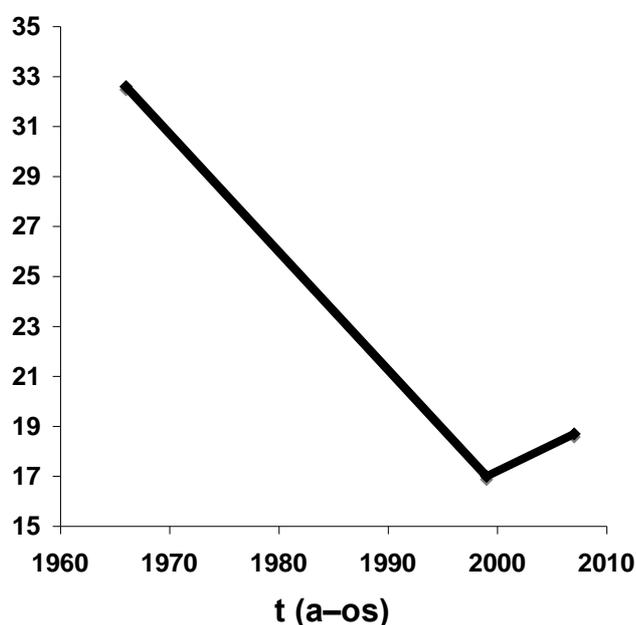


Figura 3.8 Cambios en la cobertura de corales hermatípicos en el SAV durante los últimos 40 años.

La cobertura coralina en el SAV se puede considerar baja si se compara el promedio general de cobertura para el Atlántico Occidental Tropical de 26%, que presenta un máximo de 58% en Flower Garden Banks en el Golfo de México, y un mínimo de 3% en un arrecife tipo parche en Costa Rica (Kramer 2003). El Caribe sur (Bonaire, Curazao, y Venezuela) es el área geográfica cuyos arrecifes presentan la coberturas más altas en el Atlántico tropical >35%; le sigue el Caribe oriental (Isla Vírgenes, Antillas Holandesas y San Vicente) con coberturas promedio de 27.6%; luego el Caribe Central (Cuba e Islas Cayman) con promedio de 20.3%; y después la región de las Bahamas con 19.2% (Kramer 2003). En general la cobertura en los arrecifes del Caribe mexicano se sitúa en niveles ligeramente inferiores a los aquí registrados para el SAV, los datos disponibles son los siguientes: Akumal 17.3%, Xcalak 16.9% (Steneck y Lang 2003); Sian Ka'an 12.9%, sur de Quintana Roo 11.5% (Ruiz-Zárate *et al.* 2003). Con los datos disponibles se considera que los arrecifes mexicanos se encuentran entre los más impactados en el área del Atlántico, por ser de los que presentan las coberturas más bajas.

La Figura 3.9 muestra la cobertura por zona arrecifal y grupos del SAV (ver Tabla 3.11). Como se puede apreciar la cobertura general promedio es más alta en la zona de sotavento (32.7%) comparándola con las zonas de planicie (9.4%) y barlovento (19.3%). La diferencia en la cobertura se puede deber al hecho de que las condiciones ambientales en sotavento son más propicias para el desarrollo coralino, principalmente por presentar menor turbulencia y corrientes más débiles, lo que incide en tasas erosivas más bajas (Gutierrez *et al.* 1993). Sin embargo, Kühlmann (1975) encontró para el arrecife La Blanquilla el caso inverso, es decir la cobertura coralina en sotavento fue de

40%, en cambio en barlovento de 50%, aunque dado que sólo se presentan datos para un arrecife, no se puede considerar que ésta fuera una condición generalizada para el SAV hacia la década de los 1960s.

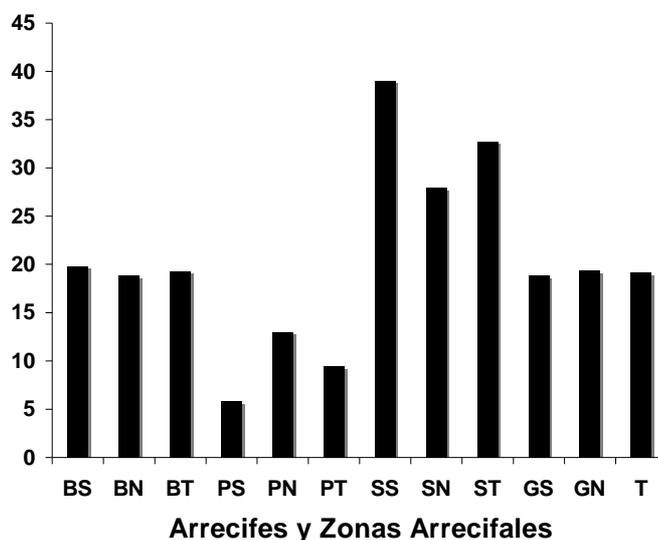


Figura 3.9 Cobertura de corales hermatípicos por zonas y áreas arrecifales en el SAV.

También es necesario destacar que la cobertura en la zona de sotavento es mayor en los arrecifes del grupo sur (39.0%), que sólo incluye los arrecifes Anegada de Afuera, Cabezo e Isla de Enmedio, con respecto al grupo norte (28.0%), lo que sugiere que las condiciones ambientales, posiblemente aguas más claras menos influenciadas por la descarga fluvial y/o las actividades humanas que se desarrollan en la ciudad y puerto de Veracruz, favorecen a la comunidad coralina en las zonas más alejadas.

La zona de planicie presenta una cobertura más baja $9.4 \pm 8.2\%$, con respecto a las otras dos zonas, barlovento $19.3 \pm 14.2\%$ y sotavento $32.7 \pm 13.0\%$, lo cual no resulta extraño, ya que las condiciones ambientales son más adversas (ver la sección anterior). Sin embargo, llama la atención el hecho que la cobertura sea más baja en los arrecifes del grupo sur ($5.8 \pm 4.0\%$) con respecto a los del grupo norte ($13.0 \pm 10.1\%$). Esto puede ser explicado por el hecho que la pluma fluvial del río Jamapa es desviada por las corrientes locales hacia el sur, lo que significa que el agua superficial en los arrecifes más cercanos a la desembocadura, La Blanca y Chopas, la turbiedad sea muy alta y en consecuencia afectando drásticamente a la comunidad coralina, por lo cual la cobertura resulta muy baja, de ahí la diferencia con el grupo norte.

Tabla 3.11a
Densidad y Cobertura de Corales Hermatípicos en los arrecifes del SAV

Arrecife	Cobertura		Densidad	
	%	1 σ	Ind/m	1 σ
A	19,3	16,7	1,3	1,1
B	26,3	27,2	1,0	0,8
C	11,1	10,7	0,6	0,3
Ch	16,8	17,1	1,7	0,4
IE	22,6	28,9	1,1	0,8
G	13,3	7,5	0,8	0,3
H	6,5	3,2	0,7	0,4
IS	19,5	13,4	1,0	0,1
IV	30,7	10,6	1,0	0,4
P	22,4	11,4	1,1	0,4

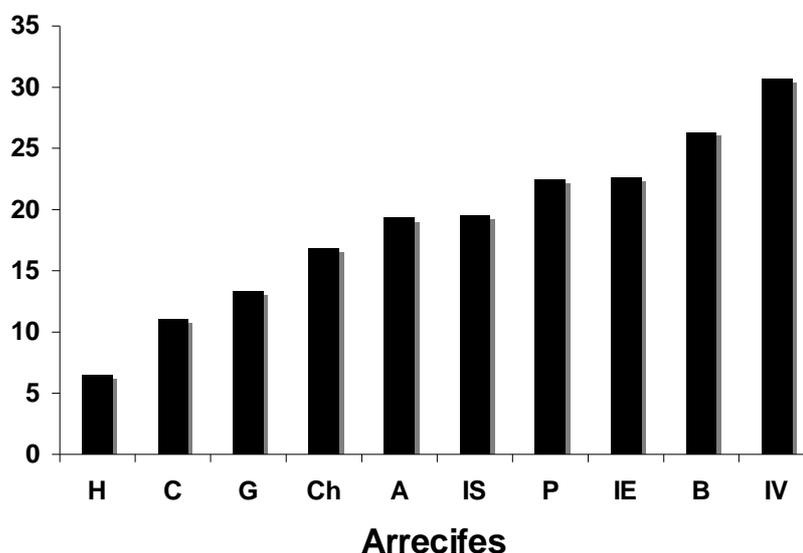


Figura 3.9a Cobertura de corales hermatípicos por arrecifes en el SAV.

La Tabla 3.11a y la Figura 3.9a muestran la cobertura por arrecife del SAV. Sólo cuatro arrecifes se ubican por debajo del promedio general para el SAV de 19.1%: Hornos, Cabezo, Galleguilla y Chopas. Destacan también Isla Verde y La Blanca, por presentar las coberturas más altas (>25%).

Tabla 3.12
Densidad (Ind/m) y Cobertura (%) de corales hermatípicos en el SAV

Arrecife	Zona	D	DE (1σ)	C	DE (1σ)
A	B	0.3	0.2	7.4	5.4
A	P	2.5	1.2	12.2	6.4
A	S	1.2	0.5	38.4	18.4
B	B	1.6	0.5	45.5	9.9
B	P	0.4	0.2	7.1	5.5
C	B	0.4	0.3	8.0	7.1
C	P	0.4	0.5	2.2	2.4
C	S	0.9	0.6	22.9	13.1
Ch	B	1.4	0.5	28.9	11.9
Ch	P	2.0	1.2	4.7	2.3
IE	B	0.4	0.2	9.2	6.4
IE	P	1.0	0.7	2.8	2.3
IE	S	1.9	0.6	55.8	1.6
G	B	0.5	0.3	7.6	6.1
G	P	1.0	0.6	10.6	7.7
G	S	0.9	0.4	21.8	12.4
H	B	0.4	0.2	4.3	2.7
H	P	1.0	0.6	8.8	9.3
IS	B	1.0	0.3	28.0	17.9
IS	P	1.0	0.6	4.1	3.2
IS	S	1.1	0.5	26.5	12.4
IV	B	0.8	0.5	20.3	19.3
IV	P	0.8	0.3	30.3	13.2
IV	S	1.5	0.5	41.5	17.9
P	B	1.4	0.3	34.0	12.7
P	P	0.7	0.2	11.2	6.5
P	S	1.3	0.4	22.1	9.0
P	R	0.2	0.2	4.0	4.4

Arrecifes: A=Anegada de Afuera. B=La Blanca. C=Cabezo. Ch=Chopas. IE=Isla de Enmedio. G=Galleguilla. H=Hornos. IS=Isla de Sacrificios. IV=Isla Verde. P=Pájaros.
Zonas: B=Barlovento. P=Planicie. S=Sotavento.

La Tabla 3.12 muestra los datos de densidad y cobertura y su desviación estándar (1 σ), en cada zona de los arrecifes muestreados. Analizando los resultados por zona arrecifal y arrecife de manera individual destaca lo siguiente. Por lo que se refiere a la cobertura en la zona de barlovento (Figura 3.10), los arrecifes con menor cobertura (<10%) son aquellos que están ubicados muy cerca de la ciudad y/o puerto de Veracruz, como es Hornos (4.3%) y Galleguilla (7.6%), y, paradójicamente, aquellos que están más alejados Anegada de Afuera (7.6%), Cabezo (8.0%) e Isla de Enmedio (9.2%), y por tanto con menor influencia antropogénica. En cambio los que presentan mayor cobertura (>20%) son aquellos que se ven directamente influenciados por la pluma fluvial del río Jamapa La Blanca (45.5%) y Chopas (28.9%), y los arrecifes con una distancia intermedia con respecto al puerto de Veracruz como son Pájaros (34.0%), Isla de Sacrificios (28.0%) e Isla Verde (20.3%).

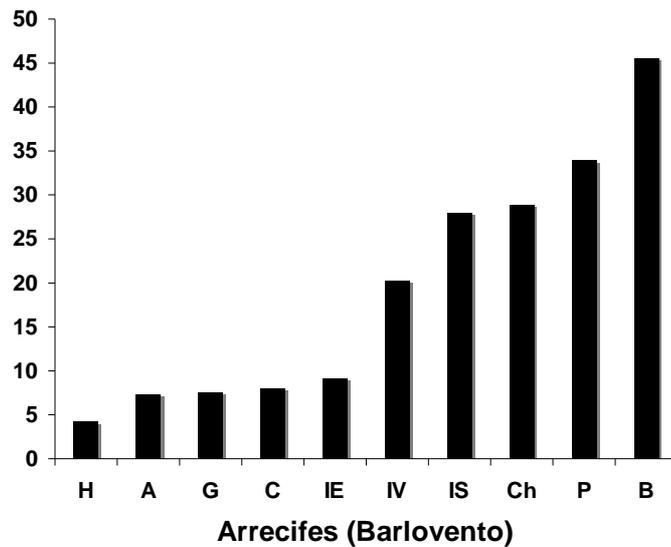


Figura 3.10 Cobertura de corales hermatípicos en la zona de barlovento en los arrecifes del SAV.

Para la zona de planicie (Figura 3.11) se pueden diferenciar aquellos arrecifes que presentan una cobertura baja (<5%) como son Cabezo (2.2%), Isla de Enmedio (2.8%), Isla de Sacrificios (4.1%) y Chopas (4.7%); cobertura media (5-10%) que incluyen La Blanca (7.1%) y Hornos (8.8%); y cobertura alta (>10%) entre los que se encuentran Galleguilla (10.6%), Pájaros (11.2%), Anegada de Afuera (12.2%) e Isla Verde (30.3%). No se puede discernir patrón de distribución alguno en la cobertura para la zona de planicie. Es interesante hacer notar la baja cobertura en Isla de Sacrificios, arrecife que ha estado cerrado al turismo durante los últimos 25 años, y aun así no se ha recuperado su comunidad coralina. También destacan Isla Verde por su muy alta cobertura comparada con el resto de los arrecifes, y eso a pesar de ser el arrecife más visitado por estudiantes para sus prácticas de biología marina. Asimismo, los arrecifes de los cuales se esperaría estuvieran más impactados por la actividad humana o fuertemente influenciados por la pluma fluvial del Jamapa muestran coberturas moderadas o altas. Por tanto, la respuesta de la comunidad coralina en planicie posiblemente depende de algunos otros factores ecológicos como son la competencia interespecífica o su capacidad adaptativa.

En el talud de sotavento (Figura 3.12), las coberturas son altas (>20%), y al igual que lo que sucede en planicie, no hay un patrón de distribución definido, lo que evidencia que las condiciones son propicias para el desarrollo de la comunidad coralina en esta zona por igual, y por tanto las diferencias, sólo son debidas a la respuesta propia de la comunidad coralina a otros factores, al igual que en planicie.

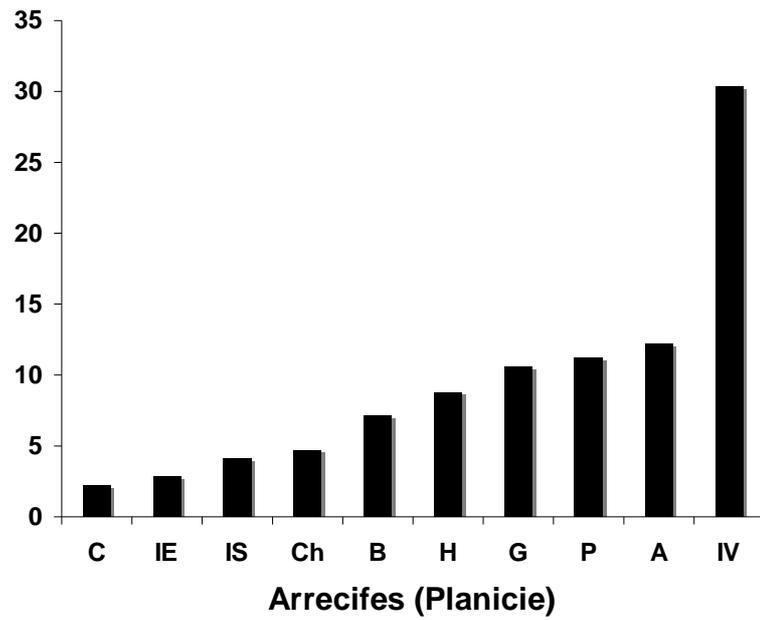


Figura 3.11 Cobertura de corales hermatípicos en la zona de planicie en los arrecifes del SAV.

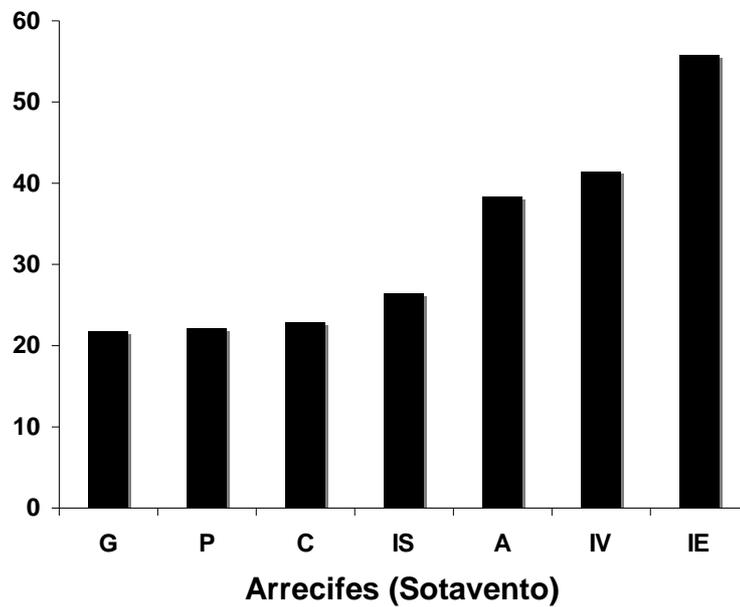


Figura 3.12 Cobertura de corales hermatípicos en la zona de sotavento en los arrecifes del SAV.

3.2 Cobertura por especie

En la Tabla 3.13 se presentan los resultados de cobertura por especie para cada zona y grupo arrecifal, y el SAV en su conjunto. En términos generales la especie con mayor cobertura en todo el SAV (Figura 3.13) es *C. natans* (4.05%), seguida de *M. faveolata* (3.01%), *M. cavernosa* (2.92%), *Diploria* spp. (2.22%) y *S. siderea* (1.79%). Estos resultados contrastan notablemente con lo mencionado en la sección anterior sobre abundancia relativa, ya que la especie más abundante en el SAV es *S. radians* (Figura 3.3), que en cuanto a cobertura se ubica hasta la sexta posición, pero eso se debe a que esta especie, aunque numerosa, presenta tallas pequeñas por lo cual su cobertura es relativamente baja. Así, al igual que en un área boscosa, los ejemplares de mayor tamaño son, en términos ecológicos, más importantes que las especies de tamaño pequeño, por numerosas que sean, ya que presentan una mayor biomasa.

Tabla 3.13
Cobertura absoluta (%) de corales hermatípicos por arrecife y zona en el SAV

Especies	BS	BN	BT	PS	PN	PT	SS	SN	ST	GS	GN	T
<i>Acropora palmata</i>	0.10	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.03
<i>Agaricia agaricites</i>	0.08	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.09	0.05	0.03	0.04
<i>Agaricia fragilis</i>	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
<i>Agaricia humilis</i>	0.22	0.06	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.09	0.02	0.06
<i>Agaricia lamarcki</i>	0.15	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.06	0.01	0.03
<i>Colpophyllia natans</i>	5.64	4.27	4.96	0.00	0.18	0.09	11.63	5.98	8.40	4.85	3.30	4.05
<i>Diploria sp.</i>	0.24	1.52	0.88	1.06	9.10	5.08	0.10	0.00	0.04	0.52	3.79	2.22
<i>Diploria clavosa</i>	0.32	0.10	0.21	0.74	0.00	0.37	0.17	0.08	0.11	0.45	0.06	0.24
<i>Diploria strigosa</i>	0.54	0.92	0.73	0.24	0.00	0.12	0.67	0.15	0.37	0.45	0.37	0.41
<i>Leptoseris cucullata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.05	0.03	0.00	0.01
<i>Madracis decactis</i>	1.20	0.02	0.61	0.00	0.00	0.00	0.20	0.28	0.24	0.51	0.08	0.29
<i>Manicina areolata</i>	0.07	0.06	0.06	0.01	0.00	0.00	0.38	0.23	0.29	0.12	0.09	0.10
<i>Millepora alcicornis</i>	0.05	0.10	0.08	0.03	0.00	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
<i>Montastraea annularis</i>	0.24	0.30	0.27	0.00	0.00	0.00	1.49	3.62	2.71	0.44	1.14	0.80
<i>Montastraea cavernosa</i>	1.66	7.48	4.57	0.00	0.00	0.00	3.80	5.43	4.73	1.52	4.22	2.92
<i>Montastraea faveolata</i>	5.80	0.18	2.99	0.00	0.00	0.00	14.43	2.03	7.34	5.56	0.64	3.01
<i>Montastraea franksi</i>	0.06	0.22	0.14	0.00	0.00	0.00	3.80	0.13	1.70	0.90	0.11	0.49
<i>Mussa angulosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Oculina diffusa</i>	0.04	0.30	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.24	0.02	0.23	0.13
<i>Porites astreoides</i>	0.70	0.26	0.48	0.76	0.30	0.53	0.14	0.15	0.15	0.59	0.24	0.41
<i>Porites branneri</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
<i>Porites porites</i>	0.00	0.00	0.00	0.84	0.16	0.50	0.00	0.00	0.00	0.32	0.06	0.19
<i>Scolymia cubensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01
<i>Siderastrea radians</i>	1.02	0.36	0.69	1.96	2.66	2.31	0.19	2.08	1.27	1.19	1.67	1.44
<i>Siderastrea siderea</i>	1.47	1.87	1.67	0.17	0.52	0.35	1.53	5.93	4.04	0.98	2.55	1.79
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	0.16	0.73	0.44	0.00	0.01	0.00	0.17	1.30	0.81	0.10	0.63	0.38

Arrecifes: A=Anegada de Afuera. B=La Blanca. C=Cabezo. Ch=Chopas. IE=Isla de Enmedio. G=Galleguilla. H=Hornos. IS=Isla de Sacrificios. IV=Isla Verde. P=Pájaros. **Zonas:** B=Barlovento. P=Planicie. S=Sotavento. T=total.

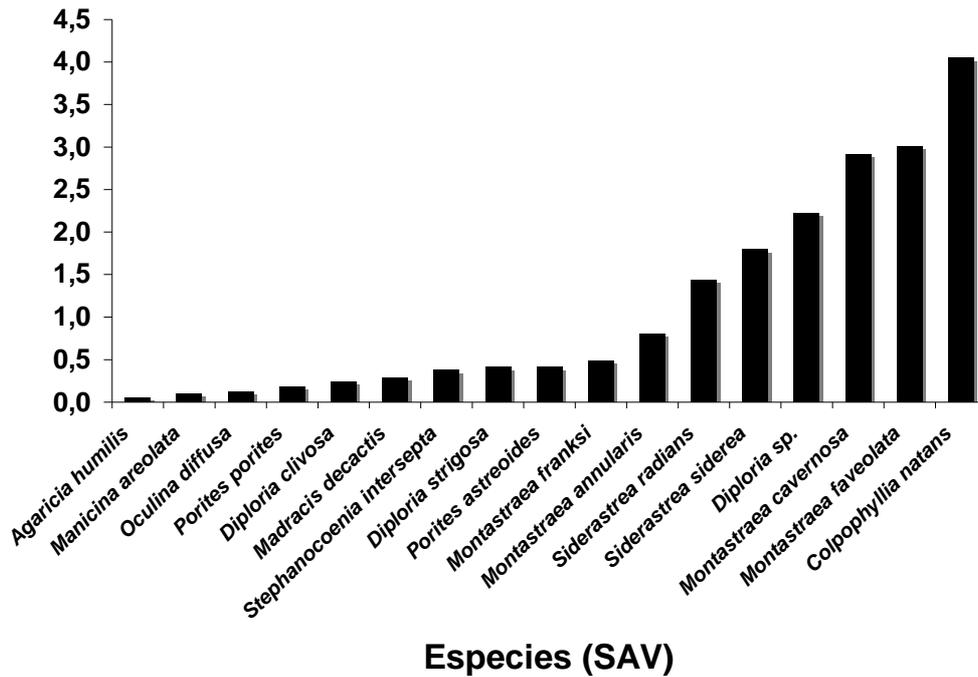


Figura 3.13 Cobertura absoluta por especie de coral hermatípico en el SAV.

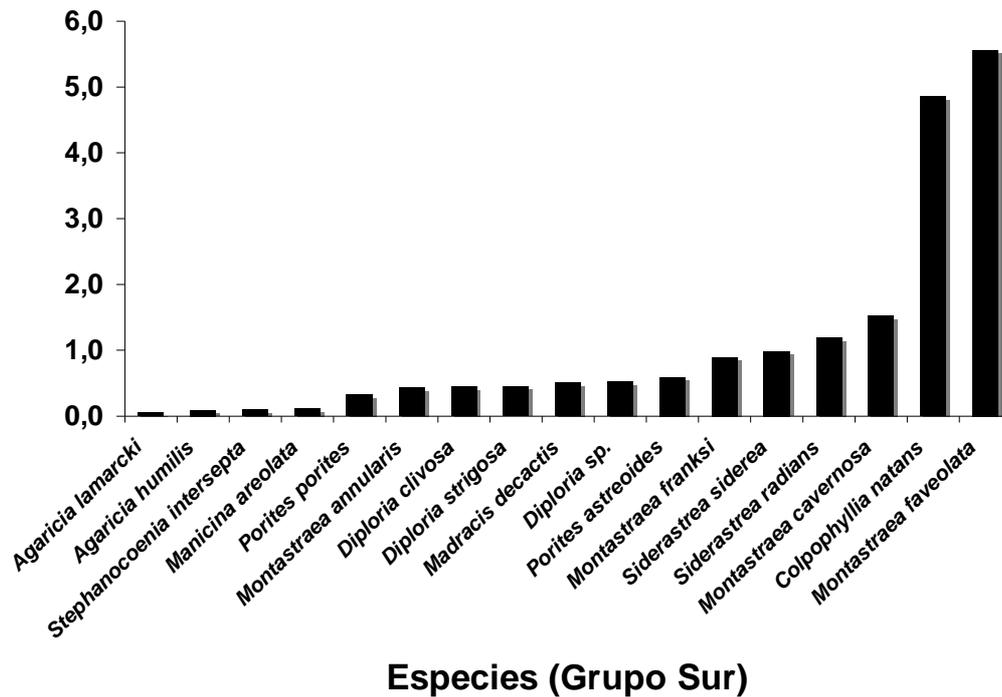


Figura 3.14 Cobertura absoluta por especie de coral hermatípico en el grupo sur del SAV.

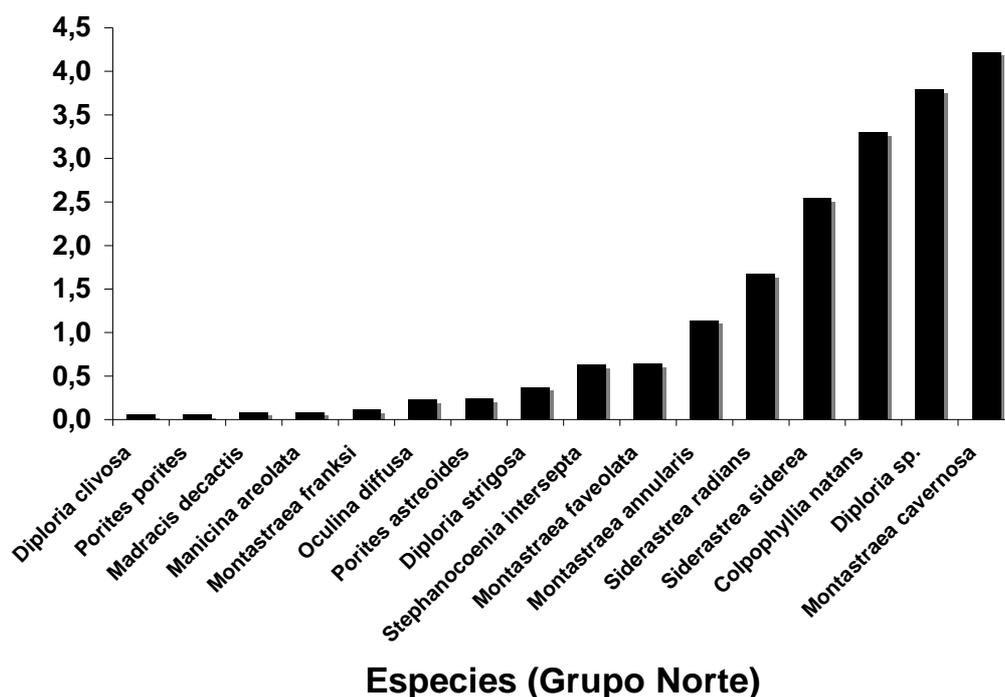


Figura 3.15 Cobertura absoluta por especie de coral hermatípico en el grupo norte del SAV.

Analizando los resultados por grupo de arrecifes, se puede apreciar que en el grupo sur la especie dominante es *M. faveolata* (5.6%), seguida de *C. natans* (4.9%), *M. cavernosa* (1.5%), *S. radians* (1.2%) y *S. siderea* (1.0%) (Figura 3.14); mientras que en el grupo norte es *M. cavernosa* (4.2%), *Diploria* spp. (3.8%), *C. natans* (3.3%), *S. siderea* (2.5%) y *S. radians* (1.7%) (Figura 3.15). Es notoria la dominancia de *M. cavernosa* en los arrecifes del grupo norte, que en el grupo sur queda relegada de la primera posición por *M. faveolata*. Por otro lado, *C. natans* y *Siderastrea* spp. son importantes en ambos grupos y también debe notarse el caso de *Diploria* spp., que en grupo norte ocupa el segundo lugar en importancia.

Al comparar la coberturas absolutas por especie con los datos para 1965-1966 (Figura 3.16) de Kühlmann (1975), en especial con el grupo norte, se advierten diferencias importantes. En principio una disminución en la cobertura total, que se analizó en la sección anterior; y un cambio en el patrón de dominancia, ya que la especie más importante era *M. annularis* (8.4%) (en realidad el complejo formado por *M. annularis* + *M. faveolata* + *M. franksi*), además de la presencia de *Acropora prolifera* (hoy reconocida como un híbrido de *A. palmata* + *A. cervicornis*), que en la actualidad prácticamente está ausente por debajo de los 6 m de profundidad. Es decir, la comunidad coralina no sólo se ha visto disminuida en cuanto a su cobertura de sustrato, sino que también se han presentado cambios en el patrón de dominancia.

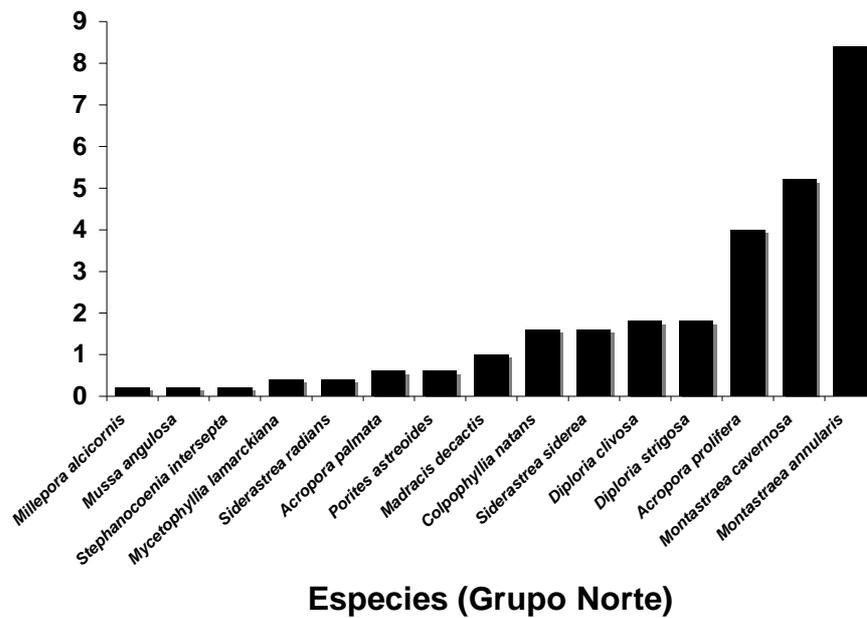


Figura 3.16 Cobertura absoluta por especie de coral hermatípico en el grupo norte del SAV para el periodo 1965-1966 (datos tomados de Köhlmann 1975).

Las Figuras 3.17-3.19 muestran los datos de cobertura absoluta por especie para cada zona arrecifal en su conjunto. Como se puede apreciar en los taludes arrecifales la especie dominante es *C. natans*, siguiéndole en orden de importancia *M. cavernosa*, *M. faveolata* y *S. siderea*. Es interesante notar que, después de las especies ya mencionadas, *Diploria* spp. se presenta con mayor cobertura en barlovento, en cambio en sotavento es *M. annularis*. Para la zona de planicie es *Diploria* spp. la de mayor cobertura, seguida de *S. radians* y con ya menor cobertura *Porites* spp. Tal como ya se mencionó, las diferencias registradas entre los resultados obtenidos de abundancia relativa, se deben a que lo que considera el parámetro cobertura es el espacio ocupado, y no el número de individuos, lo que aplica principalmente a la zona de planicie donde la especie más abundante que es *S. radians*, no resulta ser la de mayor cobertura, lugar que le corresponde a *Diploria* spp. En el caso de los taludes, ambos, la especie más abundante es *C. natans*, seguida de *M. cavernosa*, lo que también se corresponde al orden de cobertura.

La Tabla 3.13 muestra para cada zona arrecifal, en todos y cada uno de los arrecifes muestreados, las especies dominantes en términos de cobertura absoluta en orden decreciente, sólo los cinco primeros; los datos para generar esta tabla se muestran en las Tablas 3.14-3.16. Analizando estos datos se puede constatar, ya por arrecife, lo mencionado líneas arriba con respecto a cuales son las especies dominantes en cada zona y grupo arrecifal. Lo único nuevo a destacar es que en los arrecifes ubicados cerca de la ciudad de Veracruz (Hornos y Galleguilla) *O. diffusa* se convierte en una especie importante, lo que implica que las condiciones ambientales adversas, de algún modo le son favorables.

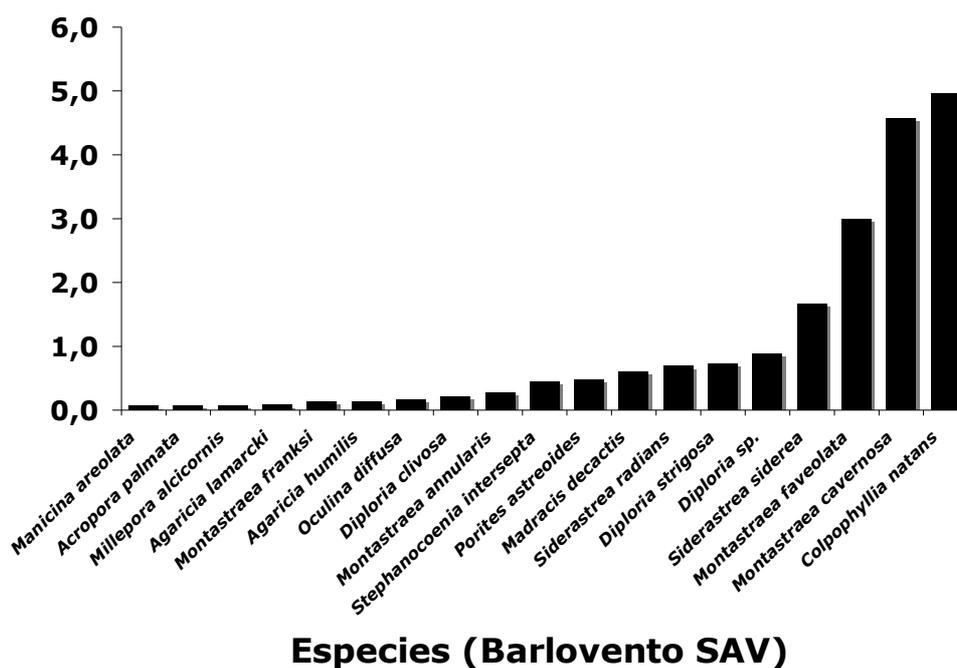


Figura 3.17 Cobertura absoluta por especie de coral hermatípico en la zona arrecifal de barlovento del SAV.

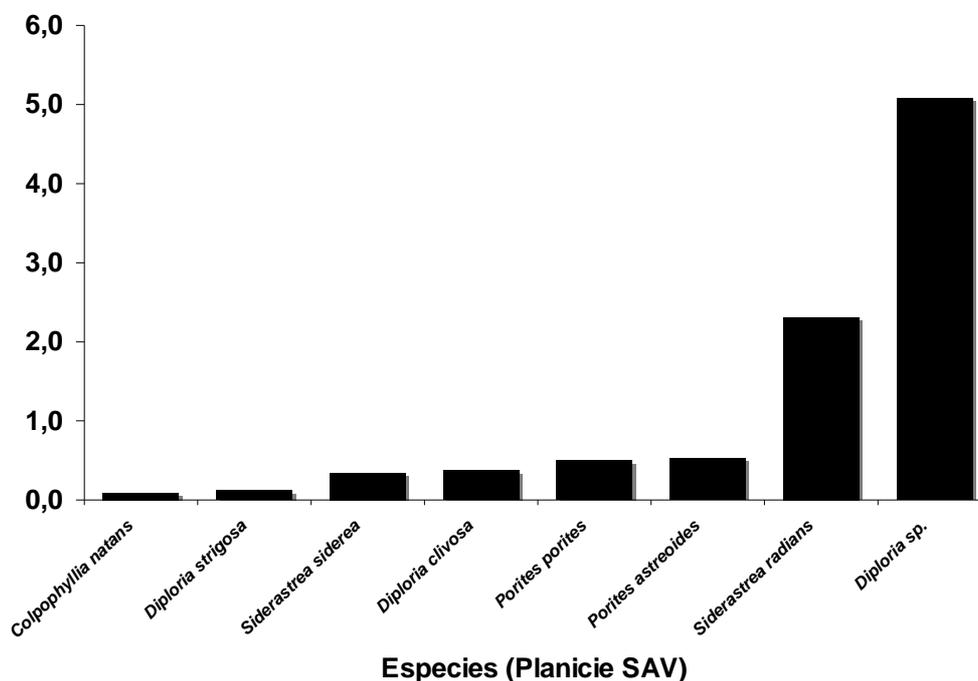


Figura 3.18 Cobertura absoluta por especie de coral hermatípico en la zona arrecifal de planicie del SAV.

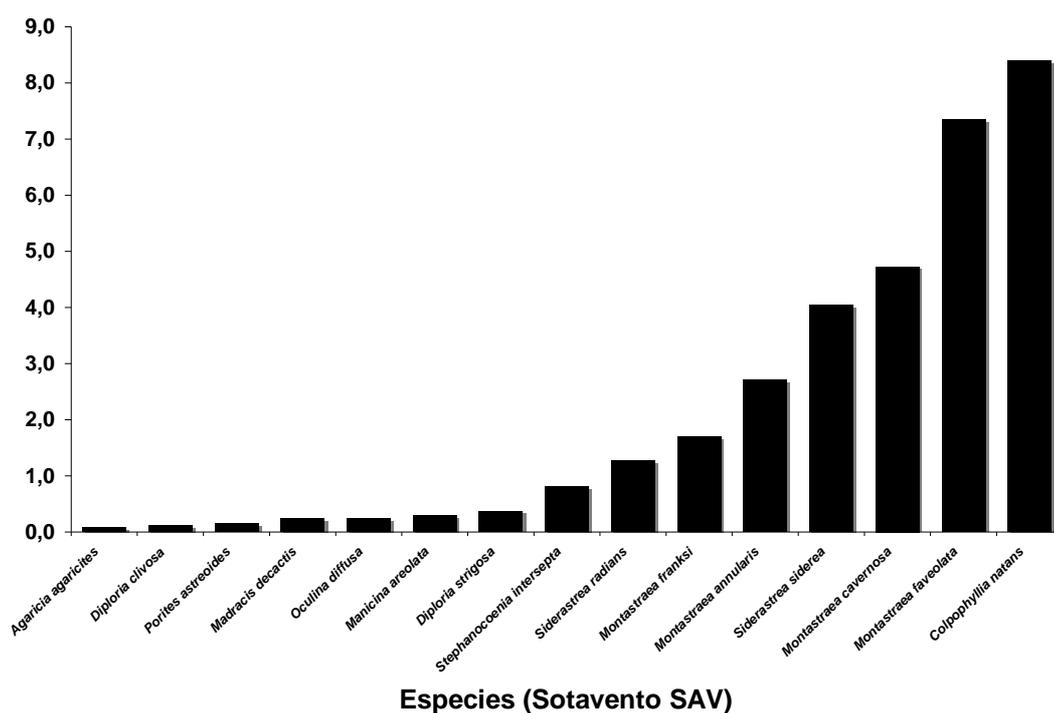


Figura 3.19 Cobertura absoluta por especie de coral hermatípico en la zona arrecifal de sotavento del SAV.

Tabla 3.13
Relación de especies con mayor cobertura absoluta de corales hermatípicos por cada zona arrecifal en los arrecifes del SAV

Arrecife	Barlovento	Planicie	Sotavento
A	Mf>Cn>Ma>Ds>Dc	Pp>Pa>Dsp>Sr>Mil	Mf>Cn>Mk>Mc>Ma
B	Mf>Cn>Mc>Ss>Md	Dc>Ds>Dsp>Sr>Ss	
C	Cn>Ds>Dc>Mf>Pa	Sr>Ss>Dsp>Mil>Pp	Mc>Cn>Mf>Ds>Ss
Ch	Mf>Cn>Mc>Pa>Md	Sr>Dsp>Mil>Ss	
IE	Cn>Mf>Dsp>Mc>Ss	Sr>Ss>Dsp	Mf>Cn>Mk>Ss>Ma
G	Mc>Cn>Od>Dsp>Ah	Dsp>Sr>Pa>Pp>Ss	Ss>Mc>Cn>Mf>Si
H	Mc>Od>Ss>Si>Sr	Dsp>Sr>Ss	
IS	Mc>Ss>Si>Dsp>Cn	Sr>Dsp>Mil>Ss	Ss>Cn>Sr>Mf>Mc
IV	Cn>Ds>Mc>Ma>Sr	Dsp>Sr>Pa>Pb>Ss	Ma>Cn>Mc>Ss>Sr
P	Cn>Mc>Dsp>Ss>Mk	Dsp>Sr>Ss>Cn>Pa	Mc>Sr>Ss>Mf>Cn

Ap= *A. palmata*. Aa=*A. agaricites*. Af=*A. fragilis*. Ah=*A. humilis*. Al=*A. lamarcki*. Cn=*C. natans*. Dsp=*Diploria* spp. Dc=*D. clivosa*. Ds=*D. strigosa*. Lc=*L. cucullata*. Md=*M. decactis*. Mr=*M. areolata*. Mil=*M. alcicornis*. Ma=*M. annularis*. Mc=*M. cavernosa*. Mf=*M. faveolata*. Mk=*M. franksi*. Mg=*M. angulosa*. Mm=*M. lamarckiana*. Od=*O. diffusa*. Pa=*P. astreoides*. Pb=*P. branneri*. Pp=*P. porites*. Sc=*S. cubensis*. Sr=*S. radians*. Ss=*S. siderea*. Si=*S. intersepta*.

Tabla 3.14
Cobertura absoluta de corales hermatípicos en la zona de barlovento en el SAV

Especies	Arrecifes									
	A	B	C	Ch	IE	G	H	IS	IV	P
<i>Acropora palmata</i>	0.2				0.3					0.2
<i>Agaricia agaricites</i>	0.2	0.1	0.1		0.0	0.0		0.0		
<i>Agaricia fragilis</i>	0.0	0.1	0.0						0.1	
<i>Agaricia humilis</i>	0.3		0.1	0.7		0.3				
<i>Agaricia lamarcki</i>		0.7			0.0			0.0	0.0	
<i>Colpophyllia natans</i>	1.2	9.7	4.2	8.9	4.2	1.3	0.1	0.5	7.1	12.4
<i>Diploria sp.</i>					1.2	0.5		0.9		6.2
<i>Diploria clivosa</i>	0.7		0.9						0.5	
<i>Diploria strigosa</i>	0.9	0.6	1.2						4.6	
<i>Leptoseris cucullata</i>										
<i>Madracis decactis</i>		4.7		1.2	0.1				0.0	0.1
<i>Manicina areolata</i>	0.0			0.3					0.1	0.2
<i>Millepora alcicornis</i>	0.1		0.1	0.1		0.1		0.0	0.1	0.3
<i>Montastraea annularis</i>	1.1				0.1				1.3	0.2
<i>Montastraea cavernosa</i>		6.0	0.0	1.8	0.5	3.8	2.9	16.5	3.1	11.1
<i>Montastraea faveolata</i>	2.1	12.2	0.9	12.5	1.3	0.2			0.7	
<i>Montastraea franksi</i>	0.1				0.2				0.5	0.6
<i>Mussa angulosa</i>										
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>			0.0							
<i>Oculina diffusa</i>		0.1			0.1	0.7	0.5	0.3		
<i>Porites astreoides</i>	0.4	0.7	0.3	1.7	0.4	0.1		0.3	0.3	0.6
<i>Porites branneri</i>										
<i>Porites porites</i>										
<i>Scolymia cubensis.</i>			0.0							
<i>Siderastrea radians</i>		4.6		0.4	0.1	0.0	0.2	0.1	1.2	0.3
<i>Siderastrea siderea</i>	0.0	5.5	0.1	1.2	0.5	0.3	0.3	6.5	0.6	1.6
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	0.0	0.6		0.1	0.1	0.3	0.3	2.8	0.0	0.2
Cobertura total	7.4	45.5	8.0	28.9	9.2	7.6	4.3	28.0	20.3	34.0

Arrecifes: A=Anegada de Afuera. B=La Blanca. C=Cabezo. Ch=Chopas. IE=Isla de Enmedio. G=Galleguilla. H=Hornos. IS=Isla de Sacrificios. IV=Isla Verde. P=Pájaros.

Tabla 3.15
Cobertura absoluta de corales hermatípicos en la zona de planicie en el SAV

Especies	Arrecifes									
	A	B	C	Ch	IE	G	H	IS	IV	P
<i>Acropora palmata</i>										
<i>Agaricia agaricites</i>	0.0									
<i>Agaricia fragilis</i>										
<i>Agaricia humilis</i>										
<i>Agaricia lamarcki</i>										
<i>Colpophyllia natans</i>										0.9
<i>Diploria sp.</i>	3.4	1.0	0.5	0.4	0.0	6.5	4.2	0.9	28.7	5.2
<i>Diploria clivosa</i>		3.7								
<i>Diploria strigosa</i>		1.2								
<i>Leptoseris cucullata</i>										
<i>Madracis decactis</i>										
<i>Manicina areolata</i>	0.0									
<i>Millepora alcicornis</i>	0.1		0.0	0.0				0.0		
<i>Montastraea annularis</i>										
<i>Montastraea cavernosa</i>		0.0								
<i>Montastraea faveolata</i>										
<i>Montastraea franksi</i>										
<i>Mussa angulosa</i>										
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>										
<i>Oculina diffusa</i>										
<i>Porites astreoides</i>	3.7	0.1				0.8			0.4	0.3
<i>Porites branneri</i>									0.0	0.4
<i>Porites porites</i>	4.2		0.0			0.8				
<i>Scolymia cubensis.</i>										
<i>Siderastrea radians</i>	0.7	0.9	1.1	4.3	2.8	2.0	3.8	3.2	1.2	3.1
<i>Siderastrea siderea</i>	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.5	0.8	0.0	0.0	1.3
<i>Stephanocoenia intersepta</i>										0.0
Cobertura total	12.2	7.1	2.2	4.7	2.8	10.6	8.8	4.1	30.3	11.2

Arrecifes: A=Anegada de Afuera. B=La Blanca. C=Cabezo. Ch=Chopas. IE=Isla de Enmedio. G=Galleguilla. H=Hornos. IS=Isla de Sacrificios. IV=Isla Verde. P=Pájaros.

Tabla 3.16
Cobertura absoluta de corales hermatípicos en la zona de sotavento en el SAV

Especies	Arrecifes						
	A	C	IE	G	IS	IV	P
<i>Acropora palmata</i>							
<i>Agaricia agaricites</i>	0.1		0.1			0.4	
<i>Agaricia fragilis</i>			0.1				
<i>Agaricia humilis</i>			0.1	0.0			
<i>Agaricia lamarcki</i>					0.1		
<i>Colpophyllia natans</i>	13.7	6.0	15.2	3.8	7.7	10.0	2.4
<i>Diploria sp.</i>	0.3						
<i>Diploria clivosa</i>		0.5		0.1	0.2		
<i>Diploria strigosa</i>		2.0		0.4	0.2		
<i>Leptoseris cucullata</i>	0.3		0.0				
<i>Madracis decactis</i>			0.6		0.6	0.2	0.3
<i>Manicina areolata</i>	1.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.3	0.1
<i>Millepora alcicornis</i>	0.1	0.0					0.1
<i>Montastraea annularis</i>	2.0	0.1	2.4	0.1		14.4	
<i>Montastraea cavernosa</i>	2.2	7.0	2.2	6.3	1.4	7.2	6.8
<i>Montastraea faveolata</i>	15.1	5.2	23.0	1.2	2.1	2.0	2.8
<i>Montastraea franksi</i>	2.8		8.6			0.5	
<i>Mussa angulosa</i>			0.1				
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>							
<i>Oculina diffusa</i>				0.1	1.0		0.6
<i>Porites astreoides</i>	0.0	0.2	0.2		0.3		0.3
<i>Porites branneri</i>							
<i>Porites porites</i>							
<i>Scolymia cubensis.</i>	0.0						0.1
<i>Siderastrea radians</i>	0.0	0.5	0.1	0.2	2.5	2.1	3.5
<i>Siderastrea siderea</i>	0.7	1.4	2.5	8.4	8.9	3.1	3.3
<i>Stephanocoenia intersepta</i>			0.5	1.1	1.0	1.3	1.8
Cobertura total	38.4	22.9	55.8	21.8	26.5	41.5	22.1

Arrecifes: A=Anegada de Afuera. B=La Blanca. C=Cabezo. Ch=Chopas. IE=Isla de Enmedio. G=Galleguilla. H=Hornos. IS=Isla de Sacrificios. IV=Isla Verde. P=Pájaros.

4. Mortalidad parcial en corales hermatípicos

Los corales hermatípicos son en su gran mayoría formas coloniales que crecen indefinidamente, temporal y espacialmente, por medio del incremento en el número de pólipos por reproducción asexual. Las colonias pueden llegar a medir varios metros de diámetro, por lo cual es común que parte de la colonia pueda sufrir daño, perdiéndose algunos de los individuos que la conforman. Dado que para efectos ecológicos cada colonia coralina contabiliza como un solo individuo, la parte perdida se considera como “tejido perdido”, por lo que hay muerte parcial, que se cuantifica como Mortalidad Parcial. Ya que un individuo afectado por muerte parcial se ve afectado en su capacidad reproductiva, además de su desempeño ecofisiológico, se considera que una población se encuentra en mejores condiciones, sana o saludable, mientras sea menor la proporción de individuos afectados por mortalidad parcial.

La Tabla 3.17 presenta los resultados de mortalidad parcial del muestreo por transectos. Se presenta el porcentaje de individuos afectados, la cantidad de tejido promedio que pierden, y, del total de individuos afectados, el porcentaje que presentaron mortalidad reciente y antigua.

La proporción de individuos/colonias afectados por Mortalidad Parcial es un muy alto para el SAV y llega al 45.7% (Figura 3.21), es decir, cerca de la mitad de la comunidad coralina ha perdido en promedio el 22.8% de su tejido (Figura 3.23). Si consideramos que el promedio general de colonias afectadas por Mortalidad Parcial es de 28% para los arrecifes del Atlántico tropical que se evaluaron durante la Campaña AGRRA (Kramer 2003), se puede considerar que en el SAV la comunidad de corales hermatípicos está seriamente afectada. Son múltiples los factores que pueden ocasionar la pérdida de tejido en un colonia coralina, pero si se toma en cuenta que el área del SAV es considerada una de las más impactadas por la contaminación química, así como por la presencia de cantidades altas de sólidos en suspensión en columna de agua (Horta-Puga 2007), además de diversos factores asociados a la presencia del núcleo urbano de la ciudad de Veracruz, por tanto, no resulta sorprendente que la comunidad coralina esté claramente impactada. También es interesante notar que en los arrecifes del Grupo Norte la incidencia de Mortalidad Parcial es superior con 50.3% de corales afectados, contra sólo el 40.6% en el Grupo Sur. Esta diferencia también es evidente en la proporción de tejido perdido, 25.3% en el Grupo Norte, frente a 20.2% en el Grupo Sur. Estos datos sugieren que los arrecifes más cercanos al puerto, de alguna forma, están más impactados que los que se encuentran más alejados, lo que se refleja en una condición de salud más precaria de los corales que habitan el Grupo Norte, lo que los hace más susceptibles. La Figura 3.22 muestra los resultados de mortalidad parcial por arrecife, llama la atención que el arrecife La Blanca del Grupo Sur es el segundo con mayor proporción de colonias afectadas por Mortalidad Parcial con 56.6%, aunque esto no resulta inesperado ya que este arrecife es el que recibe una mayor influencia de la descarga fluvial del río Jamapa. Por el contrario, en el Grupo Norte el arrecife Hornos, presenta un nivel bajo con sólo 35.3%, lo cual si es inesperado, ya que se trata del único arrecife costero incluido en el estudio. La Figura 3.24 muestra el porcentaje de tejido perdido promedio por colonia para cada arrecife, en cuál se puede observar que los del Grupo Norte son los más afectados.

Tabla 3.17
Mortalidad parcial en corales hermatípicos del SAV

Arrecifes	MP	DE	MPr	DE	MPa	DE	TM	DE
Zonas	%	σ	%	σ	%	σ	%	σ
A	36.6	20.3	10.1	6.6	89.9	6.6	23.1	6.1
B	56.6	9.7	9.1	2.5	90.9	2.5	19.1	4.7
C	43.6	24.6	8.0	5.3	92.0	5.2	19.4	5.2
Ch	30.5	33.4	13.7	19.4	86.3	19.4	22.9	7.2
IE	37.8	32.5	3.6	3.3	96.3	3.3	17.0	2.0
G	51.4	18.8	2.2	2.5	97.9	2.5	24.9	4.2
H	35.3	6.5	7.5	1.1	92.5	1.2	24.0	1.8
IS	48.7	27.6	8.3	3.6	91.6	3.7	25.4	4.6
IV	61.7	12.9	2.3	1.2	97.7	1.2	26.3	5.5
P	49.5	11.6	3.0	2.6	97.0	2.6	25.3	5.7
BS	45.3	13.0	14.4	8.4	85.6	8.4	19.4	5.8
BN	47.0	13.6	4.0	4.8	96.0	4.9	23.1	2.5
BT	46.2	12.5	9.2	8.5	90.8	8.5	21.2	4.6
PS	20.6	17.6	4.7	5.2	95.3	5.2	20.6	5.9
PN	44.3	22.7	5.5	3.4	94.5	3.4	26.5	4.7
PT	32.5	22.8	5.1	4.2	94.9	4.2	23.5	5.9
SS	66.2	9.8	5.1	2.1	94.8	2.1	20.9	1.9
SN	61.9	7.5	3.7	1.7	96.3	1.7	26.5	4.5
ST	63.7	8.1	4.3	1.9	95.7	1.9	24.1	4.5
GS	40.6	22.7	8.5	7.5	91.5	7.5	20.2	4.9
GN	50.3	16.9	4.5	3.5	95.5	3.5	25.3	4.0
SAV	45.7	20.1	6.4	6.0	93.6	6.0	22.8	5.1

Arrecifes: A=Anegada de Afuera. B=La Blanca. C=Cabezo. Ch=Chopas. IE=Isla de Enmedio. G=Galleguilla. H=Hornos. IS=Isla de Sacrificios. IV=Isla Verde. P=Pájaros. **Zonas:** B=Barlovento. P=Planicie. S=Sotavento. T=total. **Parámetros:** MP= % de la población afectada por mortalidad parcial. MPr= % de individuos afectados por mortalidad reciente. MPa= % de individuos afectados por mortalidad antigua. TM= % de tejido perdido.

Analizando los resultados comparando las diferentes zonas arrecifales, se observa que la zona de sotavento presenta la mayor proporción de colonias enfermas con 63.7%, por 46.2% en barlovento y sólo 32.5% en la zona de planicie. Las condiciones propias de la planicie como son baja profundidad (<2m), alta luminosidad y variaciones de temperatura, excluyen el desarrollo de muchas especies de corales, por lo cual es la zona con menor diversidad, dado este conjunto de condiciones ambientales, sólo aquellos individuos en buen estado de salud y adaptados a las condiciones sobreviven, lo cual podría explicar el porqué en la zona de planicie son más resistentes y por tanto la incidencia de mortalidad parcial es sustancialmente inferior. La zona de sotavento es la más protegida, debido a las características geomorfológicas propias de los arrecifes tipo plataforma del SAV, y se caracteriza por presentar baja turbulencia, corrientes débiles y aguas generalmente más turbias (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993, Vargas-Hernández et al. 1993, Chávez et al. 2007). Por lo anterior, es posible que el tiempo de residencia del agua sea mayor en la zona de sotavento, y dado que presenta una mayor cantidad de sólidos en suspensión, esto de algún modo podría favorecer la presencia de agentes patógenos o condiciones adversas que, a su vez afecten la condición o salud de las colonias coralinas, propiciando la muerte tisular.

Las Figuras 3.25 y 3.26 muestran la proporción de colonias que presentaron Mortalidad Parcial Antigua y Mortalidad Parcial Reciente. En todos los casos se presentó una mayor proporción de colonias afectadas por Mortalidad Parcial Antigua, el promedio general es de 93.6%, por sólo 6.4% de individuos con Mortalidad Parcial Reciente. Esto significa que las causas de muerte tisular se remontan por lo menos 2-3 meses hacia atrás, por lo que difícilmente se podría saber con certeza que causó el daño y muerte tisular. Es interesante notar en la zona de Barlovento del Grupo Sur, se presentó la proporción más alta de Mortalidad Parcial Reciente con 14.4%, lo que implica que existe un factor que está afectando seriamente a los corales en esa zona.

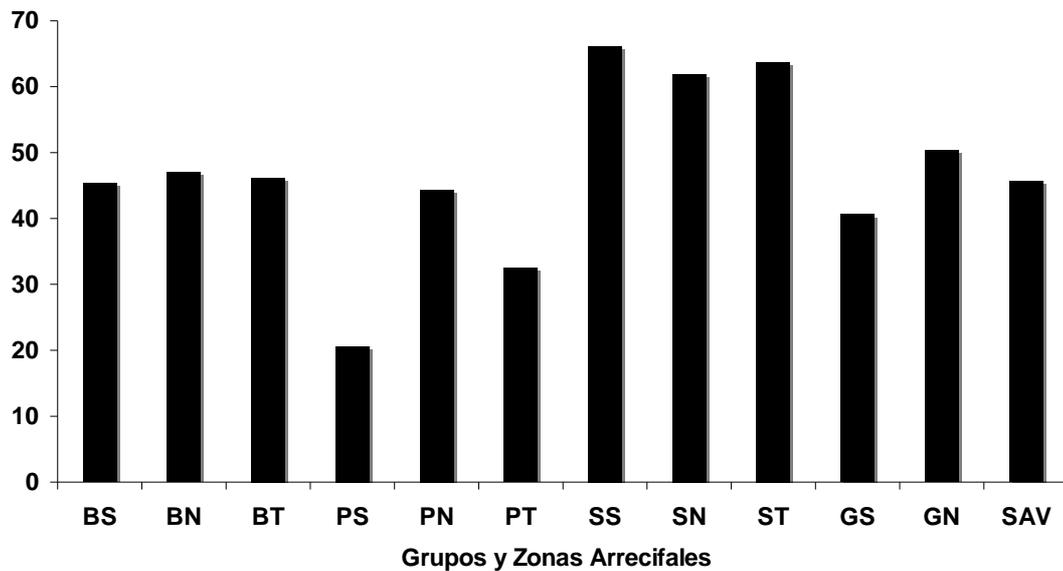


Figura 3.21 Mortalidad parcial en corales hermatípicos en las zonas y grupos arrecifales del SAV.

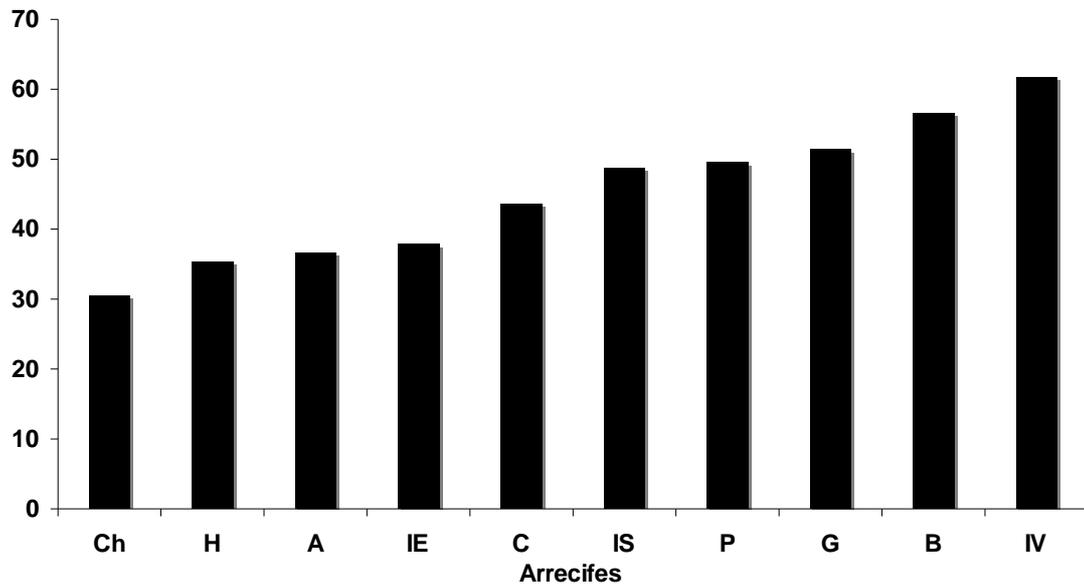


Figura 3.22 Mortalidad parcial en corales hermatípicos en los arrecifes del SAV.

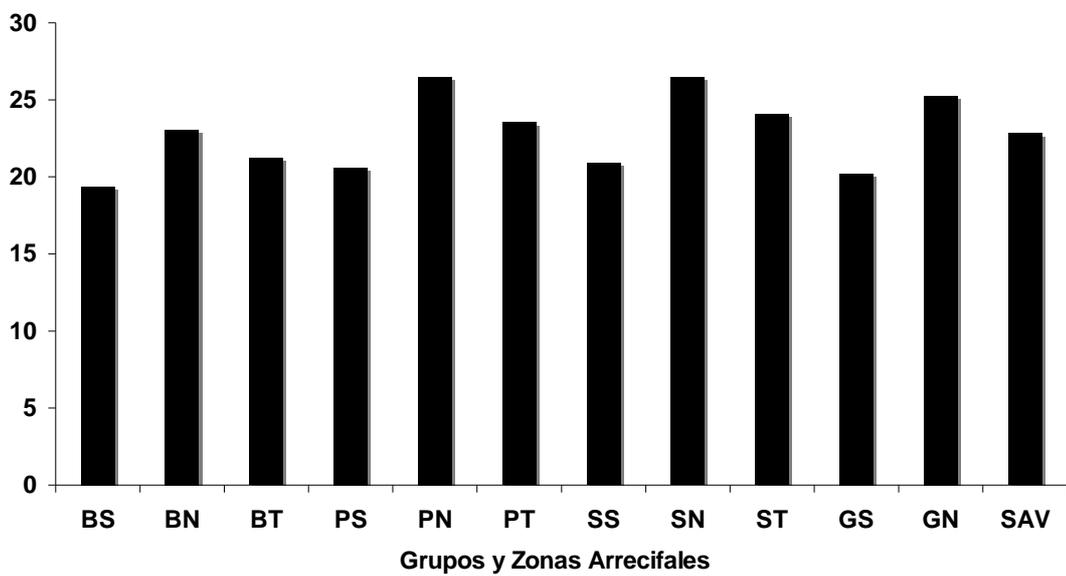


Figura 3.23 Proporción promedio de tejido perdido por colonia afectada por mortalidad parcial en corales hermatípicos en los grupos y zonas arrecifales del SAV.

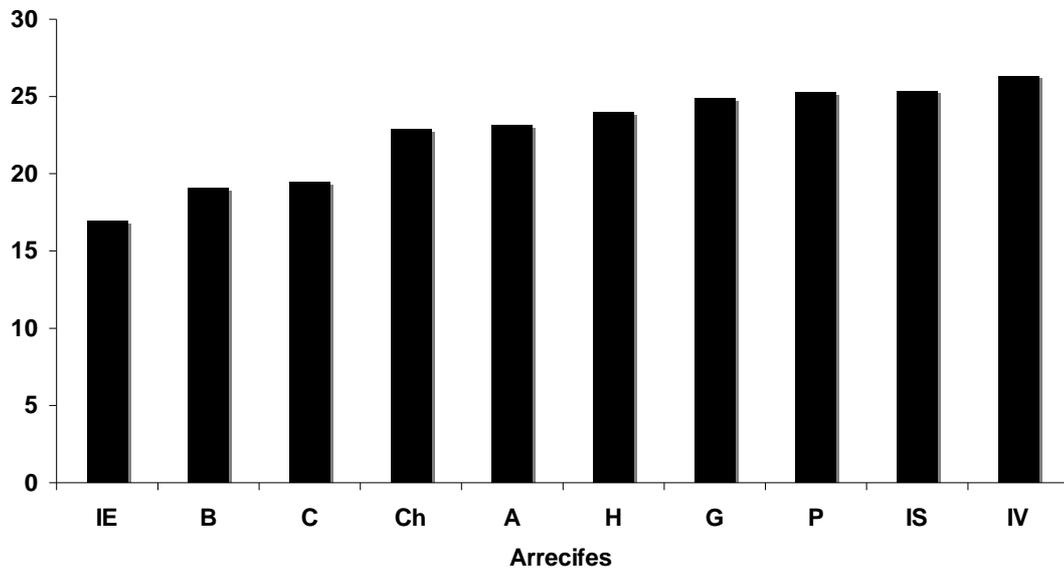


Figura 3.24 Proporción promedio de tejido perdido por colonia afectada por mortalidad parcial en corales hermatípicos en los arrecifes del SAV.

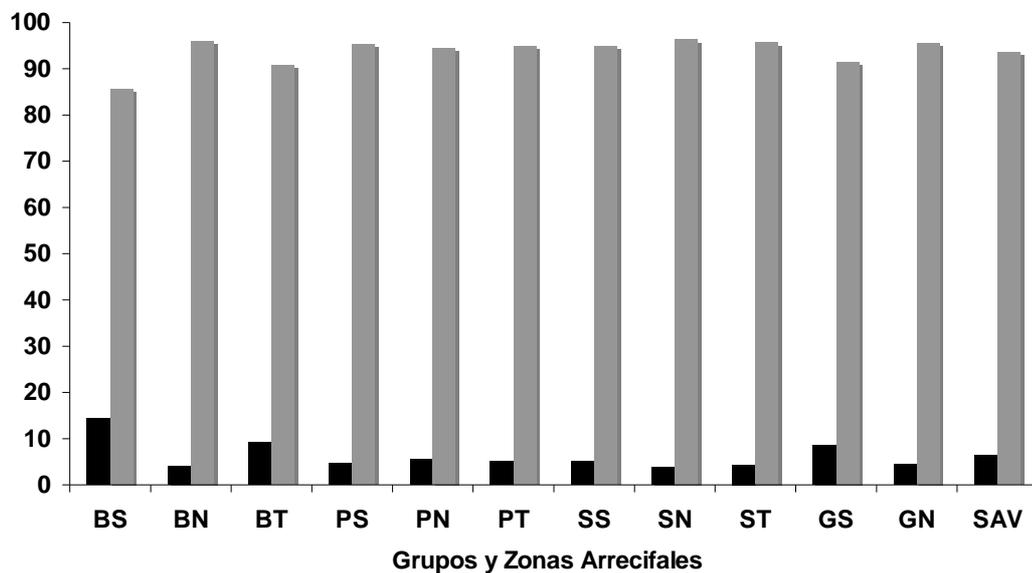


Figura 3.25 Proporción de corales hermatípicos con Mortalidad Parcial Reciente y Antigua en los grupos y zonas arrecifales del SAV.

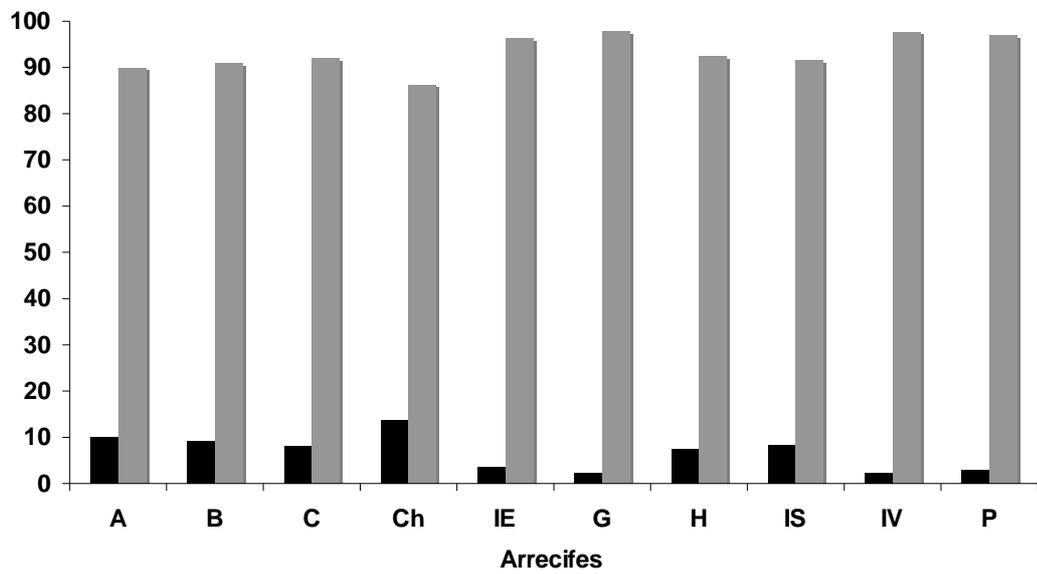


Figura 3.26 Proporción de corales hermatípicos con Mortalidad Parcial Reciente y Antigua en los arrecifes del SAV.

5. Enfermedades en corales hermatípicos

Los corales hermatípicos presentan un serie de enfermedades que son fácilmente reconocibles por síntomas tales como manchas, bandas o franjas de coloración distintiva, o regiones que muestran crecimiento anómalo. El tejido se puede perder o decolorar, e incluso la enfermedad puede ser causa de la muerte de la totalidad de la colonia. Así, se considerará que un individuo se encuentra saludable si este no presenta síntomas de alguna de las enfermedades o afecciones hasta ahora conocidas. Asimismo se considera que una población se encuentra en buenas condiciones, sana o saludable, mientras sea menor la proporción de individuos afectados por alguna enfermedad.

La Tabla 3.18 presenta los resultados sobre la proporción de la comunidad coralina que presenta síntomas de alguna enfermedad en el SAV, ya sea por zonas y grupos arrecifales y para cada uno de los arrecifes. En términos generales el 4.2% de la comunidad coralina del SAV se encuentran enfermos (Figura 3.27). Si consideramos que el promedio general de colonias afectadas por alguna enfermedad es de 5.4% para los arrecifes del Atlántico tropical que se evaluaron durante la Campaña AGRRA (Kramer 2003), se puede considerar que en el SAV la comunidad de corales hermatípicos es una comunidad relativamente sana en términos de que presenta una baja incidencia de enfermedades. Es importante señalar que la incidencia es mayor en los corales del Grupo Norte (5.8%) con respecto a los corales del Grupo Sur (2.5%), incluso comparando por separado cada una de las zonas arrecifales (barlovento, planicie y sotavento), lo que se atribuye a condiciones ambientales adversas en los arrecifes del Grupo Norte, posiblemente derivadas de la cercanía al Puerto de Veracruz, tal y como sucede con el fenómeno de Mortalidad Parcial (ver sección anterior). La Figura 3.28 muestra el grado de afectación de la comunidad coralina por arrecife, y llama la atención el hecho de que el arrecife Cabezo presente niveles de afección (5.2%) más bien similares a los que se presentan en el Grupo Norte, en cambio en el arrecife Galleguilla, el cual se encuentra en una posición cercana a la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Veracruz, presenta una proporción de corales enfermos baja (2.3%). Otro aspecto a destacar es la incidencia más alta de enfermedades en los corales que habitan la zona de planicie que llega al 7.1%, y es casi el triple con respecto a las zonas de barlovento, 2.4% y sotavento 2.6%. Es contrastante el hecho que los corales en la zona de planicie presentan una incidencia relativamente baja de Mortalidad Parcial (ver sección anterior), y en cambio se presente una incidencia mayor de enfermedades.

Tabla 3.18
Proporción de colonias de corales con síntomas de
enfermedad (%), por arrecife y zona arrecifal

Zona	%	σ	Arrecife	%	σ
BS	1.6	1.3	A	1.7	1.2
BN	3.2	1.9	B	0.9	1.2
BT	2.4	1.8	C	5.2	6.9
PS	4.1	5.3	Ch	2.2	0.9
PN	10.1	3.7	IE	2.0	2.3
PT	7.1	5.4	G	2.3	2.9
SS	1.4	0.5	H	7.3	3.4
SN	3.6	4.4	IS	5.7	7.6
ST	2.6	3.3	IV	6.1	1.2
GS	2.5	3.4	P	7.9	6.0
GN	5.8	4.6			
SAV	4.2	4.3			

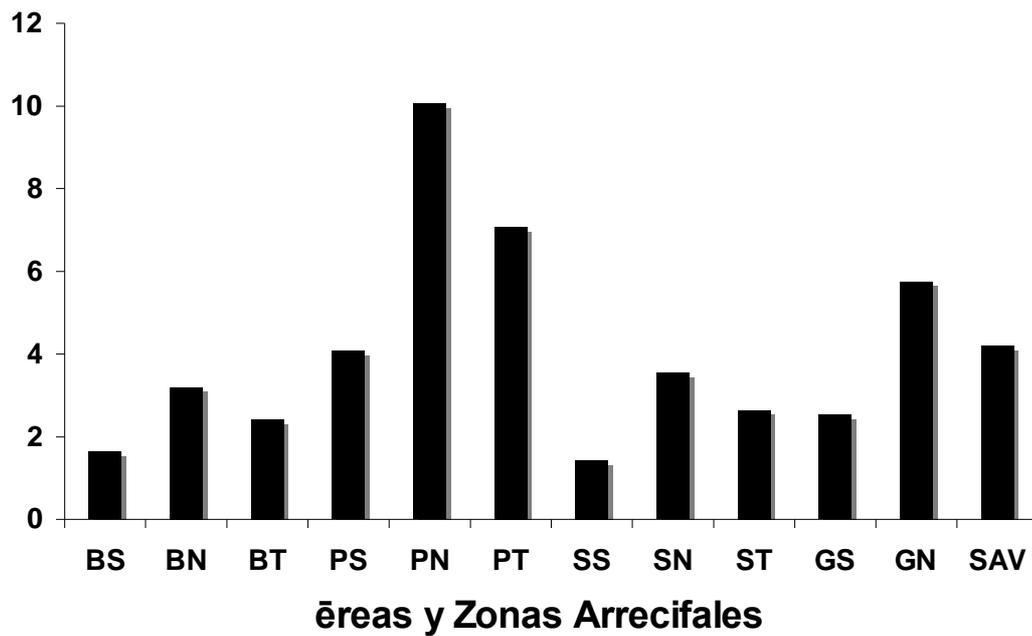


Figura 3.27 Proporción de corales hermatípicos enfermos por zonas y grupos arrecifales del SAV.

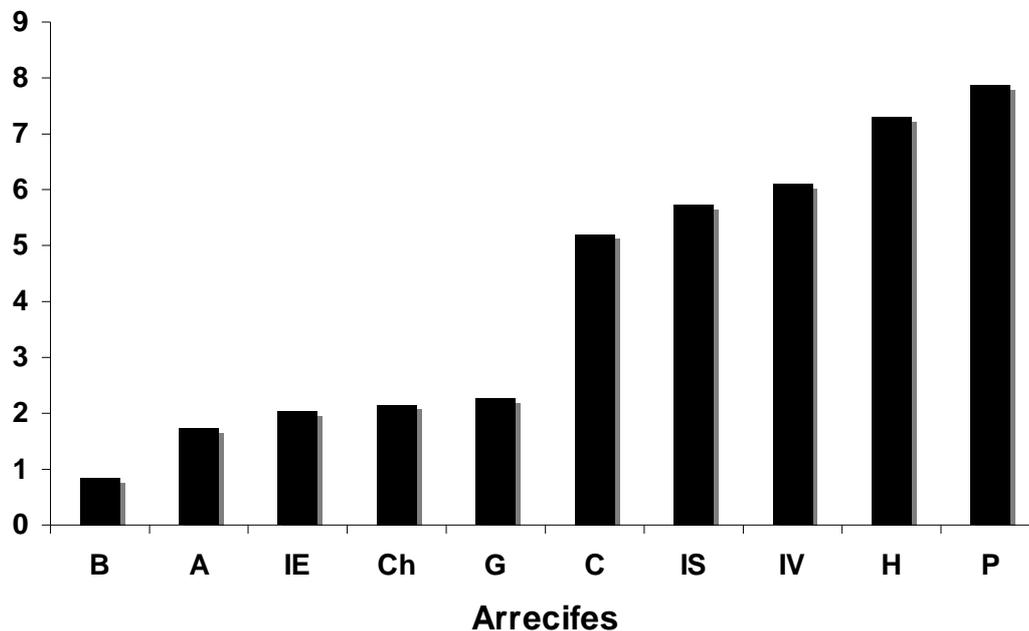


Figura 3.28 Proporción de corales hermatípicos enfermos en los arrecifes del SAV.

En los corales del SAV las enfermedades que presentan una mayor prevalencia son Mancha Negra (41.9%) y Plaga Blanca (38.1%), y más atrás se encuentran: Banda Negra (7.7%), Hiperplasma (4.4%), Banda Amarilla (3.9%), Mancha Blanca (2.6%) y Necrosis Rápida (1.5%) (Tabla 3.19, Figura 3. 29). Esta proporción se mantiene en las zonas de Barlovento (Figura 3.30) y Planicie (Figura 3.31), sin embargo en la zona de Sotavento hay una mayor incidencia de la Enfermedad de Plaga Blanca (47.2%) (Figura 3.32).

En un análisis por arrecife (Tabla 3.20, Figuras 3.33 y 3.34) se puede observar que en los arrecifes Anegada de Afuera e Isla Verde, se presentan corales con síntomas de cinco enfermedades diferentes, en cambio en los arrecifes La Blanca, Chopas, Isla de En medio y Galleguilla, sólo se presentaron dos tipos de enfermedades. La Enfermedad de Necrosis Rápida sólo se detectó en Anegada de Afuera (11.1%), e Hiperplasma sólo en Cabezo (33.3%). La enfermedad de Banda Amarilla llega a ser muy importante afectado los corales del arrecife La Blanca (50%), y Banda Negra en Isla Verde (36.3%) y Anegada de Afuera (20%).

La enfermedad de la Mancha Negra es la que se presenta con mayor frecuencia, es decir en 15 de los 27 sitios de muestreo, seguida de Plaga Blanca en 14 sitios, Banda Negra en 6 sitios, Mancha Blanca y Banda Amarilla en 3 sitios, y Necrosis Rápida e Hiperplasma en sólo 1 sitio (Tabla 3.21).

Tabla 3.19
Proporción de colonias de corales hermatípicos afectadas por diversas enfermedades (%) por zonas y grupos arrecifales del SAV

Enfermedad	Zonas y grupos arrecifales											
	BS	BN	BT	PS	PN	PT	SS	SN	ST	GS	GN	SAV
Banda Amarilla	20.8		9.4		1.1	0.8				7.6	0.5	3.9
Banda Negra		4.1	2.2	30.0	18.6	21.9				5.7	9.5	7.7
Hiperplasma	25.0		11.2							9.1		4.4
Mancha Blanca		5.3	2.9					16.7	6.7		5.0	2.6
Mancha Negra		42.3	23.3	70.0	63.0	65.0	22.2	16.7	20.0	36.8	46.7	41.9
Necrosis Rápida	8.3		3.7							3.0		1.5
Plaga Blanca	45.8	48.3	47.2		17.3	12.4	77.8	66.7	73.3	37.9	38.4	38.1

Tabla 3.20
Proporción de colonias de corales hermatípicos afectadas por diversas enfermedades (%) en los arrecifes del SAV

Enfermedad	Arrecifes									
	A	B	C	Ch	IE	G	H	IS	IV	P
Banda Amarilla	11.1	50.0								1.9
Banda Negra	20.0		0.8					36.3	11.5	2.4
Hiperplasma			33.3							
Mancha Blanca							12.5		11.9	
Mancha Negra	13.3		54.8	50.0	50.0	50.0	62.5	53.7	32.5	42.9
Necrosis Rápida	11.1									
Plaga Blanca	44.4	50.0	11.1	50.0	50.0	50.0	25.0	10.0	42.2	54.8

Tabla 3.21
Relación de enfermedades de corales hermatípicos con mayor prevalencia por cada zona arrecifal en los arrecifes del SAV

Arrecife	Barlovento	Planicie	Sotavento
A	BA=NR=PB	BN>MN	PB
B	BA=PB		-----
C	H	MN>>BN	MN>PB
Ch	PB	MN	-----
IE		MN	PB
G	PB	MN	
H	PB>MN=MB	MN	-----
IS	MN>PB=BN	BN>MN	
IV	PB>MN>MB	MN>BN>PB>BA	MB=MN=PB
P	MN	PB>MN>BN	PB

BA= Banda Amarilla. BN= Banda Negra. H= Hiperplasma. MB= Mancha Blanca. NR= Necrosis rápida. PB= Plaga Blanca.

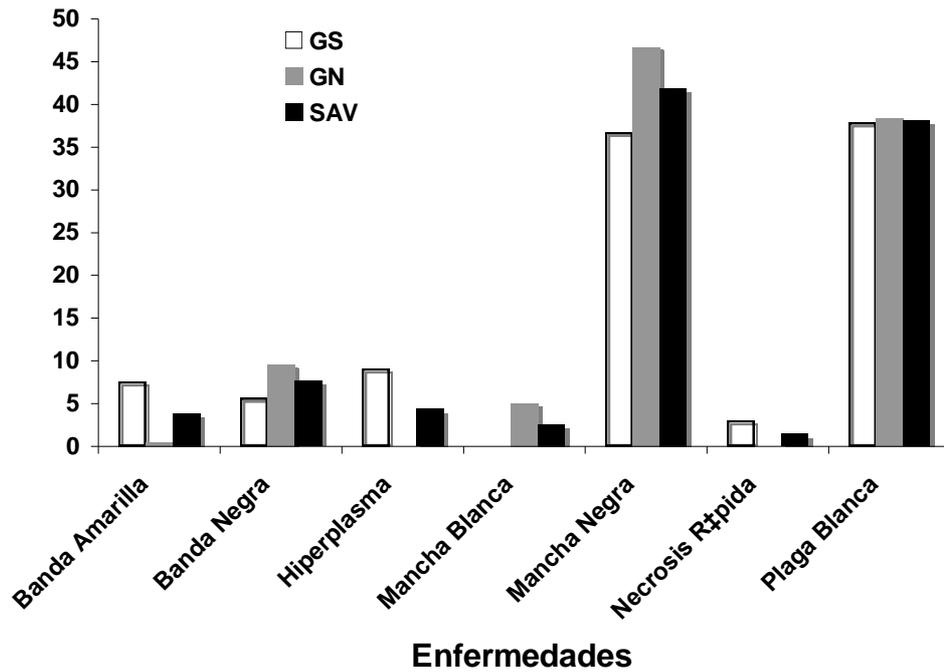


Figura 3.29 Enfermedades en corales hermatípicos en el SAV.

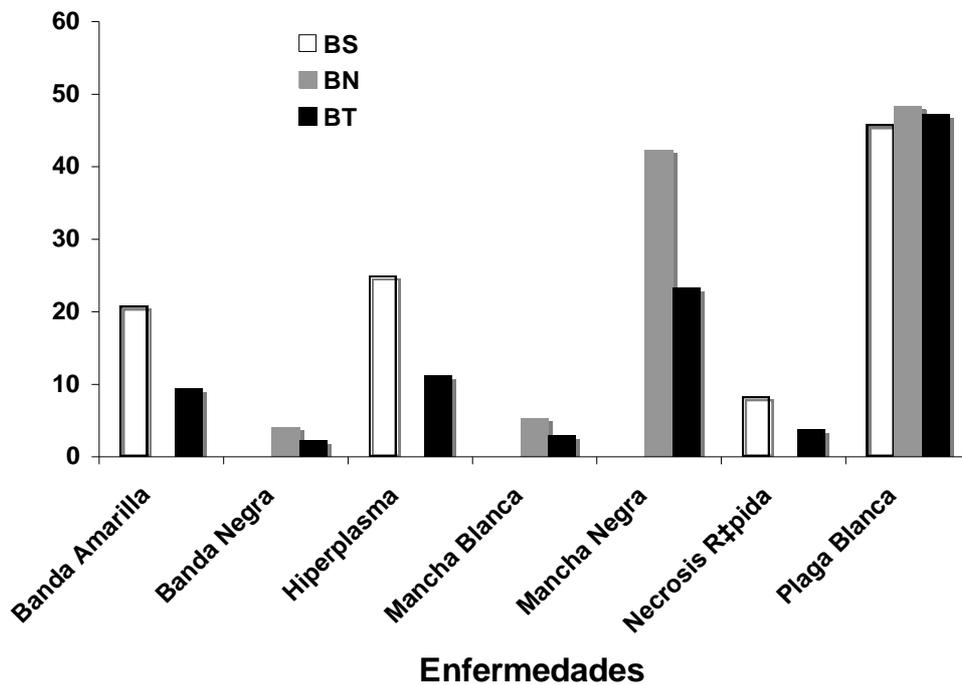


Figura 3.30 Enfermedades en corales hermatípicos en la zona de barlovento del SAV.

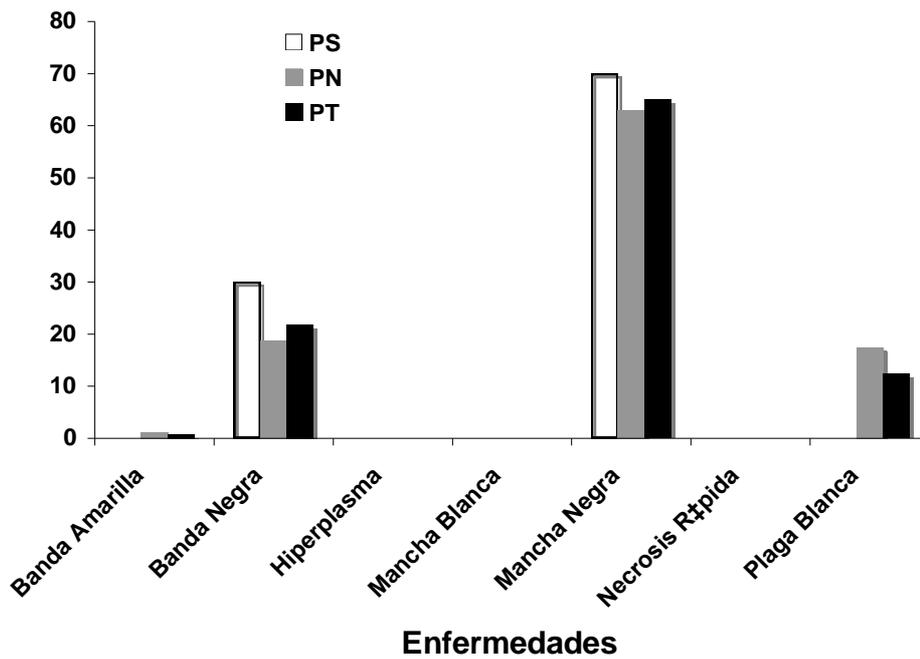


Figura 3.31 Enfermedades en corales hermatípicos en la zona de planicie del SAV.

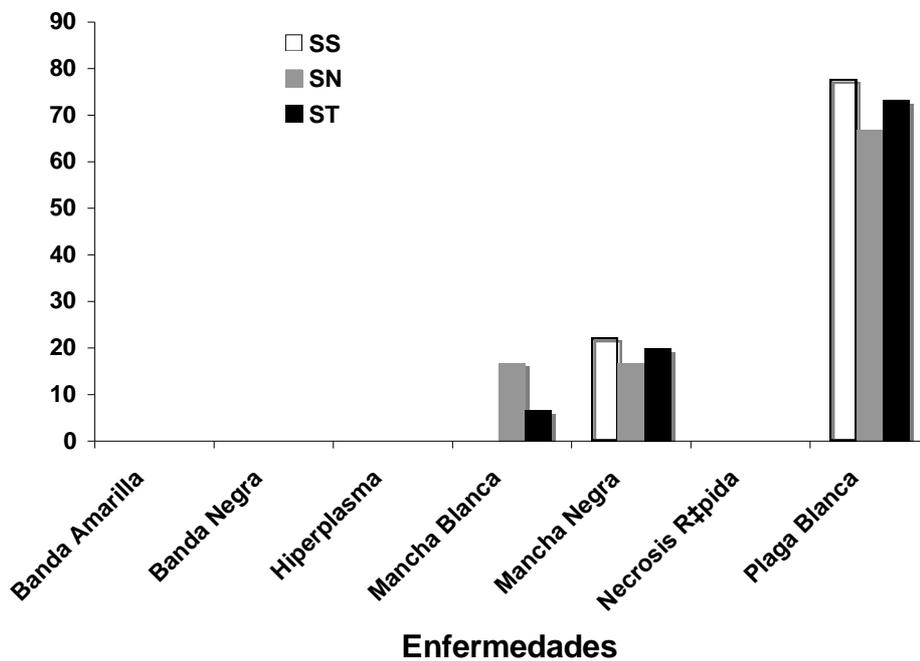


Figura 3.32 Enfermedades en corales hermatípicos en la zona de sotavento del SAV.

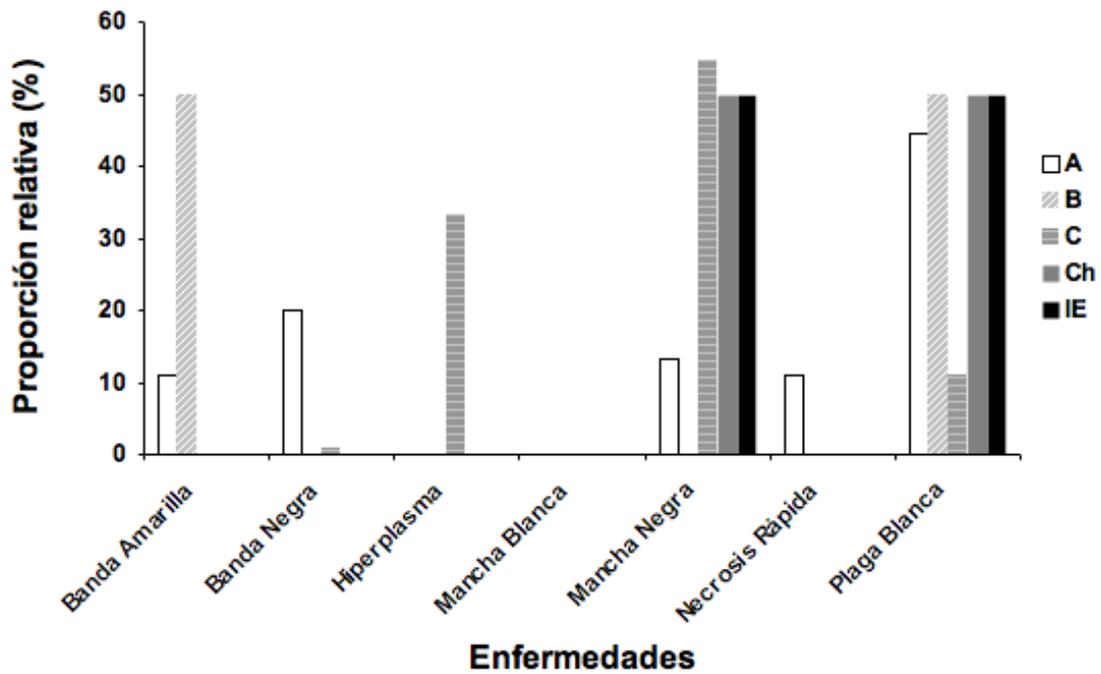


Figura 3.33 Enfermedades en corales hermatípicos en arrecifes del grupo sur del SAV.

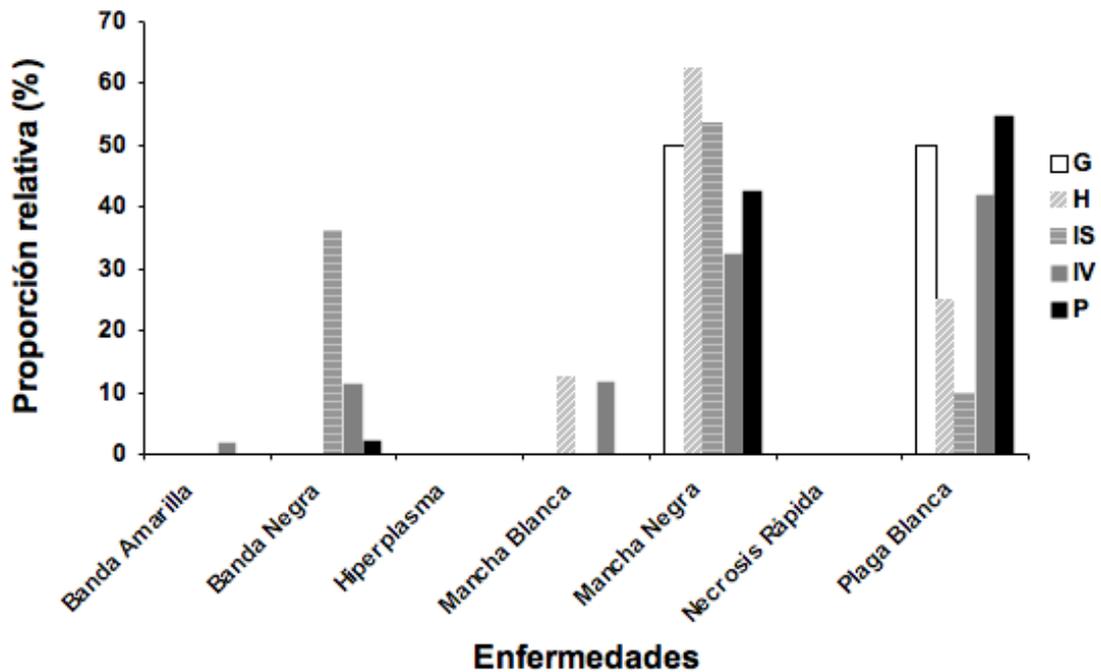


Figura 3.34 Enfermedades en corales hermatípicos en arrecifes del grupo norte del SAV.

6. Blanqueamiento en corales hermatípicos

En la actualidad el fenómeno de Blanqueamiento está muy extendido. Año con año los reportes de incidencia han aumentado, principalmente ocasionados por un aumento sostenido de las temperaturas oceánicas durante las últimas dos décadas. El fenómeno de Blanqueamiento implica una pérdida de las zooxantelas endosimbiontes y/o una disminución en el contenido clorofílico de las mismas. Aunque se pueden presentar eventos masivos súbitos de Blanqueamiento, dónde un gran porcentaje de los corales hermatípicos se ven de color blanco por la pérdida de zooxantelas, no es raro encontrar en cualquier época del año que se presenten colonias de manera individual afectadas. En teoría una población/comunidad coralina sana, deberá presentar una incidencia baja de Blanqueamiento, ya que la pérdida significa que la colonia se encuentra en estrés fisiológico, generalmente y al parecer por causas exógenas. En el SAV se presenta un promedio general del 4.4% de colonias afectadas por Blanqueamiento, el cuál comparado con el promedio general de 6% para el Atlántico tropical, observado durante la Campaña AGRRA en 1999 (Kramer 2003), significa que, en términos generales, en el SAV el Blanqueamiento se sitúa en niveles que se pueden considerar como normales, dadas las condiciones ambientales actuales. A igual que lo observado para el caso de incidencia de enfermedades y mortalidad parcial, y posiblemente por las mismas causas (ver secciones anteriores), el Grupo Norte presenta una mayor incidencia de Blanqueamiento 5.4%, por sólo 3.3% de corales afectados en el Grupo Sur. Resulta contrastante el hecho de que sea la zona de Barlovento en la cual se presente una mayor incidencia de Blanqueamiento (6.1%), si se le compara con las zonas de Sotavento (3.6%) y Planicie (3.1%) (Figura 3.35), ya que esta zona no presentó niveles altos de enfermedades o mortalidad parcial.

Tabla 3.22
Proporción de colonias de corales hermatípicos afectadas por el fenómeno de Blanqueamiento ($\% \pm 1\sigma$)

Zona/Grupo	%	σ	Arrecife	%	σ
BS	6.8	4.3	A	2.6	2.6
BN	5.4	3.7	B	2.2	3.1
BT	6.1	3.8	C	2.1	2.5
PS	1.6	2.2	Ch	5.0	5.5
PN	4.7	7.0	IE	4.7	7.3
PT	3.1	5.2	G	8.4	7.3
SS	0.3	0.6	H	8.1	5.3
SN	6.1	5.8	IS	3.2	2.1
ST	3.6	5.2	IV	1.7	2.4
GS	3.3	4.0	P	6.3	7.1
GN	5.4	5.2			
SAV	4.4	4.7			

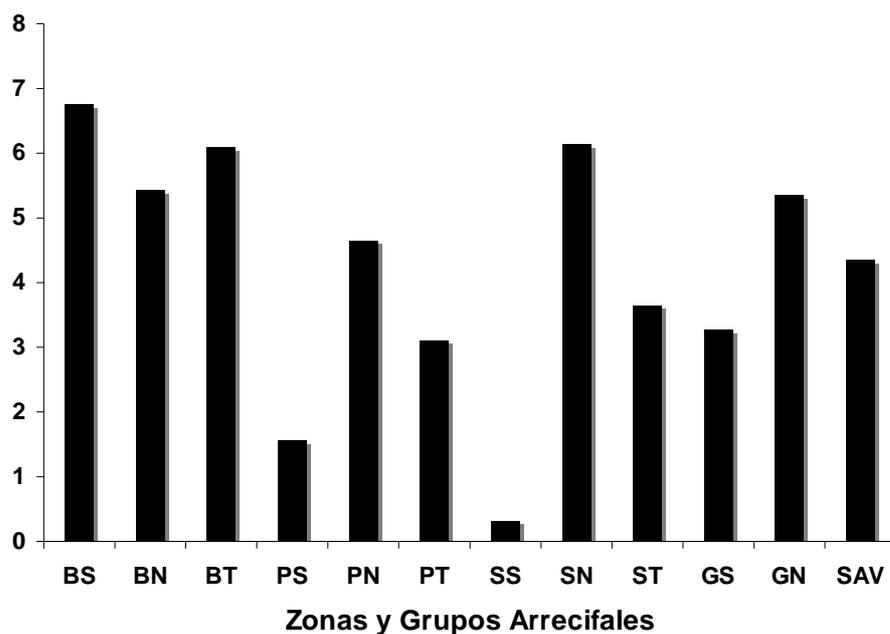


Figura 3.35 Blanqueamiento en corales hermatípicos en las zonas y grupos arrecifales del SAV.

La Figura 3.36 muestra el promedio de corales blanqueados por arrecife. Como se puede apreciar, los arrecifes que se localizan más cercanos a la ciudad de Veracruz, son los que presentan una incidencia de blanqueamiento (>7.0%), lo que es entendible por el grado de impacto que potencialmente es causa de estrés en la comunidad coralina.

Es importante señalar, que así como existen sitios con una alta incidencia de Blanqueamiento como son (Tabla 3.23): Galleguilla Planicie (16.8%), Pájaros Sotavento (14.0%), Isla de Enmedio Barlovento (13.2%) y Hornos Barlovento (11.8%); también se presentan seis sitios dónde no se registraron corales blanqueados.

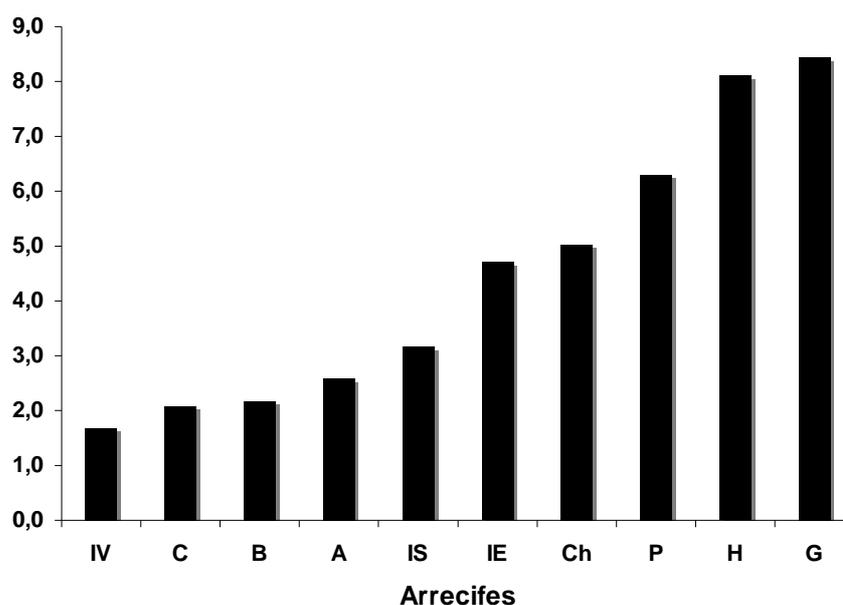


Figura 3.36 Blanqueamiento en corales hermatípicos en los arrecifes del SAV.

Tabla 3.23
Proporción de colonias de corales hermatípicos afectadas por el fenómeno de Blanqueamiento (%)

Arrecife	%	Arrecife	%
Anegada de Afuera Barlovento	2.5	Galleguilla Barlovento	3.4
Anegada de Afuera Planicie	5.3	Galleguilla Planicie	16.8
Anegada de Afuera Sotavento	0.0	Galleguilla Sotavento	5.1
La Blanca Barlovento	4.3	Hornos Barlovento	11.8
La Blanca Planicie	0.0	Hornos Planicie	4.4
Cabezo Barlovento	4.9	Isla de Sacrificios Barlovento	2.6
Cabezo Planicie	1.4	Isla de Sacrificios Planicie	1.4
Cabezo Sotavento	0.0	Isla de Sacrificios Sotavento	5.5
Chopas Barlovento	8.9	Isla Verde Barlovento	4.4
Chopas Planicie	1.1	Isla Verde Planicie	0.6
Isla de Enmedio Barlovento	13.2	Isla Verde Sotavento	0.0
Isla de Enmedio Planicie	0.0	Pájaros Barlovento	4.9
Isla de Enmedio Sotavento	1.0	Pájaros Planicie	0.0
		Pájaros Sotavento	14.0

7. Talla de corales hermatípicos

Los corales escleractinios tienen una capacidad ininterrumpida de crecimiento, es decir, el tamaño o talla de una colonia, si no ha sufrido un evento de mortalidad parcial, se incrementa continuamente a un ritmo >2 mm/año en las especies hermatípicas. Dado que algunos ejemplares sobrepasan fácilmente los 2 m de altura, esto sugiere edades >200 años. En consecuencia, una comunidad coralina sana deberá presentar colonias con una talla promedio mayor, con respecto a una comunidad impactada ya que, asumiendo que no existan diferencias significativas en la capacidad de sobrevivencia de una colonia si ha sobrepasado la etapa juvenil ($>5-6$ años), la probabilidad de morir es similar, por lo cual una comunidad sana deberá presentar una proporción mayor de colonias grandes, y por tanto, la talla promedio deberá ser más grande. Para efectos del presente estudio, se consideró el diámetro promedio de una colonia, como el estimador más confiable de la talla y ésta se calculó según la siguiente fórmula:

$$Talla = [\text{Diámetro Máximo} + \text{Diámetro Perpendicular} + (\text{Altura} \times 2)]/3$$

La tabla 3.24 muestra las tallas promedio por zonas, grupos arrecifales y arrecifes en el SAV. Es importante señalar que los datos incluyen el promedio de todas las especies, es decir, la talla de todas las colonias presentes en un sitio se promedió sin hacer distinciones de especie. La Talla promedio para los corales del SAV es de 25.7 cm, la cual podemos considerar no es baja, si se le compara con los resultados obtenidos durante la Campaña AGRRA de 1999 para el Atlántico, en la cual la talla más frecuente se situó en el intervalo de 30-40 cm, haciendo la aclaración que no se consideraron los corales de <25 cm de diámetro. Por lo anterior, podemos considerar que la talla promedio para el SAV, implica o sugiere una comunidad, que a pesar de presentar un incidencia alta de mortalidad parcial (45.7%), presenta corales con tallas óptimas.

Tabla 3.24
Talla (diámetro promedio) de corales hermatípicos por zonas y grupos arrecifales y arrecifes ($\text{cm} \pm 1\sigma$)

Zona/Grupo	Talla promedio	σ	Arrecife	Talla promedio	σ
BS	29.4	3.7	A	26.5	15.8
BN	27.7	10.1	B	29.6	6.2
BT	28.6	7.2	C	25.3	19.2
PS	9.5	9.1	Ch	17.2	20.2
PN	20.4	18.7	IE	23.8	18.7
PT	14.9	15.0	G	25.1	14.3
SS	41.9	2.5	H	12.6	2.8
SN	33.4	5.6	IS	24.6	17.1
ST	37.0	6.2	IV	39.5	11.3
GS	24.6	14.6	P	27.1	7.4
GN	26.7	13.2			
SAV	25.7	13.7			

Aunque la Talla promedio de los corales hermatípicos del Grupo Norte de 26.7 cm es 2 cm mayor que la de los del Grupo Sur con 24.6 cm en promedio, dada la gran variabilidad en el tamaño mostrado ($1\sigma < 13.0$ cm) se considera que las diferencias no son significativas. En cambio si hay diferencia importante entre los promedios por zona arrecifal (Figura 3.37), ya que el promedio para Sotavento es de 37.0 cm, mientras que para Barlovento es 28.6 cm y para Planicie de 14.9 cm. Es interesante notar que el parámetro Cobertura Relativa, que implica la proporción del sustrato que está cubierta por coral vivo, presenta el mismo patrón. Así, a mayor cobertura, lo que significa una comunidad coralina en condiciones ambientales óptimas y/o más sana, una talla promedio mayor. En la zona de Barlovento prácticamente no hay diferencias entre los Grupos Sur y Norte, en cambio para las zonas de Sotavento y Planicie, si existe diferencia. En Planicie, la Talla promedio en el Grupo Norte, de 20.4 cm, es poco más del doble de la del Grupo Sur con 9.5 cm. En Sotavento, la Talla promedio en el Grupo Sur, de 41.9 cm, es ~25% mayor que en el Grupo Sur con 33.4 cm. También existe coincidencia de que en las zonas que tienen corales con una talla superior, presentan una mayor cobertura.

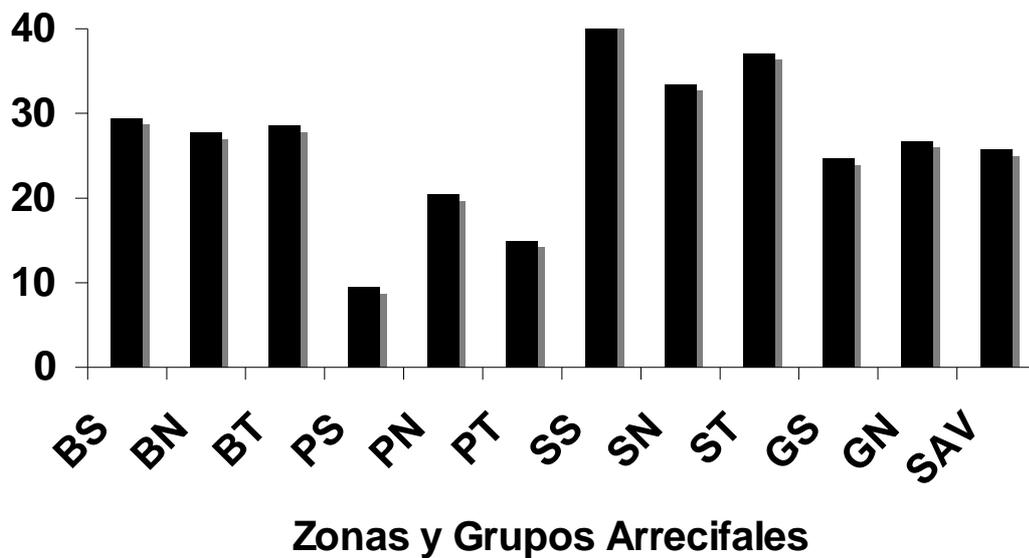


Figura 3.37 Talla promedio (diámetro) en corales hermatípicos en las zonas y grupos arrecifales del SAV.

Al analizar los datos de Talla promedio por arrecife (Figura 3.38), también se nota cierta concordancia con respecto a que los arrecifes con mayor cobertura (Isla Verde y La Blanca, Figura 3.9a) presentan Tallas promedio superiores, luego existe cierta homogeneidad interarrecifal, y el arrecife con menor cobertura (Hornos), también es el que presenta la Talla promedio más baja.

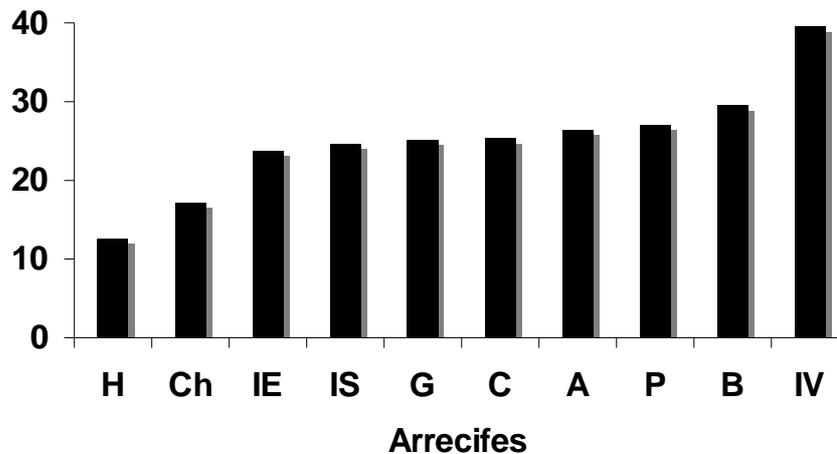


Figura 3.38 Talla promedio (diámetro) en corales hermatípicos en arrecifes del SAV.

La Tabla 3.25 muestra las Tallas promedio por sitio de muestreo. En general, para la mayoría de los arrecifes, las Tallas promedio más grandes se presentan en la zona de Sotavento siguiéndole Barlovento y más abajo la zona de Planicie, respectivamente. Sólo en Pájaros, dónde los corales de Barlovento, y en Isla Verde en Planicie, no se presenta esta tendencia. Es importante señalar que es la Planicie de Isla Verde dónde se observó la talla promedio más grande (52.6 cm), y la más baja en Planicie de Chopas (2.9 cm),

Tabla 3.25

Talla (diámetro promedio) de corales hermatípicos por sitios de muestreo (cm \pm 1 σ)

Sitio	Talla promedio	σ	Sitio	Talla promedio	σ
AB	30.5	37.4	GB	19.4	22.5
AP	9.0	12.4	GP	14.6	25.3
AS	39.9	32.5	GS	41.4	32.6
BB	33.9	30.7	HB	14.5	12.2
BP	25.2	20.8	HP	10.6	10.8
CB	25.0	29.9	ISB	37.9	37.9
CP	6.3	5.6	ISP	5.3	6.8
CS	44.7	33.6	ISS	30.6	29.1
ChB	31.4	30.6	IVB	33.3	27.0
ChP	2.9	1.8	IVP	52.6	40.3
IEB	26.4	23.6	IVS	32.7	24.1
IEP	3.9	2.3	PB	33.4	25.8
IES	41.0	34.4	PP	19.0	15.9
			PS	28.8	32.2

8. Cobertura de gremios algales

Los arrecifes del SAV son formaciones sólidas de roca coralina (esqueletos de coral cementados por arena calcárea), que se levantan sobre la plataforma continental frente a la costa. Por tanto, son promontorios submarinos compuestos casi exclusivamente por materiales biogénicos. El sustrato disponible está conformado en su totalidad por coral vivo y/o los esqueletos de corales muertos, entre los cuales encontramos parches arenosos, formados por fragmentos de la roca coralina erosionada. En el SAV el 19.1% del sustrato está cubierto por coral vivo (ver la sección correspondiente), por lo cual ~80.9% del sustrato (roca coralina) está disponible y ha sido colonizado por otros organismos. Las algas son el grupo más abundante y exitoso que ocupa el sustrato arrecifal. De estas se distinguen tres grupos, o gremios, fundamentales los que son: (1) macroalgas o algas carnosas, las que se caracterizan por tener un talo bien desarrollado, pueden ser Clorofitas, Rodofitas y/o Feofitas; (2) algas calcáreas, son algas del grupo de las Rodofitas (Orden Corallinales), que se caracterizan por presentar un talo enconstante muy calcificado, contribuyen de manera importante a la construcción del arrecife; y (3) algas filamentosas, fácilmente reconocibles por formar un césped algal sobre el sustrato, puede ser Clorofitas, Feofitas y/o Cianofitas. Otro grupos que cubren el sustrato, y que se contabilizan bajo la categoría *Otros*, son esponjas, corales córneos y blandos. Es importante señalar que un ambiente arrecifal sano, teóricamente, presenta una cobertura baja de macroalgas y algas filamentosas, debido al ramoneo intenso de la comunidad de herbívoros, lo que a su vez deja libre el sustrato para la fijación y proliferación de algas calcáreas y corales hermatípicos.

La Tabla 3.26 y Figuras 3.39-3.42, muestran los resultados generales sobre cobertura de gremios algales en el SAV. El grupo con mayor cobertura son las algas filamentosas, con 44%, seguido de las algas calcáreas con 18.3%, y macroalgas con 7.1%. Estos valores, comparados con los registrados para el Atlántico tropical, durante la Campaña AGRRA de 1999 (Kramer 2003), presentan las siguientes diferencias: (1) la cobertura de macroalgas es tres veces inferior, ya que el promedio general en el Atlántico es de 23%, por sólo 7.1%, lo sugiere que el SAV es un ambiente oligotrófico y/o con una tasa de ramoneo muy alta; (2) la cobertura de algas calcáreas del SAV, 18.3%, es casi 40% más baja que en el Atlántico tropical, con presenta un promedio general de 29%, lo que sugiere un ambiente menos propicio para el reclutamiento de corales hermatípicos, ya que se ha demostrado que la presencia de algas calcáreas es necesaria para el asentamiento de una plánula coralina; además esto sugiere una tasa de acreción (crecimiento arrecifal) más baja que en el resto del Atlántico; (3) la cobertura de algas filamentosas del SAV, 44%, es similar a la que se presenta en el Atlántico tropical con un promedio general de 48%, estos valores son representativos de comunidades con índices bajos de ramoneo por parte de la comunidad de herbívoros (peces + erizos).

La proporción de roca coralina desnuda y zonas ocupadas por sedimentos arrecifales son bajas, 7.9% y 12.4% respectivamente, lo sumado representa, que ~20% del sustrato no está ocupado por la biota arrecifal.

Tabla 3.26
Proporción de gremios algales en sustrato arrecifal en las zonas y grupos
arrecifales del SAV

Z/G		Macroalgas	Filamentosas	Calcáreas	Roca			Total
					Coralina	Arena	Otros	
BS	%	17.2	44.7	28.9	4.9	0.7	5.7	102.1
	1 σ	21.4	18.7	26.8	3.0	0.7	2.5	2.8
BN	%	4.2	44.2	29.2	5.7	1.2	16.6	101.0
	1 σ	5.3	15.8	27.8	3.0	1.7	10.3	1.0
BT	%	10.7	44.4	29.1	5.3	0.9	11.1	101.6
	1 σ	16.2	16.3	25.8	2.8	1.2	9.1	2.0
PS	%	7.1	21.2	10.8	15.8	35.4	10.4	100.7
	1 σ	3.2	10.5	7.0	5.0	17.6	6.8	0.8
PN	%	3.4	37.7	9.8	8.6	35.7	5.5	100.8
	1 σ	4.4	13.4	2.3	2.1	13.1	3.5	0.8
PT	%	5.3	29.5	10.3	12.2	35.5	8.0	100.8
	1 σ	4.0	14.2	4.8	5.2	14.4	5.6	0.7
SS	%	7.8	65.0	6.9	4.8	5.3	11.2	100.9
	1 σ	8.2	9.5	2.8	3.2	3.5	3.1	0.7
SN	%	1.2	56.4	16.0	8.2	0.2	18.7	100.6
	1 σ	1.1	12.9	13.9	11.0	0.2	13.0	0.3
ST	%	4.0	60.1	12.1	6.7	2.4	15.5	100.7
	1 σ	6.0	11.6	11.1	8.2	3.4	10.2	0.5
GS	%	11.5	41.9	17.4	8.5	13.4	8.6	101.3
	1 σ	14.4	21.9	19.6	6.4	18.8	4.9	1.9
GN	%	3.0	45.9	19.2	7.4	11.5	13.9	100.8
	1 σ	4.0	15.2	19.5	6.0	18.1	10.7	0.7
SAV	%	7.1	44.0	18.3	7.9	12.4	11.3	101.1
	1 σ	11.0	18.4	19.2	6.1	18.1	8.7	1.4

La Figura 3.29 muestra la cobertura de los gremios algales, en general la proporción es similar en los Grupos Norte y Sur, excepto que el Grupo Sur la cobertura de macroalgas es casi tres veces superior al Grupo Norte, lo que sugiere un aporte más alto de nutrientes, quizás derivados de la descarga del río Jamapa, cuya pluma fluvial, por efecto del sistema de corrientes locales predominantes en el SAV, vira hacia el sur.

La zona de Barlovento (Figura 3.40), se caracteriza por presentar una cobertura mínima de sustrato arenoso (0.9%), así como la mayor cobertura de macroalgas (10.7%) y algas calcáreas (29.1%). Dado que esa zona se caracteriza por presentar alta turbulencia y corrientes más fuertes, la tasa de sedimentación tiende a ser baja, además de que el cambio constante de agua, posiblemente, favorece la entrada de nutrientes, lo que contribuye a elevar la presencia de macroalgas y algas calcáreas.

La zona de Planicie es un área somera, con cambios drásticos de temperatura e irradiancia, y aguas claras de muy baja turbulencia, lo que facilita una tasa de

sedimentación alta que se traduce en parches arenosos extensos, así esta es la zona con mayor cobertura arenosa (35.5%), y baja cobertura algal (Figura 3.41).

En Sotavento, la parte protegida del arrecife (Figura 3.42), con crecimiento coralino activo, presenta la mayor cobertura de algas filamentosas (60.1%), lo que indica una tasa de ramoneo muy baja, pero también la mayor cobertura de invertebrados bentónicos, tanto corales hermatípicos (32.7%, ver sección correspondiente), como de esponjas principalmente (15.5%), lo que evidencia que es el ambiente más propicio para el desarrollo de la comunidad coralina.

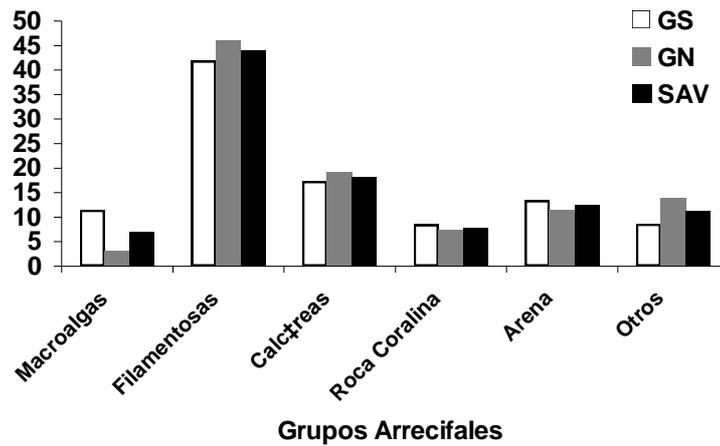


Figura 3.39 Cobertura de gremios algales en los grupos arrecifales del SAV.

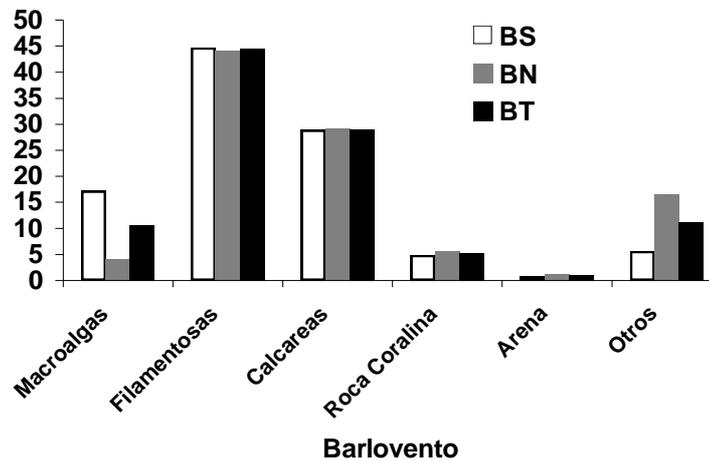


Figura 3.40 Cobertura de gremios algales en la zona de Barlovento del SAV.

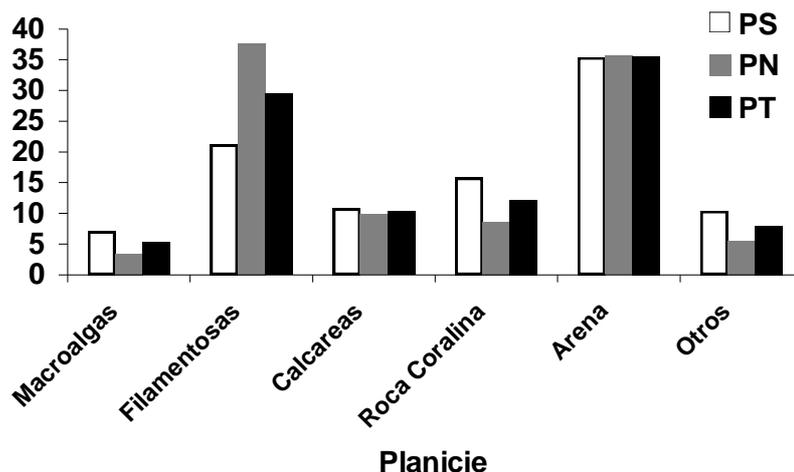


Figura 3.41 Cobertura de gremios algales en la zona de Planicie del SAV.

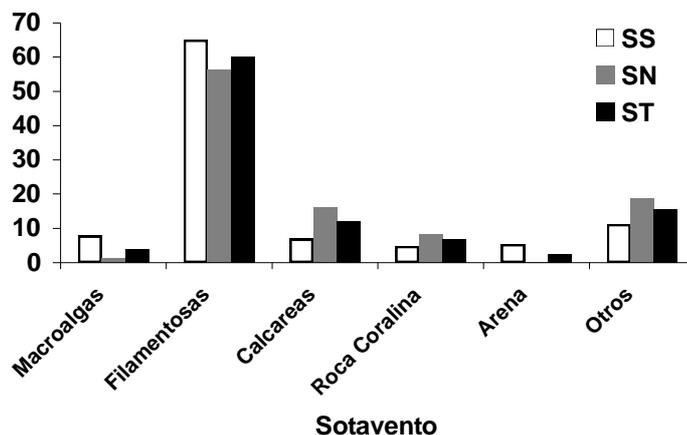


Figura 3.42 Cobertura de gremios algales en la zona de Sotavento del SAV.

La cobertura total de macroalgas para cada arrecife se muestra en la Figura 3.43 (ver Tabla 3.27). Es importante destacar que es precisamente en los arrecifes con aguas más claras y alejados de las zonas urbanas dónde se presenta la mayor cobertura. Es ampliamente conocido que la presencia de nutrientes favorece el crecimiento de las macroalgas, y es posible que en las zonas con aguas más claras, por presentarse una menor cantidad de sólidos en suspensión (seston), la cantidad de nutrientes disueltos en columna de agua sea ligeramente más alta, por no ser utilizados directamente por el plácton. Esta hipótesis se podría ver apoyada por el hecho de que en el arrecife con mayor influencia de la descarga fluvial del Jamapa, que es La Blanca, resulta ser el que menor cobertura de macroalgas presentó.

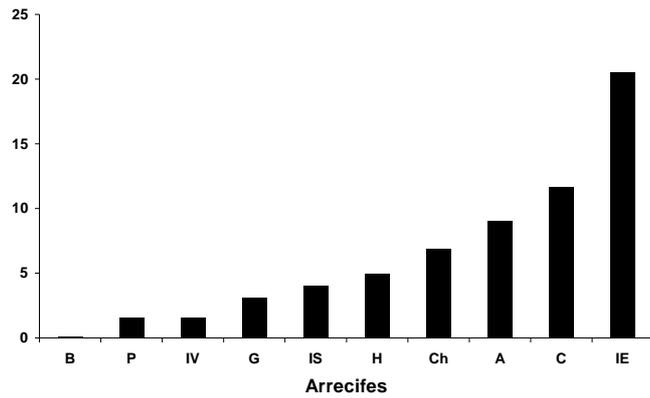


Figura 3.43 Cobertura de Macroalgas en los arrecifes del SAV.

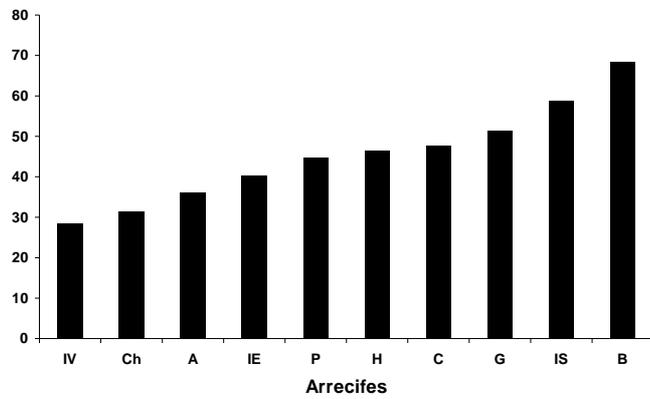


Figura 3.44 Cobertura de Algas Filamentosas en los arrecifes del SAV.

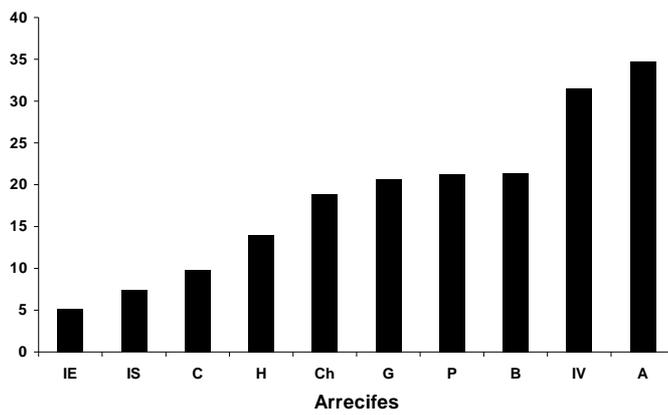


Figura 3.45 Cobertura de Algas Calcáreas en los arrecifes del SAV.

Por lo que se refiere a la cobertura general que presentan las Algas Filamentosas para cada arrecife (Figura 3.44), se puede apreciar que son los arrecifes La Blanca e Isla de Sacrificios, lo que presentan coberturas >50%, zonas con un alto contenido sólidos en suspensión. Los demás están cerca del promedio general, excepto Isla Verde y Chopas, que presentan las coberturas más bajas.

En el caso de las Algas Calcáreas (Figura 3.45), destacan los arrecifes Anegada de Afuera e Isla Verde, por su mayor cobertura (>30%). Sin embargo, no existe un patrón de distribución de cobertura que se relacione directamente con la variabilidad propia del SAV.

Las Tablas 3.28 y 3.29, muestran la cobertura de los gremios algales para cada sitio de muestreo.

Tabla 3.27
Proporción de gremios algales en sustrato arrecifal en los arrecifes del SAV

Arr		Macroalgas	Filamentosas	Calcáreas	Roca Coralina	Arena	Otros	Total
A	%	9.1	36.1	34.7	9.1	8.7	4.8	102.6
	1 σ	7.2	18.5	33.8	10.9	8.3	2.7	3.9
B	%	0.1	68.2	21.4	4.1	0.2	7.2	101.2
	1 σ	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
C	%	11.6	47.7	9.8	7.5	10.0	13.8	100.5
	1 σ	6.8	20.0	4.5	3.4	13.6	5.3	0.3
Ch	%	6.9	31.3	18.9	10.8	28.5	5.0	101.5
	1 σ	1.5	24.4	18.0	1.7	38.6	1.1	0.5
IE	%	20.5	40.3	5.1	8.8	16.0	10.1	100.9
	1 σ	28.7	32.0	2.3	8.6	23.9	3.7	0.7
G	%	3.1	51.4	20.7	8.1	7.8	9.4	100.4
	1 σ	4.4	4.8	13.3	4.5	13.2	7.2	0.3
H	%	4.9	46.3	14.0	5.6	18.6	12.2	101.6
	1 σ	6.7	20.7	7.0	2.9	20.6	2.6	0.2
IS	%	4.0	58.7	7.4	4.0	11.3	15.6	101.0
	1 σ	6.5	12.4	4.6	2.2	18.4	12.8	0.6
IV	%	1.6	28.4	31.6	12.4	18.0	8.2	100.2
	1 σ	1.5	11.4	36.1	10.9	31.2	11.2	0.1
P	%	1.6	44.7	21.2	5.5	0.4	28.1	101.5
	1 σ	1.7	14.4	24.1	3.6	0.0	10.3	1.3

Tabla 3.28
Proporción de gremios algales en sustrato arrecifal en los sitios de muestreo del
Grupo Sur del SAV

Sitio		Macroalgas	Filamentosas	Calcareas	Roca Coralina	Arena	Otros	Total
AB	%	7.6	18.8	73.3	4.7	0.2	2.4	107.0
	1 σ	13.6	15.8	26.0	9.6	1.4	7.7	1.4
AP	%	2.8	33.9	21.1	21.6	16.7	4.3	100.4
	1 σ	6.9	24.9	15.6	17.5	13.7	5.8	1.4
AS	%	16.9	55.6	9.8	1.1	9.2	7.6	100.2
	1 σ	14.8	25.4	14.9	3.4	17.7	10.3	1.5
BB	%	0.1	68.2	21.4	4.1	0.2	7.2	101.2
	1 σ	1.0	17.3	13.4	3.5	0.9	10.2	2.4
CB	%	19.0	52.7	14.9	4.7	0.5	8.7	100.4
	1 σ	15.6	20.5	9.8	8.6	2.1	11.2	2.1
CP	%	10.4	25.7	8.1	11.3	25.6	19.3	100.2
	1 σ	8.6	16.5	5.6	10.0	14.7	14.4	1.4
CS	%	5.6	64.8	6.4	6.4	4.1	13.5	100.8
	1 σ	9.4	20.5	6.7	8.6	9.3	14.4	2.0
ChB	%	5.8	48.6	31.6	9.6	1.2	4.2	101.1
	1 σ	14.6	18.1	14.1	8.2	3.2	5.7	2.5
ChP	%	8.0	14.1	6.2	12.1	55.7	5.9	101.9
	1 σ	13.7	16.1	6.2	17.3	30.0	7.9	5.6
IEB	%	53.5	35.1	3.3	1.4	1.7	5.8	100.8
	1 σ	22.6	23.3	3.4	2.5	2.7	9.6	2.0
IEP	%	7.2	11.2	7.7	18.3	43.6	12.1	100.2
	1 σ	9.3	6.1	7.2	16.3	21.2	12.0	0.9
IES	%	0.9	74.6	4.4	6.8	2.7	12.4	101.7
	1 σ	2.5	24.0	4.3	9.7	4.5	14.4	3.0

Tabla 3.29
Proporción de gremios algales en sustrato arrecifal en los sitios de muestreo del
Grupo Norte del SAV

Sitio		Macroalgas	Filamentosas	Calcáreas	Roca Coralina	Arena	Otros	Total
GB	%	8.1	51.7	13.0	9.7	0.0	17.7	100.3
	1 σ	6.9	22.6	8.4	12.2	0.0	13.6	1.7
GP	%	0.7	46.4	13.0	11.5	23.0	5.6	100.1
	1 σ	2.2	22.2	11.5	12.2	20.2	5.7	1.0
GS	%	0.5	56.0	36.1	3.0	0.3	4.8	100.7
	1 σ	1.5	17.4	18.1	3.7	1.2	7.7	2.2
HB	%	0.2	60.9	19.0	3.6	4.0	14.1	101.7
	1 σ	1.0	18.5	12.2	4.3	6.2	12.6	2.9
HP	%	9.7	31.6	9.0	7.6	33.2	10.3	101.4
	1 σ	17.4	21.4	7.6	13.4	24.5	13.5	4.9
ISB	%	11.6	52.1	2.6	3.4	1.3	29.4	100.4
	1 σ	9.5	26.7	3.5	4.9	2.2	24.7	1.4
ISP	%	0.1	51.0	7.5	6.5	32.6	4.0	101.6
	1 σ	0.8	23.5	8.8	10.1	25.3	7.3	3.3
ISS	%	0.4	73.0	11.9	2.1	0.0	13.5	101.0
	1 σ	1.6	15.1	10.0	3.2	0.4	13.0	2.7
IVB	%	0.5	21.7	73.2	3.6	0.1	1.2	100.4
	1 σ	1.6	10.6	12.0	3.4	0.7	4.2	1.3
IVP	%	3.3	21.9	9.7	8.9	54.0	2.3	100.2
	1 σ	5.5	17.9	8.8	9.5	24.9	4.4	1.1
IVS	%	1.1	41.6	11.7	24.7	0.0	21.2	100.2
	1 σ	5.1	28.7	7.7	17.9	0.0	16.5	1.2
PB	%	0.4	34.5	38.3	8.1	0.4	20.8	102.4
	1 σ	1.7	27.5	23.3	8.4	1.3	24.1	3.4
PS	%	2.7	54.9	4.2	3.0	0.3	35.4	100.6
	1 σ	5.9	22.5	4.9	4.8	1.3	22.0	2.0

9. Densidad de herbívoros: Erizos (Echinodermata, Echinoidea).

En un ambiente arrecifal sano el papel que juega la comunidad de herbívoros es fundamental para impedir un sobrecrecimiento de las especies algales (filamentosas y carnosas) sobre los corales. Aún bajo condiciones oligotróficas (concentraciones bajas de nutrientes en columna de agua), las algas pueden convertirse en especies dominantes, en términos de biomasa y cobertura, si la comunidad de herbívoros sufre una disminución, ya sea por sobrepesca, en el caso de los peces, o por eventos de mortalidad masiva, como sucedió con las poblaciones del erizo *Diadema antillarum* en el Atlántico tropical durante la década de 1980s. Así, se espera que en una comunidad arrecifal sana, haya poblaciones abundantes de herbívoros, en especial erizos. En el SAV, las especies de erizos que cumplen esta función son *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis* y *Diadema antillarum*, por lo cual se evaluó la densidad de estas especie en cada sitio. *E. lucunter* y *E. viridis* se reportan en conjunto, sin distinción específica, solamente como *Echinometra*.

La Tabla 3.30 y la Figura 3.46 muestran los resultados de densidad de erizos, y proporción de especies, para cada zona, grupo y por arrecife. El promedio general de erizos en el SAV es de 2.5 Ind/m², siendo ligeramente más alto en el Grupo Norte con 2.8 Ind/m² que en el Grupo Sur 2.1 Ind/m². Del total el 88% corresponde a erizos del género *Echinometra*, y el restante 12% a *Diadema antillarum*. Durante la Campaña AGRRA de 1999, sólo se consideró la cuantificación de *D. antillarum*, con un promedio general para el Atlántico tropical de 0.25 Ind/m² (Kramer 2003). Considerando los valores promedio, en el SAV, se registra un comunidad 10 veces mayor (un grado de magnitud) de herbívoros (erizos). Horta-Puga (2003) reportó una densidad de 0.63 Ind/m² de *Echinometra* para el SAV en la zona de Barlovento del Grupo Norte, la que comparada con el registro de 1.6 Ind/m² en la misma área en el presente estudio, significa que la comunidad de erizos se está recuperando, con densidades mayores en 2006-2007, con respecto a 1999. Adicionalmente se calculó, de acuerdo a la proporción del total que corresponde a *D. antillarum*, su densidad, la cuál es de 0.3 Ind/m², la que, por tanto, resulta ligeramente más alta que el promedio, por lo cual, se puede considerar que estos datos indican una recuperación lenta de esta importante especie herbívora en el SAV. Existe una diferencia muy importante en la densidad entre la zona de Planicie (5.1 Ind/m²), con respecto a las zonas de Barlovento (1.0 Ind/m²) y Sotavento (0.5 Ind/m²). Además, en términos generales, las zonas de Planicie y Barlovento del Grupo Norte, presentan una mayor densidad que las del Grupo Sur; en el caso de Sotavento no hay diferencia. La proporción entre *Echinometra* y *D. antillarum* (8-9:1) se mantiene en general en todo el SAV, excepto en Sotavento, dónde *Echinometra* prepondera aún más.

La Figura 3.47 muestra la densidad por arrecife, Hornos (6.7 Ind/m²), Anegada (5.5 Ind/m²) e Isla de Sacrificios (4.4 Ind/m²) presentan los valores más altos, en cambio Chopas (0.8 Ind/m²), Cabezo (0.8 Ind/m²) y Pájaros (0.9 Ind/m²) los más bajos. Dada la ubicación de cada arrecife, no se puede discernir un patrón de distribución, según la posición de cada arrecife. La Tabla 3.31 muestra los valores de densidad y proporción de erizos por sitio de muestreo. La tendencia general es a presentarse una mayor densidad en Planicie, y una mayor proporción de *Echinometra* (>7:3) en todos los sitios de muestreo.

Tabla 3.30
Densidad (Ind/m²) y proporción de especies de erizos (%) por zona y grupo arrecifal, y por arrecife en el SAV

Z/G	Densidad				A	Densidad			
	Ind/m ²		spp.			Ind/m ²		spp.	
	1σ	%	Ech	Dia		1σ	%	Ech	Dia
BS	0.4	0.2	88	12	A	5.5	8.5	87	13
BN	1.6	2.4	88	12	B	2.1	2.2	88	12
BT	1.0	1.7	88	12	C	0.8	0.9	92	8
PS	4.8	6.0	81	19	Ch	0.8	0.4	81	19
PN	5.5	4.7	81	19	IE	1.0	1.1	80	20
PT	5.1	5.1	81	19	G	1.2	1.4	89	11
SS	0.5	0.4	95	5	H	6.7	1.2	97	4
SN	0.5	0.2	100	0	IS	4.4	7.1	69	31
ST	0.5	0.2	98	2	IV	1.6	2.0	98	2
GS	2.1	4.1	86	14	P	0.9	0.2	100	0
GN	2.8	3.8	89	11					
SAV	2.5	3.9	88	12					

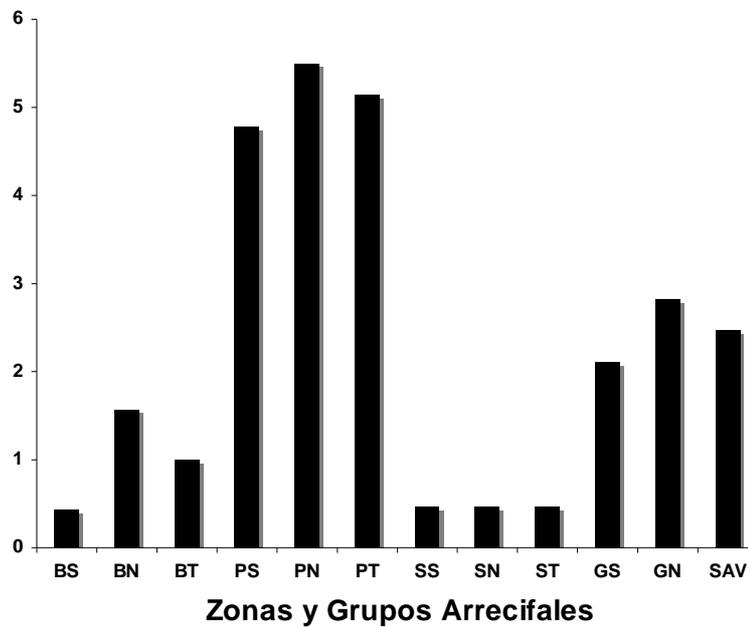


Figura 3.46 Densidad de erizos por zona y grupo arrecifal en el SAV

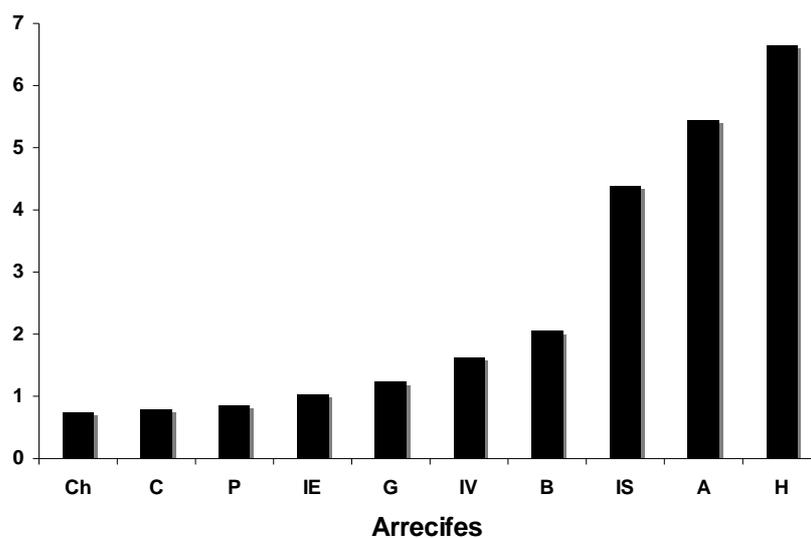


Figura 3.47 Densidad de erizos por arrecife en el SAV

Tabla 3.31
Densidad (Ind/m²) y proporción de especies de erizos (%) por sitio de muestreo en el SAV

Sitio	Densidad		spp.		Sitio	Densidad		spp.	
	Ind/m ²	1σ	Ech %	Dia %		Ind/m ²	1σ	Ech %	Dia %
AB	0.6	0.5	83	17	GB	0.3	0.4	68	32
AP	15.3	6.9	100	0	GP	2.8	2.1	99	1
AS	0.5	0.1	78	22	GS	0.6	0.4	100	0
BB	0.5	0.8	78	22	HB	5.8	3.3	93	7
BP	3.6	1.7	99	1	HP	7.5	5.8	100	0
CB	0.5	0.5	77	23	ISB	0.1	0.1	13	88
CP	1.8	2.5	100	0	ISP	12.6	6.0	100	0
CS	0.1	0.3	100	0	ISS	0.5	0.4	94	6
ChB	0.5	0.3	97	3	IVB	0.7	0.7	93	7
ChP	1.0	1.3	64	36	IVP	3.9	5.6	100	0
IEB	0.1	0.3	70	30	IVS	0.3	0.5	100	0
IEP	2.2	1.8	100	0	PB	1.0	1.2	100	0
IES	0.8	0.8	71	29	PP	0.7	0.6	100	0

10. Reclutamiento coralino

En un ambiente arrecifal saludable, el cual puede presentar una cobertura prácticamente total del sustrato, quedan pocos espacios disponibles para el asentamiento de nuevos individuos o reclutas. Diversos factores ambientales pueden influir para crear áreas libres en el arrecife susceptibles de ser colonizadas, las que tienden a ser ocupadas por las especies de crecimiento rápido como son las algas filamentosas, que con el tiempo son desplazadas por especies de crecimiento lento, pero más resistentes como son las algas calcáreas, y éstas a su vez favorecen el asentamiento de las plánulas coralinas que finalmente forman una nueva colonia. Para efectos prácticos se considera como recluta cualquier colonia coralina de ≤ 2 cm de diámetro. Considerando que en un ambiente arrecifal impactado, existe sustrato disponible, las posibilidades de recuperación dependen una tasa de reclutamiento alta. En el presente trabajo se considera la densidad (reclutas/m²) como un estimador confiable que nos permite determinar la condición del ecosistema y su capacidad de recolonización coralina.

La densidad promedio de reclutas en el SAV es de 2.6 reclutas/m² (Tabla 3.32, Figura 3.48). Este valor promedio es bajo cuando se le compara con el promedio general para el Atlántico tropical de ~ 3.8 reclutas/m² (3.3 reclutas/m² en zonas someras y 4.4 reclutas/m² en zonas profundas) (Kramer 2003), sin embargo es más alto que el registrado en 1999 para la zona de Barlovento del Grupo Norte del SAV de ~ 1.8 reclutas/m² (Horta-Puga 2003), lo que sugiere o da indicios de una mayor posibilidad de recuperación del SAV. Es importante destacar que la densidad de reclutas es casi el doble en el Grupo Sur (~ 3.4 reclutas/m²) de la que se estimó para el Grupo Norte (~ 1.8 reclutas/m²). Analizando la información por zonas, la densidad de reclutamiento es mayor en la zona de Planicie (~ 4.1 reclutas/m²), seguida de Sotavento (~ 2.2 reclutas/m²) y luego Barlovento (~ 1.6 reclutas/m²). En general la densidad de reclutamiento es mayor en el Grupo Sur, excepto para Sotavento, lo que sugiere condiciones más propicias para el desarrollo y recuperación arrecifal (ver secciones sobre cobertura y mortalidad parcial).

No resulta sorprendente que la densidad de reclutamiento más baja registrada sea la del arrecife Hornos (~ 0.8 reclutas/m²), por su cercanía a la costa, sin embargo Isla de Sacrificios presenta la misma densidad promedio (Figura 3.49), y es un arrecife que ha estado cerrado durante los últimos 25 años a la actividad turística lo que indica que su capacidad de recuperación no es alta. En cambio en Chopas, y a pesar de encontrarse cerca de la desembocadura del río Jamapa, presenta la densidad más alta (~ 10.1 reclutas/m²), lo que sugiere que las aguas turbias no son un obstáculo para el reclutamiento coralino.

La Tabla 3.33 presenta los datos de densidad por sitio de muestreo, en general en casi todos los arrecifes se sigue la tendencia de mayor densidad en Planicie, luego en Sotavento, y por último en Barlovento.

Tabla 3.32
Densidad de reclutas coralinos en el SAV

Zona/Grupo	Densidad		Arrecife	Densidad	
	Reclutas/m ²	1σ		Reclutas/m ²	1σ
BS	2.0	2.4	A	2.6	3.0
BN	1.2	1.5	B	4.0	
BT	1.6	1.9	C	1.9	1.8
PS	6.7	5.7	Ch	10.1	7.0
PN	1.6	1.6	IE	1.1	0.9
PT	4.1	4.8	G	1.2	0.4
SS	1.4	0.3	H	0.8	0.2
SN	2.8	1.2	IS	0.8	0.9
ST	2.2	1.1	IV	2.6	2.1
GS	3.4	4.1	P	3.8	0.1
GN	1.8	1.5			
SAV	2.6	3.1			

Tabla 3.33
Densidad de reclutas coralinos por sitio de muestreo en el SAV

Sitio	Densidad	Sitio	Densidad
	Reclutas/m ²		Reclutas/m ²
AB	0.2	GB	0.8
AP	5.9	GP	1.3
AS	1.6	GS	1.6
BB	4.0	HB	0.9
CB	0.3	HP	0.6
CP	3.9	ISB	0.3
CS	1.6	ISP	0.3
CHB	5.2	ISS	1.9
CHP	15.0	IVB	0.2
IEB	0.3	IVP	3.9
IEP	2.1	IVS	3.7
IES	1.0	PB	3.7
		PS	3.8

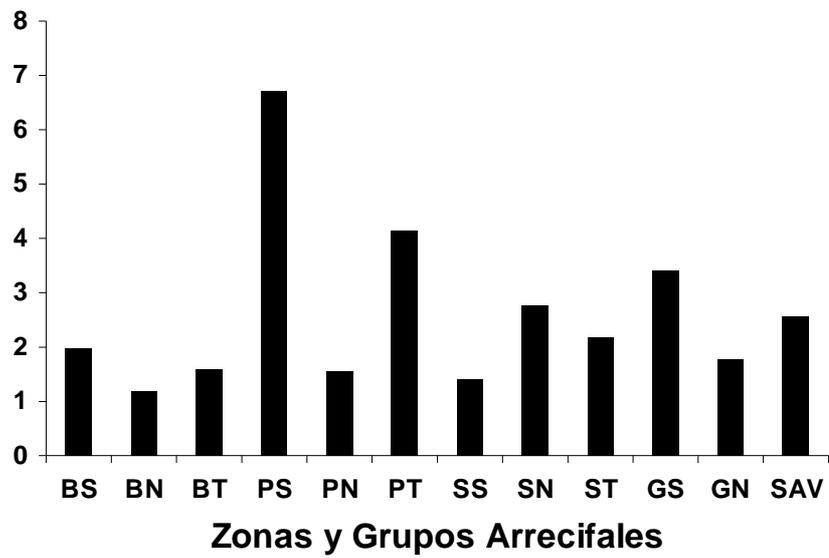


Figura 3.48 Densidad de Reclutas Coralinos por grupo y zona arrecifal en el SAV

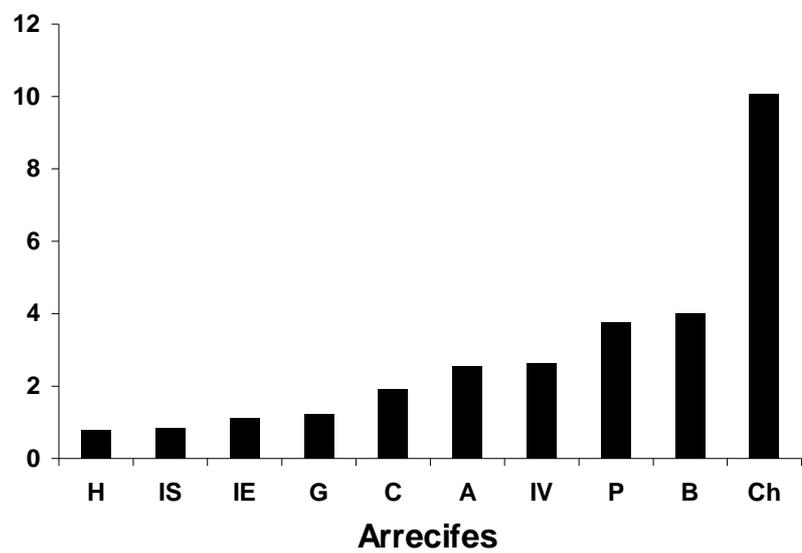


Figura 3.49 Densidad de Reclutas Coralinos por arrecife en el SAV

Los corales del género *Siderastrea* fueron, con mucho, los que mayor número de reclutas registraron en el SAV, con un 51.9% del total (Tabla 3.34, Figuras 3.50). *Agaricia* también fue muy abundante (26.6%), y más atrás *Porites* (7.8%). La abundancia relativa conjunta de *Siderastrea* (*S. siderea* + *S. radians*) es del ~34% (ver sección sobre abundancia relativa), por lo cual no es raro que también sea el grupo de corales con mayor número de reclutas. En cambio la abundancia conjunta de todas las especies del género *Agaricia* (*A. agaricites* + *A. fragilis* + *A. humilis* + *A. lamarcki*) en el SAV es < 3%, lo que contrasta con su abundancia como recluta, lo cual sugiere una tasa alta de mortalidad de este grupo de corales. Es importante señalar que corales que son abundantes (>10%) en estado adulto, como son *Colpophyllia*, *Montastrea* y *Diploria*, presenten densidades de reclutamiento muy bajas, lo que sugiere tasas bajas de mortalidad. Las demás especies presentan densidades de reclutamiento que van acorde con su abundancia en estado adulto.

Tabla 3.34
Abundancia relativa de reclutas coralinos por zona y grupo arrecifal en el SAV (%)

spp	BS	BN	BT	PS	PN	PT	SS	SN	ST	GS	GN	SA V
<i>Acropora</i>		7.1	2.4								1.6	0.5
<i>Agaricia</i>	56.6	19.0	44.0	17.6		13.5	65.0	27.6	38.4	30.6	18.4	26.6
<i>Colpophyllia</i>	8.4	4.8	7.2		3.7	0.8	5.0	5.1	5.1	2.3	3.7	2.7
<i>Diploria</i>	1.2		0.8	0.4		0.3				0.5		0.3
<i>Madracis</i>	4.8		3.2				5.0	13.3	10.9	1.5	6.8	3.2
<i>Millepora</i>		2.4	0.8				2.5		0.7	0.3	0.5	0.3
<i>Montastrea</i>	2.4		1.6				5.0		1.4	1.0		0.7
<i>Oculina</i>	4.8	33.3	14.4		2.4	0.6		8.2	5.8	1.0	11.6	4.4
<i>Porites</i>	6.0	2.4	4.8	12.1	2.4	9.9	5.0	3.1	3.6	10.1	3.2	7.8
<i>Siderastrea</i>	15.7	31.0	20.8	70.0	87.8	74.1	7.5	36.7	28.3	52.3	51.1	51.9
<i>Stephanocoeni</i> <i>a</i>					3.7	0.8	5.0	6.1	5.8	0.5	3.2	1.4

Tabla 3.35
Abundancia relativa de reclutas coralinos por arrecife en el SAV (%)

spp	A	B	C	Ch	IE	G	H	IE	IV	P
<i>Acropora</i>										5.7
<i>Agaricia</i>	18.7	35.7	87.9	16.8	19.4		6.7	8.7	36.2	13.2
<i>Colpophyllia</i>	1.3	7.1		2.6	3.2	3.3			4.3	5.7
<i>Diploria</i>			1.5	0.5						
<i>Madracis</i>		10.7	1.5	0.5	3.2			34.8	7.2	
<i>Millepora</i>	1.3									1.9
<i>Montastrea</i>		3.6	1.5	0.5	3.2					
<i>Oculina</i>		7.1			6.5	33.3	26.7	13.0		9.4
<i>Porites</i>	44.0		1.5	2.6	3.2	3.3	6.7		4.3	1.9
<i>Siderastrea</i>	34.7	35.7	3.0	76.5	61.3	50.0	60.0	43.5	47.8	56.6
<i>Stephanocoenia</i>			3.0			10.0				5.7

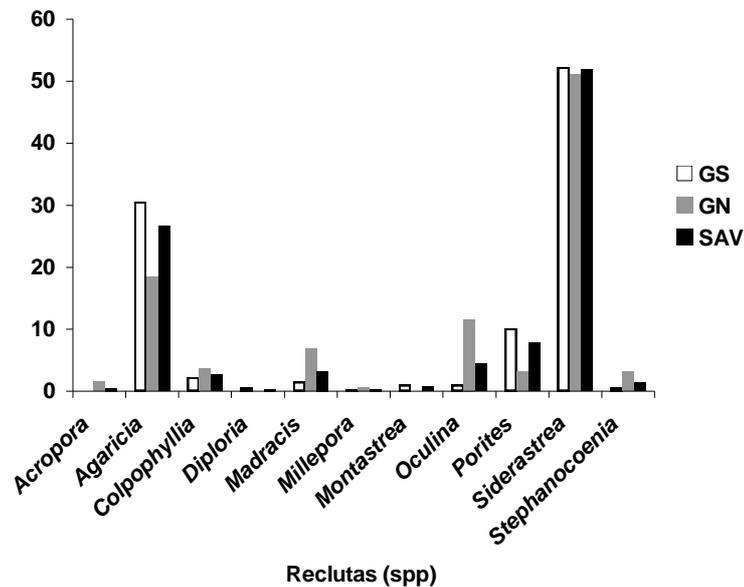


Figura 3.50 Abundancia Relativa de Reclutas Coralinos por Grupo Arrecifal en el SAV

Las Figuras 3.51-3.53 la proporción de reclutas por género para cada zona arrecifal. En la zona de Barlovento *Agaricia* es la más abundante, sobre todo en el Grupo Sur, y en el Grupo Norte es notable la abundancia de *Oculina*. En la zona de Planicie *Siderastrea* domina totalmente el escenario con >70% del total. En Sotavento también *Agaricia* se presenta como dominante (38%), en segundo lugar queda *Siderastrea*, y en tercero no muy atrás *Madracis*.

Los datos de densidad de reclutas por arrecife (Tabla 3.35) siguen la pauta de dominancia de *Siderastrea* sobre los demás corales, excepto en Cabezo con *Agaricia* que representa una alta proporción de los reclutas (87%), y en Anegada donde *Porites* es más abundante.

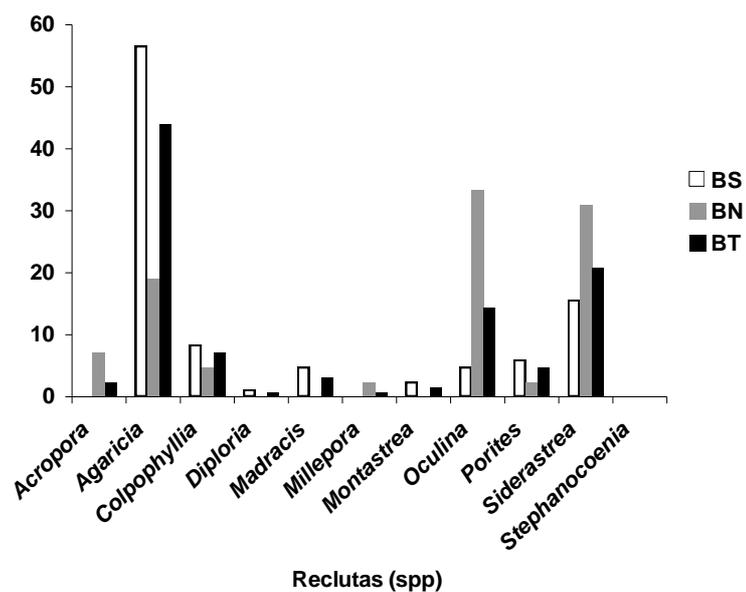


Figura 3.51 Abundancia Relativa de Reclutas Coralinos en la zona de Barlovento en el SAV

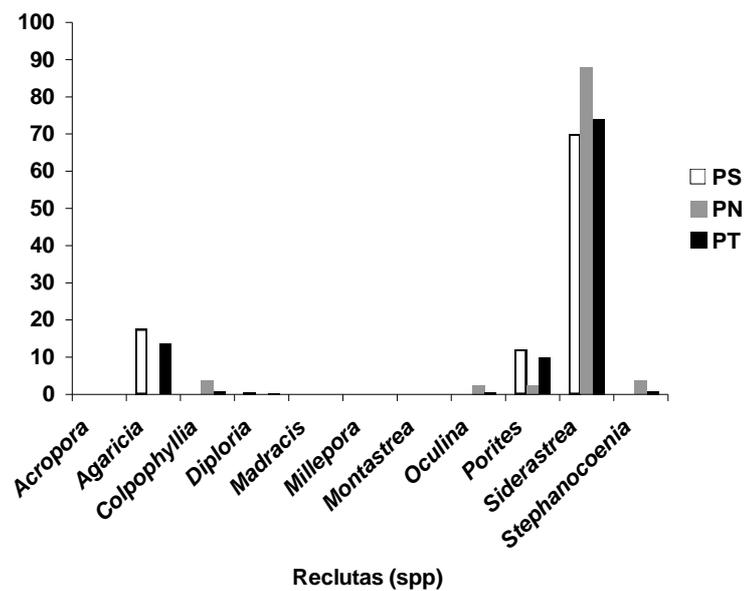


Figura 3.52 Abundancia Relativa de Reclutas Coralinos en la zona de Planicie en el SAV

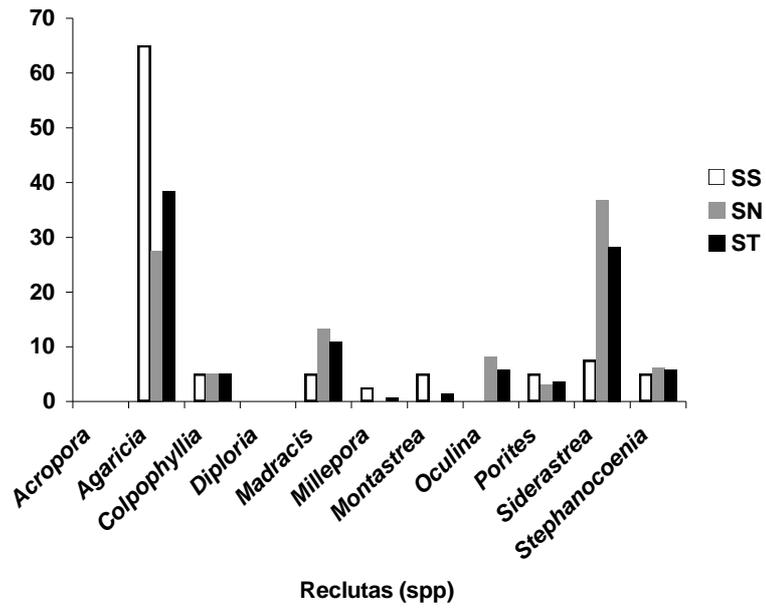


Figura 3.53 Abundancia Relativa de Reclutas Coralinos en la zona de Sotavento en el SAV

11. Físicoquímica de la Columna de Agua

Los resultados generales obtenidos de las tres campañas de muestreo que se llevaron a cabo para la determinación de parámetros físicoquímicos se presentan en la Tabla 3.36, y los promedios generales de cada parámetro en la Tabla 3.37. Los valores que se presentan son lo que se pueden considerar normales en zonas costeras influenciadas por descarga fluvial, como es una reducción en visibilidad (<10 m), salinidad (<34 ups), y un aumento en el contenido de sólidos suspendidos (>0.1 mg/l). Los niveles altos de grasas y aceites (4.1 mg/l) son un reflejo de la influencia de la actividad humana que se desarrolla en la zona urbana de Veracruz, así como de las actividades pesqueras y portuarias y del impacto ambiental en área continental adyacente que deriva en el vertido de desechos que llegan a la zona costera a través de la descarga fluvial del río Jamapa.

En general los valores de metales pesados disueltos son no detectables ([Cu] <30 $\mu\text{g/l}$; [Fe] <20 $\mu\text{g/l}$), lo que es previsible por el alto contenido de sólidos suspendidos, cuyas partículas pueden adsorber sobre su superficie estos elementos, además de que la concentración promedio en agua oceánica es: Fe = 1 nmol/kg ≈ 0.05 $\mu\text{g/l}$, Cu = 4 nmol/kg ≈ 0.2 $\mu\text{g/l}$, lo que indica que no existe un riesgo de contaminación por estos elementos en el SAV.

Los valores de nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3), casi todos fueron no detectables (NO_2 <0.05 mg/l ≈ 1.1 $\mu\text{mol/l}$; NO_3 <0.1 mg/l ≈ 1.6 $\mu\text{mol/l}$), lo que indica que sus concentraciones en columna de agua, no llegan a niveles que representen un riesgo de eutrofia para la comunidad coralina.

En el caso del PO_4 (límite de detección = 0.01 mg/l ≈ 0.1 $\mu\text{mol/l}$), se presentaron algunos valores altos, el más alto corresponde a una muestra del arrecife La Blanca de 1.7 mg/l (≈ 18 $\mu\text{mol/l}$), que es dos ordenes de magnitud más alto a lo que se espera en aguas superficiales oceánicas (~ 0.1 - 0.2 $\mu\text{mol/l}$), así como varios valores puntuales que oscilan de 0.05 - 0.2 mg/l (≈ 0.5 - 2.1 $\mu\text{mol/l}$), que son valores esperados en aguas profundas oceánicas. El promedio general para el SAV es de 0.1 mg/l, lo que en términos generales significa concentraciones bajas en el SAV, el promedio más alto para el Grupo Sur de 0.2 mg/l, es un reflejo de la influencia de la descarga del Jamapa que drena sus aguas directamente a esa zona. Aunque los valores no se pueden considerar altos, se sugiere hacer un monitoreo constante de este importante parámetro, para evitar situaciones de riesgo.

En cuanto a sólidos suspendidos, los altos valores (>1 mg/l) son una clara indicación de un ambiente de sedimentación terrígena causado por la descarga de numerosos ríos como son La Antigua y el Papaloapan, pero de manera importantísima el Jamapa. Como era de esperarse los valores son más elevados en el Grupo Sur (12.8 mg/l), ya que la pluma fluvial del Jamapa se desvía hacia el sur durante casi todo el año por efecto de las corrientes costeras locales superficiales que tienen esa componente durante la mayor parte del año. Lo mismo sucede con el contenido de grasas y aceites, y es interesante notar los valores muy altos en la estación ubicada frente a la desembocadura del Jamapa, pero en general altos en todo el SAV, lo que indica la influencia de uso de combustibles y aceites en embarcaciones.

Tabla 3.36
Datos de parámetros fisicoquímicos en los arrecifes del SAV

SITIO	Fecha	Vis	S	O₂	T	NO₂	NO₃	PO₄	NH₄L	NH₄T	Cu	Fe	SS	GyA
		m	UPS	mg/l	C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
A	29/3/07	10.0	34.0	8.4	26.0	0.0	0.0	0.10	0.00	0.00	0.0	0.0	1.9	0.4
B	29/3/07	7.0	32.5	6.8	26.4	0.1	0.0	1.70	0.02	0.02	0.0	0.0	32.8	4.4
C	29/3/07	12.0	33.2	7.3	26.1	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	2.1	3.2
Ch	29/3/07	6.5	32.7	6.5	26.1	0.0	0.0	0.00	0.00	0.10	0.0	0.0	0.7	3.3
IE	29/3/07	8.5	31.8	7.0	26.3	0.0	0.0	0.05	0.02	0.00	0.0	0.0	2.1	3.0
G	29/3/07	3.5	31.5	7.3	26.6	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	2.3	0.8
H	29/3/07	4.5	33.2	8.3	28.3	0.0	0.0	0.10	0.00	0.00	0.0	0.0	6.6	3.1
IS	29/3/07	2.5	33.1	7.5	26.3	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	2.7	3.3
IV	29/3/07	7.5	32.0	7.4	26.8	0.0	0.0	0.05	0.00	0.02	0.0	0.0	2.1	7.8
P	29/3/07	7.5	31.2	7.5	26.7	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	2.2	11.4
DRJ	29/3/07	3.5	32.5	8.9	27.0	0.0	0.0	0.10	0.02	0.00	0.0	0.0	2.7	147.5
A	6/7/07	7.6	35.8	7.4	28.5	0.0	0.0	0.05	0.00	0.00	0.0	0.0	3.4	3.5
B	6/7/07	2.2	31.8	12.1	30.6	0.0	0.0	0.10	0.00	0.10	0.0	0.0	1.1	1.1
C	6/7/07	4.9	35.1	4.4	28.5	0.0	0.2	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	1.7	1.7
Ch	6/7/07	4.4	34.4	6.4	29.5	0.0	0.0	0.10	0.00	0.00	0.0	0.0	1.0	1.0
IE	6/7/07	6.6	34.5	7.6	29.5	0.0	0.0	0.20	0.00	0.00	0.0	0.0	1.9	1.9
G	6/7/07	3.0	35.7	8.5	29.9	0.0	0.0	0.05	0.00	0.00	0.0	0.0	1.1	1.1
H	6/7/07	6.0	35.4	5.6	30.7	0.0	0.0	0.05	0.00	0.02	0.0	0.0	0.6	0.6
IS	6/7/07	7.4	35.3	6.7	29.6	0.0	0.0	0.05	0.00	0.00	0.0	0.0	0.9	0.9
IV	6/7/07	6.6	35.6	9.6	30.9	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	3.4	3.5
P	6/7/07	3.5	35.2	7.5	30.0	0.0	0.0	0.05	0.00	0.02	0.0	0.0	1.7	1.7
DRJ	6/7/07	2.0	34.6	8.1	29.7	0.0	2.0	1.50	0.00	0.02	0.0	0.0	6.5	6.3
A	26/9/07	10.0	35.9	5.3	29.7	0.0	0.0	0.10	0.02	0.02	0.0	0.0	22.5	0.1
B	26/9/07	3.9	33.9	6.5	31.1	0.0	0.0	0.20	0.00	0.02	0.0	0.0	32.1	19.0
C	26/9/07	10.0	35.1	6.0	29.9	0.0	0.0	0.00	0.00	0.10	0.0	0.0	32.0	1.4
Ch	26/9/07	4.9	34.8	5.8	30.1	0.0	0.0	0.05	0.00	0.00	0.0	0.0	24.0	16.3
IE	26/9/07	5.1	33.1	6.3	30.3	0.0	0.0	0.05	0.00	0.02	0.0	0.0	32.9	7.0
DRJ	26/9/07	3.9	34.6	5.7	31.1	0.0	0.0	0.10	0.00	0.00	0.0	0.0	21.1	36.0

Tabla 3.37
Promedios generales de datos de parámetros fisicoquímicos del SAV

SITIO	Vis	S	O ₂	T	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄ L	NH ₄ T	Cu	Fe	SS	GyA
	m	UPS	mg/l	C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DRJ	3.1	33.9	7.6	29.3	0.0	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	63.2
1σ	1.0	1.2	1.6	2.1	0.0	1.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	74.4
GS	6.9	33.9	6.9	28.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	4.5
1σ	2.8	1.3	1.7	1.9	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	5.6
GN	5.2	33.8	7.6	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	3.4
1σ	2.0	1.8	1.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	3.5
SAV	6.2	33.9	7.2	28.6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	4.1
1σ	2.6	1.5	1.5	1.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	4.8

Tabla 3.38

Promedios generales de datos de parámetros fisicoquímicos para la 1ra campaña de muestreo del SAV

SITIO	Vis	S	O ₂	T	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄ L	NH ₄ T	Cu	Fe
	m	UPS	mg/l	C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DRJ	3.5	32.5	8.9	27.0	0.0	0.0	0.10	0.02	0.00	0.0	0.0
GS	8.8	32.8	7.2	26.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1σ	2.3	0.8	0.7	0.2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
GN	5.1	32.2	7.6	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1σ	2.3	0.9	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SAV	7.0	32.5	7.4	26.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1σ	2.9	0.9	0.6	0.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 3.39

Promedios generales de datos de parámetros fisicoquímicos para la 2da campaña de muestreo del SAV (6/7/2007).

SITIO	Vis	S	O ₂	T	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄		Cu	Fe	SS	GyA
								NH ₄ L	T				
	m	UPS	mg/l	C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DRJ	2.0	34.6	8.1	29.7	0.0	2.0	1.50	0.00	0.02	0.0	0.0	6.5	6.3
GS	5.1	34.3	7.6	29.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8
1σ	2.1	1.5	2.8	0.9	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
GN	5.3	35.4	7.6	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	1.5
1σ	1.9	0.2	1.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1
SAV	5.2	34.9	7.6	29.8	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7
1σ	1.9	1.2	2.2	0.8	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0

Tabla 3.40
Promedios generales de datos de parámetros fisicoquímicos para la 3ra campaña de muestreo del SAV (29/9/2007).

SITIO	Vis	S	O ₂	T	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄ L	NHT	Cu	Fe	SS	GyA
	m	UPS	mg/l	C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DRJ	3.9	34.6	5.7	31.1	0.0	0.0	0.10	0.00	0.00	0.0	0.0	21.1	36.0
GS	6.8	34.5	6.0	30.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	28.7	8.8
1σ	3.0	1.1	0.5	0.6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.5

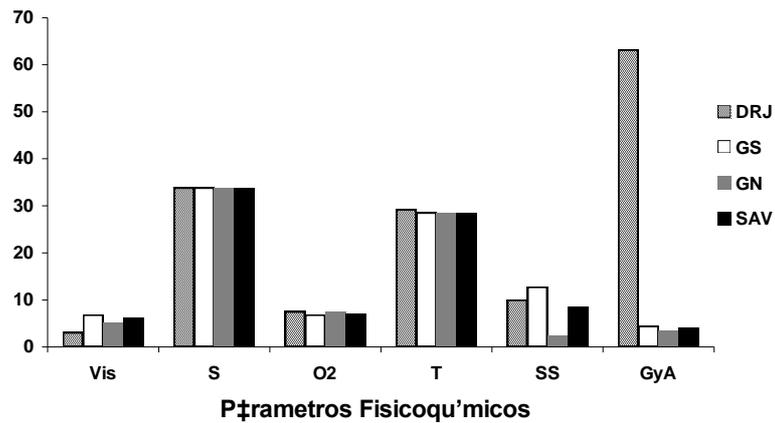


Figura 3.54 Concentraciones-valores promedio generales de diferentes parámetros fisicoquímicos en el SAV. Vis (m). S (UPS). O₂ (mg/l). T (°C). SS (mg/l). GyA (mg/l).

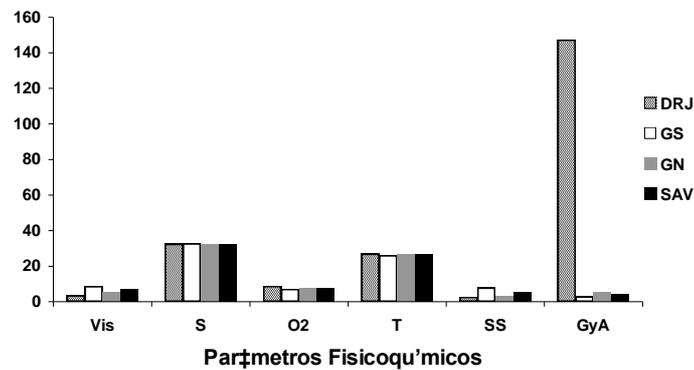


Figura 3.55 Concentraciones-valores promedio generales de diferentes parámetros fisicoquímicos en el SAV. para la 1ra campaña de muestreo. Vis (m). S (UPS). O₂ (mg/l). T (°C). SS (mg/l). GyA (mg/l).

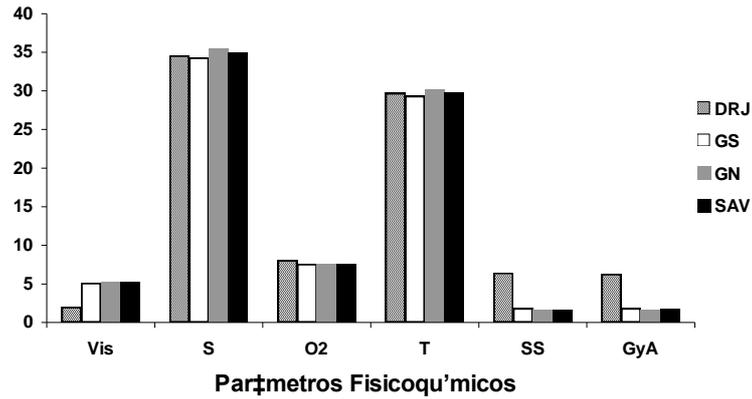


Figura 3.56 Concentraciones-valores promedio generales de diferentes parámetros fisicoquímicos en el SAV. para la 2da campaña de muestreo. Vis (m). S (UPS). O₂ (mg/l). T (°C). SS (mg/l). GyA (mg/l).

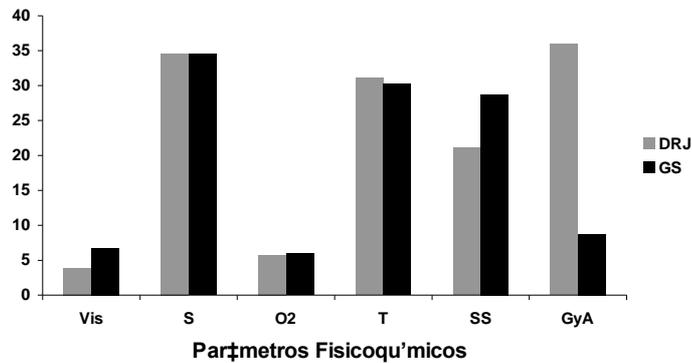


Figura 3.57 Concentraciones-valores promedio generales de diferentes parámetros fisicoquímicos en el Grupo Sur del SAV. para la 3ra campaña de muestreo. Vis (m). S (UPS). O₂ (mg/l). T (°C). SS (mg/l). GyA (mg/l).

12. Crecimiento coralino

El crecimiento en corales escleractinios, aunque se puede cuantificar de diversas maneras, tales como un aumento en el número de pólipos en las formas coloniales, en el área cubierta de sustrato, en la biomasa, o en las dimensiones de la colonia, generalmente se mide como un incremento en la altura de la colonia, que se conoce como Tasa de Extensión Lineal Esqueletal (TEL). Dado que los corales escleractinios presentan bandas de crecimiento anuales, también denominadas bandas de densidad, se puede hacer un corte del esqueleto y por medio de una radiografía se puede determinar su posición, y así poder cuantificar la tasa de extensión (cm/año). Las radiografías, a su vez, también pueden ser utilizadas para cuantificar otros importantes parámetros del esqueleto como son Densidad (g/cm^3) (D) y Tasa de Calcificación Anual ($\text{g/cm}^2/\text{año}$) (TC). La relación entre estos tres importantes parámetros está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{TC (g/cm}^2/\text{año)} = \text{TEL (cm/año)} * \text{D (g/cm}^3)$$

Los parámetros TEL y D, se pueden cuantificar directamente de las radiografías, y TC se obtiene por la relación arriba señalada.

La Tabla 3.41 muestra los promedios generales de cada uno los parámetros de crecimiento coralino cuantificados en el coral *Porites astreoides*. Los datos promedio para el SAV son: TEL = 0.38 cm/año, D = 1.45 g/cm^3 , y TC = 0.55 $\text{g/cm}^2/\text{año}$. Estos datos comparados con el único registro disponible en literatura para esta especie de Highsmith (1983) en Belice: TEL = 0.48 cm/año, D = 1.48 g/cm^3 , y TC = 0.70 $\text{g/cm}^2/\text{año}$; indican que la TEL y la TC son más bajas, en cambio la densidad es muy similar, hecho que se explica dado que en Veracruz las temperaturas del agua superficial son más bajas que en Belice (ver Lough y Barnes 2000; Carricart-Ganivet 2004). No se presentan diferencias importantes entre los diferentes parámetros de crecimiento al comparar los Grupos Norte y Sur para la TEL y TC (Figuras 3.58 y 3.60). Sin embargo, la D promedio de *P. astreoides* del Grupo Sur fue ligeramente mayor, aunque la diferencia no es estadísticamente significativa.

Tabla 3.41
Parámetros de crecimiento de *Porites astreoides* del SAV.

Parámetros	Arrecifes										Grupos		
	A										G	SA	
	A	C	Ch	IE	D	G	H	IS	IV	P	GS	N	V
Extensión (cm/año)	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	0.4	0.4	0.2	0.5	0.4	0.3	0.3	
	5	5	9	7	5	3	1	8	4	0	7	9	0.38
1σ	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	
	6	8	1	5	9	0	0	2	8	5	7	1	0.09
Densidad (g/cm^3)	1.5	1.7	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.6	1.4	1.3	1.5	1.4	
	0	3	5	9	1	1	5	3	2	2	2	0	1.45
1σ	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	
	6	6	4	3	7	8	6	6	9	9	6	2	0.14
Calcificación ($\text{g/cm}^2/\text{año}$)	0.5	0.8	0.3	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	0.7	0.5	0.5	0.5	
	2	0	8	5	5	5	5	6	6	3	6	3	0.55
1σ	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	
	2	6	3	5	2	5	9	1	4	1	7	3	0.14

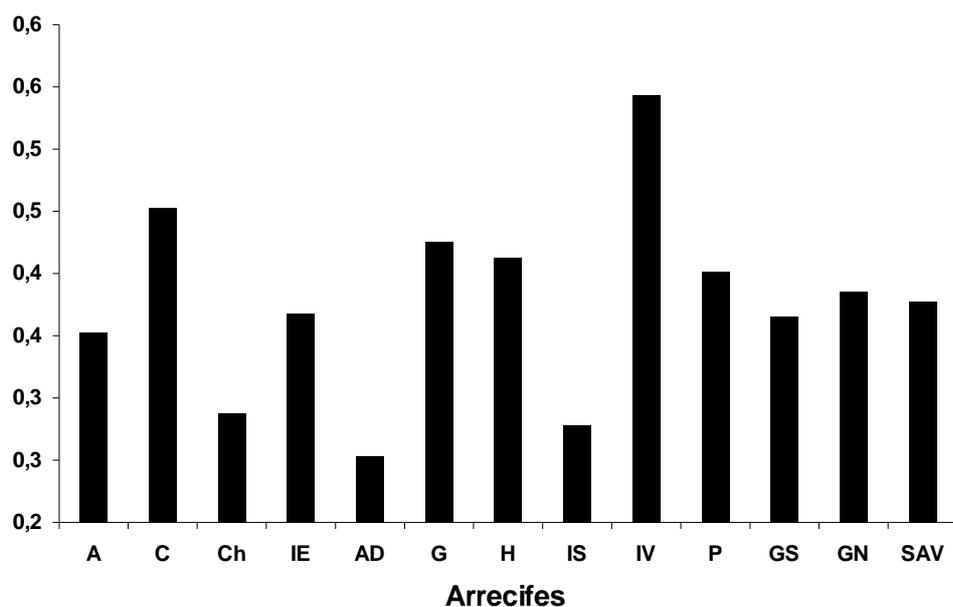


Figura 3.58 Tasa de extensión anual esquelética promedio para *Porites astreoides* del SAV.

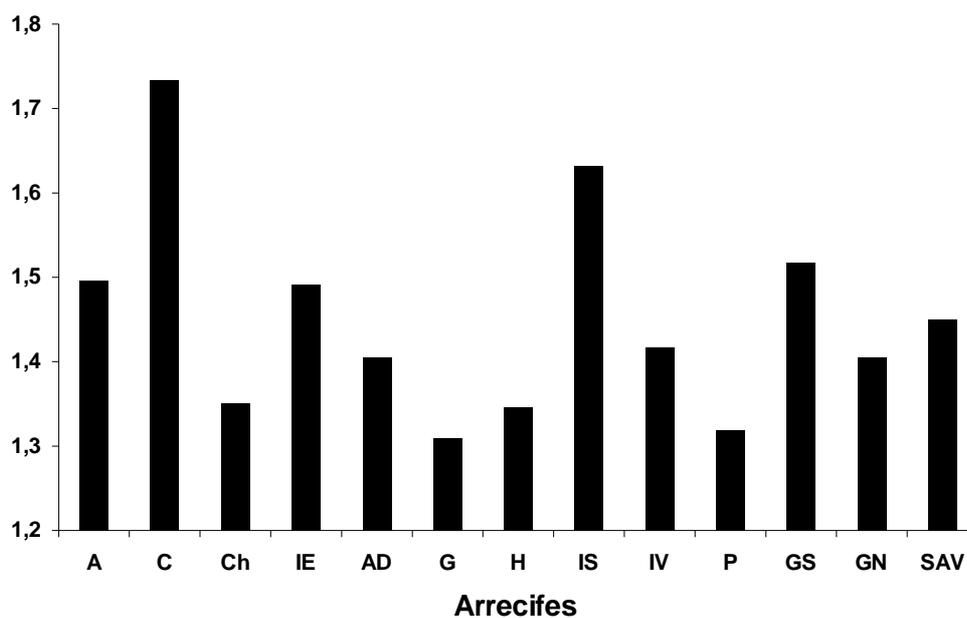


Figura 3.59 Densidad esquelética promedio para *Porites astreoides* del SAV.

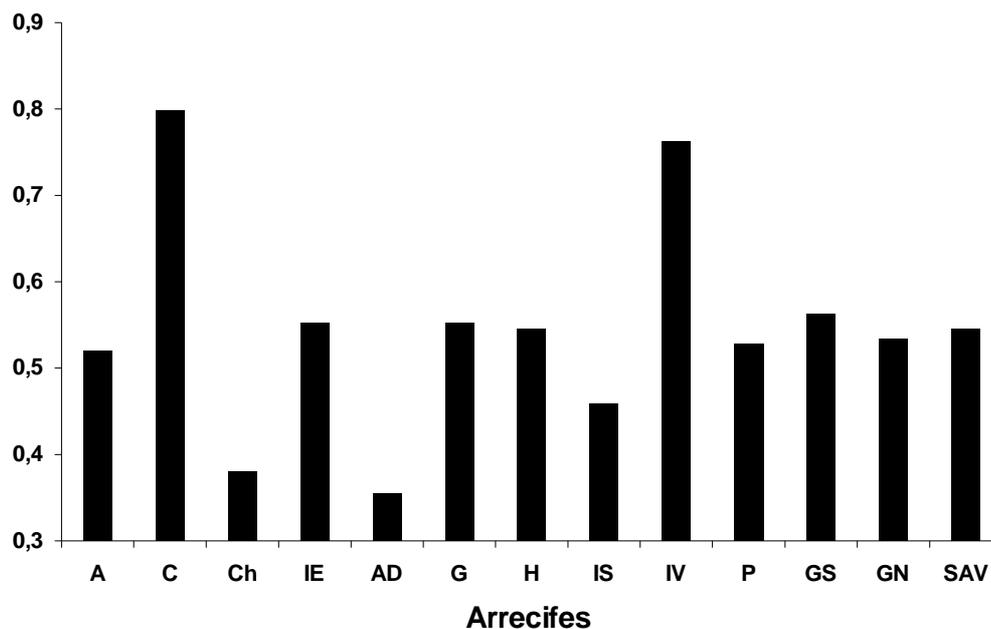


Figura 3.60 Tasa de calcificación anual esqueletal promedio para *Porites astreoides* del SAV.

Al analizar cada uno de los parámetros de crecimiento por separado por arrecife encontramos, en el caso de la TEL (Figura 3.58) que el arrecife con la TEL más alta es Isla Verde (0.54 cm/año), y el valor más bajo en el arrecife Anegada de Adentro (0.25 cm/año), que es un arrecife muy cercano en posición y con características similares a Isla Verde, por lo cual la diferencia en la TEL es muy contrastante. La TC (Figura 3.60) muestra en general las mismas tendencias que la TEL. Por lo que se refiere a la D (Figura 3.59) se presenta una ligera tendencia a que los arrecifes más alejados de la costa presenten un densidad más alta que los que están más cercanos, esto concuerda con lo reportado por Carricart-Ganivet (2007) para *Porites*. Finalmente, dada la estrategia de crecimiento de los corales pertenecientes al género *Porites*, i.e., utilizar los recursos de calcificación en extensión esqueletal (Carricart-Ganivet 2004, 2007), no se observaron relaciones entre la extensión esqueletal y la densidad, ni entre esta última y la tasa de calcificación (Fig. 3.61a, b), mientras que la tasa extensión esqueletal presentó una correlación positiva y significativa con la tasa de calcificación (Fig. 1c). Este hecho concuerda con lo reportado por otros autores para especies del mismo género creciendo en arrecifes del Indo-Pacífico (Lough y Barnes 1992, 2000; Scoffin et al. 1992).

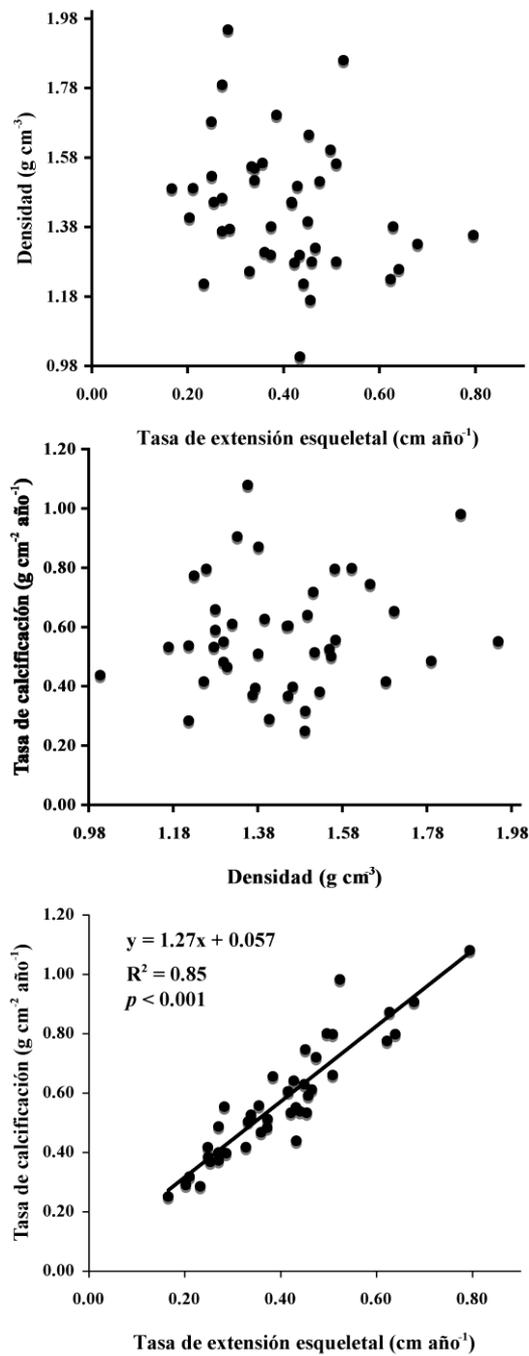


Figura 3.61 Relaciones entre las tres variables de crecimiento en *Porites astreoides* in el Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

13. Diversidad Ecológica

Uno de los parámetros más utilizados que nos permiten determinar la estructura de una comunidad biológica es la Diversidad Ecológica. Se parte de la premisa que una comunidad es más diversa mientras mayor número de especies se presenten y/o la abundancia de cada especie sea similar a la de las demás especies. Asimismo, una comunidad es menos diversa cuando son pocas las especies que la componen y/o alguna(s) son mucho más abundantes (dominantes) que el resto. Aunque existen varios índices de diversidad en uso por los ecólogos para la descripción de las comunidades biológicas, el más utilizado es el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H'). El valor de H' será alto, si la probabilidad de predicción de la especie a la que pertenece un individuo, elegido al azar entre todos los miembros de la comunidad, es baja. El valor de H' se calcula de mediante la siguiente fórmula (p_i = abundancia de la especie i entre la abundancia total; S = número total de especies):

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Asimismo, para efectos comparativos se puede calcular la Diversidad Máxima (H'_{max}), en el hipotético caso de que la abundancia de todas las especies presentes en la comunidad fuera exactamente la misma. El valor de H'_{max} se calcula de mediante la siguiente fórmula:

$$H'_{max} = \ln S$$

La Índice de Equitatividad de Pielou (E), se utiliza para determinar (en una escala de 0-1) que tan equilibradas están las proporciones (abundancias) de las especies que componen la comunidad. A valores más altos la comunidad presenta abundancias similares entre las especies, y por tanto, no existen especies que se puedan considerar dominantes en términos numéricos. El valor de E se calcula de mediante la siguiente fórmula:

$$E = H' / H'_{max}$$

En la Tabla 3.42 se presentan los resultados, valores de H' , H'_{max} y E , por arrecifes, zonas, grupos y para el SAV. Como se puede apreciar en términos generales el Grupo Sur ($H'= 2.42$) es más diverso que el Grupo Norte ($H'= 2.24$). La Zona de Barlovento ($H'= 2.57$) es más diversa que la de Sotavento ($H'= 2.32$), y la diversidad más baja se encuentra en la Planicie ($H'= 1.30$). Los arrecifes con mayor diversidad fueron Anegada de Afuera ($H'= 2.43$) y la Blanca ($H'= 2.35$), y los que presentaron menor diversidad fueron Hornos ($H'= 1.45$) y Chopas ($H'= 1.25$). El SAV presenta un valor de $H'= 2.43$. Por lo que se refiere a la equitatividad, no hay diferencias importantes entre el Grupo Norte ($E= 0.70$) y Grupo Sur ($E= 0.74$), y el valor general para el SAV es de $E= 0.74$. En cuanto a zonas arrecifales para Barlovento presenta el valor más alto $E= 0.83$, luego Sotavento $E= 0.74$ y Planicie es más baja con sólo $E= 0.49$. Los arrecifes con mayor equitatividad son La Blanca $E= 0.87$ y Anegada de Afuera $E= 0.80$, y el más bajo Chopas con sólo $E= 0.50$. Por sitios de muestreo destacan por sus valores altos ($E \geq 0.8$) Anegada de Afuera Barlovento, Blanca Barlovento, Chopas Barlovento, Galleguilla Planicie, Hornos Barlovento, Isla de Sacrificios Sotavento y Pájaros Sotavento. En cuanto a los sitios con los valores más bajos ($E \leq 0.3$) estos son: Chopas Planicie, Isla de Enmedio Planicie, e Isla de Sacrificios Planicie.

Tabla 3.42
Diversidad Ecológica (Índice de Shannon-Wiener) y Equitatividad (Índice de Pielou) para la
comunidad de corales hermatípicos en el SAV

Arrecife	Z	H'	H'_{max}	E	Arrecife/Zona/Grupo	H'	H'_{max}	E
Anegada de Afuera	B	2.38	2.71	0.88	Anegada de Afuera	2.43	3.04	0.80
	P	1.19	2.08	0.57	Blanca	2.35	2.71	0.87
	S	1.88	2.64	0.71	Cabezo	2.11	2.89	0.73
Blanca	B	2.17	2.56	0.85	Chopas	1.25	2.48	0.50
	P	1.48	1.95	0.76	Isla de Enmedio	2.00	3.00	0.67
Cabezo	B	1.92	2.56	0.75	Galleguilla	2.20	2.83	0.77
	P	0.93	1.61	0.58	Hornos	1.45	1.95	0.75
	S	1.79	2.40	0.75	Isla de Sacrificios	1.82	2.77	0.66
Chopas	B	1.98	2.40	0.83	Isla Verde	2.20	2.94	0.75
	P	0.20	1.10	0.18	Pájaros	2.18	2.77	0.79
Isla de Enmedio	B	2.12	2.71	0.78				
	P	0.12	1.10	0.11	Barlovento Sur	2.59	3.14	0.83
	S	1.89	2.77	0.68	Barlovento Norte	2.18	3.04	0.72
Galleguilla	B	1.94	2.48	0.78	Barlovento Total	2.57	3.14	0.82
	P	1.34	1.61	0.83	Planicie Sur	1.32	2.40	0.55
	S	1.65	2.48	0.66	Planicie Norte	1.13	2.20	0.52
Hornos	B	1.50	1.79	0.84	Planicie Total	1.30	2.64	0.49
	P	0.66	1.10	0.60	Sotavento Sur	2.07	3.04	0.68
	S	1.64	2.40	0.68	Sotavento Norte	2.24	2.94	0.76
Isla de Sacrificios	B	1.64	2.40	0.68	Sotavento Total	2.32	3.14	0.74
	P	0.23	1.10	0.21	Grupo Sur	2.42	3.26	0.74
	S	2.22	2.56	0.86	Grupo Norte	2.24	3.18	0.70
Isla Verde	B	2.19	2.77	0.79	SAV	2.43	3.30	0.74
	P	0.80	1.39	0.58				
	S	1.87	2.40	0.78				
Pájaros	B	1.79	2.48	0.72				
	P	1.40	1.95	0.72				
	S	2.14	2.48	0.86				

Z= Zona arrecifal. B= Barlovento. P= Planicie. S= Sotavento.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Características de los arrecifes del SAV

Arrecife Anegada de Afuera

El arrecife Anegada de Afuera fue en el que mayor número de especies se contabilizaron durante los muestreos, con 20 especies de corales hermatípicos y la diversidad más alta $H' = 2.43$. La zona de Barlovento fue la que presentó mayor diversidad con 14 especies, seguida por Sotavento con 14, y por último Planicie con sólo 8 especies. Barlovento presentó fue el sitio de muestreo con la mayor diversidad en todo el SAV ($H' = 2.38$), seguido Sotavento $H' = 1.88$, y Planicie $H' = 1.19$. Las especies más abundantes variaron por sitio de muestreo, en el caso de Barlovento fueron *A. humilis* (13.3%) y *D. strigosa* (13.3%), en Planicie *P. porites* (54.7%) y *P. astreoides* (28.3%) y en Sotavento *C. natans* (36.3%) y *M. faveolata* (25.9%). La cobertura de corales hermatípicos es de 19.3% con una densidad de 1.3 ind/m, lo que sitúa a este arrecife como uno de los de mayor densidad, pero con una cobertura promedio. Por zonas arrecifales, la densidad es más alta en Planicie (2.3 ind/m), pero la cobertura es mayor en Sotavento (38.4%). Las especies con mayor cobertura fueron *M. faveolata* y *C. natans* en Barlovento y Sotavento, *P. porites* y *P. astreoides* en Planicie. En el área no cubierta por coral vivo las algas Filamentosas son ligeramente dominantes (36.1%), seguidas muy de cerca por las Calcáreas (34.7%), y más abajo las Macroalgas (9.1%); sin embargo, en este arrecife es donde se registró el valor más alto para las Calcáreas y el tercero más alto para las macroalgas. Por zonas en Barlovento son con mucho las Calcáreas las dominantes (73.3%); en Planicie las Filamentosas (33.9%), pero con un registro alto de roca coralina desnuda (21.6%); en Sotavento las Filamentosas predominan (55.6%). Es uno de los arrecifes con menor incidencia de Mortalidad Parcial (36.6%), con una mayor proporción de individuos con Mortalidad Antigua (89.9%), que en promedio pierden el 23.1% de su tejido. La proporción de corales enfermos es muy baja (1.7%), siendo la enfermedad de Plaga Blanca la más recurrente (44.4%), principalmente en la zona de Sotavento. Este es el único arrecife dónde se registro la Necrosis Rápida. También es uno de los arrecifes con menor incidencia de Blanqueamiento, con sólo el 2.6%, principalmente en la zona de planicie. La Talla promedio de los corales es relativamente alta (26.5 cm), principalmente en Sotavento con 39.9 cm en promedio. La densidad de reclutas es la promedio para el SAV con 2.6 Reclutas/m², y fue en la zona de Planicie donde se encontró la mayor densidad con 5.9 Reclutas/m². *Porites* spp. representó el 44% del total de reclutas, seguido por *Siderastrea* spp. con 34.7%. La Anegada de Afuera es el arrecife con el segundo registro de densidad de erizos más alto con 5.5 Ind/m², en especial la zona de Planicie con 15.3 Ind/m². Los parámetros de crecimiento de *Porites astreoides* son el general los promedio para el SAV: TEL = 0.35 cm/año, D = 1.5 g/cm³, y TC = 0.52 g/cm²/año. Por lo que se refiere a las características de la columna de agua, Anegada de Afuera es de los arrecifes con alta visibilidad >7.6 m.

Arrecife La Blanca

Este arrecife se caracteriza por la ausencia de una zona o talud de Sotavento, a pesar de ser un arrecife de tipo plataforma, debido quizás a el hecho de estar a cercano a la desembocadura del río Jamapa, cuyas aguas turbias, que fluyen entre el arrecife y la zona de costa, inhiben el crecimiento coralino, al igual que en el arrecife Chopas. En este arrecife sólo se presentaron 14 especies de corales hermatípicos, siendo el tercero

con menor riqueza específica, sólo por arriba de Hornos y Chopas. Sin embargo, a pesar de presentar una riqueza específica baja, el índice de diversidad es el segundo más alto para el SAV ($H' = 2.35$). En Barlovento sólo se encontraron 13 especies y 6 en Planicie. La zona de Barlovento de este arrecife representa un caso especial, ya que es el único en el cuál se encontró a *M. decactis* (23.5%) como la especie más abundante, seguida por *C. natans* y *M. faveolata*. En Planicie la más abundante fue *S. radians* (38.4%), seguida de *D. clivosa* (31.5%). La cobertura coralina promedio es del 26%, que es la segunda más alta, sólo detrás del arrecife Isla Verde. Por zonas la cobertura fue de 45.5% en Barlovento, la más alta registrada, y en Planicie de 7.1%. El índice de diversidad en Barlovento fue $H' = 2.17$ y en Planicie de $H' = 1.48$. La densidad promedio general es de 1.0 ind/m, en Barlovento de 1.6 ind/m y en Planicie de 0.4 ind/m. Por zonas las especies con mayor cobertura son *M. faveolata* (12.2%) y *C. natans* (9.7%) en Barlovento, y *D. clivosa* (3.7%) y *D. strigosa* (1.2%) en Planicie. El área no cubierta por coral vivo representa el 74% en este arrecife. La cobertura relativa en está fue de 68.2% para las Algas Filamentosas, el registro más alto de este gremio algal para el SAV, de 21.4% para las Algas Calcáreas, y sólo 0.1% para las macroalgas, que es el registro más bajo. En el arrecife La Blanca el 56.6% de las colonias coralinas muestran Mortalidad Parcial, siendo el arrecife con el segundo registro más alto en este rubro, sólo por debajo del arrecife Isla Verde; y en promedio pierden el 19.1% de su tejido. La Blanca es el arrecife con la menor incidencia de enfermedades en el SAV, sólo 0.9% de las colonias, presentaron Banda Amarilla o Plaga Blanca. Es importante señalar que en la zona de Planicie no se presentó ningún coral enfermo. El fenómeno de Blanqueamiento se presentó en el 2.2% de las colonias, diferenciándose la zona de Barlovento con una incidencia del 4.3% y en Planicie ninguna colonia presentó síntomas. La Talla promedio fue de 29.6 cm, siendo la segunda más alta para el SAV, con promedio por zona de 33.9 cm para Barlovento y 25.2 cm para Planicie. La densidad de reclutas coralinos es relativamente alta 4.0 Reclutas/m². La densidad de erizos es de 2.1 ind/m², con una mayor proporción de *Echinometra* spp. (88%) que de *D. antillarum* (12%). En términos generales la densidad fue mayor en la zona de planicie con 3.6 ind/m², por sólo 0.5 ind/m² en Barlovento. En general la visibilidad es baja en este arrecife <7.0 m, con niveles altos de fosfatos 0.1-1.7 mg/l, amonio total 0.01-0.1 mg/l y sólidos en suspensión 1.1-32.8 mg/l.

Arrecife Cabezo

Este arrecife presenta una riqueza específica alta con 17 especies registradas, 13 en Barlovento, 11 en Sotavento y 5 en Planicie. Las especies más abundantes son *C. natans* (33.3%) y *D. strigosa* (24.5%) en Barlovento, *S. radians* (54.7%) y *S. siderea* (37.4) en Planicie y *M. cavernosa* (31%) y *C. natans* (27.6%) en Sotavento. El índice de diversidad para el arrecife fue de $H' = 2.11$ y por zonas Barlovento $H' = 1.92$, Sotavento $H' = 1.79$, y Planicie $H' = 0.93$. La cobertura y densidad promedio de escleractinios es de 11.1% y 0.6 Ind/m respectivamente, siendo el segundo arrecife con menor cobertura en el SAV, sólo por delante de Hornos. La cobertura es mayor en Sotavento con 22.9%, seguida de Barlovento con 8% y por último Planicie con 2.2%. Las especies con mayor cobertura fueron *C. natans* (4.2%) y *D. strigosa* (1.2%) en Barlovento, *S. radians* (1.1%) y *S. siderea* (0.6) en Planicie y *M. cavernosa* (7%) y *C. natans* (6%) en Sotavento. El área no cubierta por corales vivos es de 88.9%. La cobertura total es de 47.7 para Algas Filamentosas, 13.8% ocupado por diversos invertebrados, principalmente esponjas, y 11.6% de Macroalgas. Es el segundo arrecife con mayor cobertura por Macroalgas, y uno de los tres con la menor cobertura de Algas Calcáreas. En todas las zonas las Algas Filamentosas sobón el gremio algal con mayor cobertura,

pero en Planicie el 25.6% del fondo está ocupados por sedimentos; en Barlovento se presenta un 19% de Macroalgas. El 43.6% de las colonias coralinas pierden en promedio el 19.4% de tejido por el fenómeno de Mortalidad Parcial, principalmente Mortalidad Antigua (92%). La proporción de colonias enfermas es de 5.2%. Las enfermedades más frecuentes son Mancha Negra (54.8%) e Hiperplasma (33.3%). El 2.1% de los corales presentaron síntomas de blanqueamiento, siendo una de las localidades con menor incidencia. Por zonas la proporción de colonias blanqueadas fue de 4.9% en Barlovento, 1.4% en Planicie y 0% en Sotavento. La talla promedio de la colonia hermatípica fue de 25.3 cm, con diferencias por zona arrecifal: 25 cm en Barlovento, 6.3 cm en Planicie y 44.7 cm en Sotavento. La densidad de Reclutas coralinos de 1.9 Reclutas/m², con densidad más baja en Planicie 3.9 Reclutas/m². *Agaricia* y *Siderastrea* fueron los géneros con mayor número de reclutas. Con respecto a los parámetros de crecimiento en *Porites astreoides*, la TEL es de 0.45 mm/año, la D 1.73 g/cm³, y la TC de 0.8 g/cm²/año. Los valores de D y TC son los más altos registrados para el SAV. La densidad de erizos es baja, sólo 0.8 Ind/m², de los cuales el 92% corresponden a *Echinometra* spp., siendo el segundo arrecife con densidad más baja. En Planicie fue dónde se presentó la densidad más alta con 1.8 Ind/m², y en Sotavento la más baja con sólo 0.1 Ind/m². En términos generales el arrecife Cabezo presenta aguas con alta visibilidad, y bajas concentraciones de nutrientes y sólidos en suspensión.

Arrecife Chopas

Chopas es el segundo arrecife con la riqueza específica más baja en el SAV con sólo 12 especies de corales registradas durante los muestreos, 11 en Barlovento y 3 en Planicie. Por zonas las especies más abundantes fueron *M. faveolata* (30.7%) y *C. natans* (22.8%) en Barlovento, y *S. radians* (95.4%) en Planicie. Además es el arrecife con el índice de diversidad más bajo registrado en el SAV, $H' = 1.25$. Por zonas en Barlovento $H' = 1.98$, y Planicie fue uno de los sitios de muestreo con la diversidad más baja en todo el SAV, $H' = 0.2$. La cobertura general de corales hermatípicos en Chopas es de 16.8%, con una densidad promedio de 1.7 Ind/m, variando desde 28.9% y 1.4 Ind/m en Barlovento a 4.7% y 2.0 Ind/m en Planicie en cobertura y densidad respectivamente. Por zonas las especies con mayor cobertura *M. faveolata* (12.5%) y *C. natans* (8.9%) en Barlovento y *S. radians* (4.3%) en Planicie. El 84.2% de la superficie del fondo en el arrecife Chopas no presenta coral vivo. En esta área las Algas Filamentosas cubren el 31.3%, seguidas de las Algas Calcáreas con 18.9%, por sólo un 6.9% de Macroalgas; es interesante hacer notar que el 28.5% está ocupado por Arena, siendo el arrecife que mayor cobertura presenta de este tipo de sustrato. En la zona de Barlovento la máxima cobertura la presentan las Algas Filamentosas (48.6%) seguidas de las Algas Calcáreas (31.6%), en Planicie la Arena ocupa el 55.7% y las Algas Filamentosas el 14.1%. El 35.5% de los corales en Chopas pierden en promedio el 2.9% de su tejido, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (86%). Chopas es el arrecife con menor incidencia de Mortalidad Parcial en el SAV. El 2.2% de los corales presentan alguna enfermedad, Plaga Blanca en Barlovento y Mancha Negra en Planicie. Por lo que se refiere a Blanqueamiento 5% de las colonias lo presentan, 8.9% en Barlovento, por sólo 1.1% en Planicie. La talla promedio es de 17.2 cm, la segunda más baja en el SAV, por zonas es de 31.4 cm en Barlovento y 2.9 cm en Planicie. El número de Reclutas promedio es de 10.1 Reclutas/m², el más alto para el SAV; en Barlovento se presentan 5.2 Reclutas/m², y en Planicie 15 Reclutas/m². Los géneros que presentan mayor número de Reclutas son *Siderastrea* y *Agaricia*. Los valores promedio de crecimiento son: TEL 0.29 mm/año, D 1.35 g/cm³ y TC 0.38 g/cm²/año, que en general son bajos

comparados con los demás arrecifes. Los erizos ramoneadores presentan una densidad general de 0.8 Ind/m², el 81% es *Echinometra* y el restante 19% corresponde a *D. antillarum*. Chopas al igual que Cabezo, son los arrecifes con menor densidad de erizos en el SAV. Por zonas la densidad es de 0.5 Ind/m² en Barlovento y 1.0 Ind/m² en Planicie. Por lo que respecta a parámetros fisicoquímicos del agua, las aguas presentan valores promedio.

Arrecife Isla de Enmedio

Este arrecife es uno de los más diversos, el segundo, con 20 especies registradas durante los muestreos. Por zona arrecifal la riqueza específica registrada es de 15 para Barlovento, 3 en Planicie y 16 en Sotavento. Las especies más abundantes fueron *C. natans* (35.1%) y *Diploria* spp. (12.3%) en Barlovento, *S. radians* (97.7%) en Planicie, y *C. natans* (33.2%) y *M. faveolata* (30.3%) en Sotavento. El índice de diversidad para este arrecife fue $H' = 2.0$. Por zonas Barlovento $H' = 2.12$, Sotavento $H' = 1.89$, y Planicie, se constituyó en el sitio de muestreo con la diversidad más baja en todo el SAV con $H' = 0.12$. En Isla de Enmedio la cobertura general es del 22.6% con una densidad de 1.1 Ind/m. Por zonas se presentaron las siguientes variaciones en cobertura y densidad, respectivamente: Barlovento 9.2% y 0.4 Ind/m, Planicie 2.8% y 1.0 Ind/m, y en Sotavento 55.8% con 0.6 Ind/m. Es importante enmarcar que la zona de Sotavento de Isla de Enmedio es el sitio de muestreo que presentó la mayor cobertura coralina en todo el SAV. Las especies con mayor cobertura para cada zona fueron, en Barlovento *C. natans* (4.2%) y *M. faveolata* (1.3%), en Planicie *S. radians* (2.8%), y en Sotavento *M. faveolata* (23%) y *C. natans* (15.2%). El área no cubierta por coral vivo fue de 77.4%. En esta área, la cobertura de Algas Filamentosas fue del 40.3%, seguida de Macroalgas con 20.3% (cobertura macroalgal más alta registrada en el SAV), Arena con 16% y Algas Calcáreas con 5.1% (cobertura de algas calcáreas más baja registrada en el SAV). Por sitio de muestreo es necesario señalar la gran abundancia de Macroalgas en Barlovento con 53.5%, y la excepcionalmente alta cobertura de algas filamentosas (74.6%) en Sotavento. El 37.8% de los corales en Isla de Enmedio perdieron en promedio 17% de su tejido, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (96.3%). En este arrecife se presentó el promedio más bajo para el SAV de pérdida de tejido. La proporción de colonias afectadas por alguna enfermedad fue del 2.0%. En Barlovento no se registró ninguna colonia enferma, en Planicie se presentó exclusivamente Mancha Negra, y en Sotavento sólo Plaga Blanca. El fenómeno de Blanqueamiento se presentó en el 4.7% de las colonias, variando desde 13.2% en Barlovento, a 1% en Sotavento y <0.09 en Planicie. La Talla promedio de la colonia coralina fue de 23.8 cm, presentándose la siguiente variación por zona: Barlovento 26.4 cm, Planicie 3.9 cm, y Sotavento 41 cm. La densidad de reclutas se situó en 1.1 Reclutas/m², variando por zona con 0.3 Reclutas/m² en Barlovento, 2.1 Reclutas/m² en Planicie y 1.0 Reclutas/m² en Sotavento. Los géneros con mayor número de reclutas fueron *Siderastrea* y *Agaricia*. Los parámetros de crecimiento de *P. astreoides* fueron: TEL 0.37 mm/año, D 1.49 g/cm³, y TC 0.55 g/cm²/año. La densidad general de erizos fue de 1.0 Ind/m², 80% *Echinometra* y 20% *D. antillarum*. La densidad más alta se presentó en Planicie con 2.2 Ind/m², seguida de Sotavento con 0.8 Ind/m², y la más baja en Barlovento con 0.1 Ind/m². Las aguas de este arrecife son relativamente claras, pero con niveles más altos de fosfatos.

Arrecife Galleguilla

Este arrecife presenta una Riqueza Específica con 16 especies registradas durante los muestreos. Se presentaron 12 especies para ambos taludes, Barlovento y Sotavento, y

sólo 5 en Planicie. Las especies más abundantes fueron *M. cavernosa* (32.5%) y *O. diffusa* (22.2%) en Barlovento, *S. radians* (50.5%) y *P. porites* (18.9%) en Planicie, y *S. siderea* (46.4%) y *M. cavernosa* (19.6%) en Sotavento. La diversidad para este arrecife fue $H' = 2.20$, y por zonas Barlovento $H' = 1.94$, Sotavento $H' = 1.65$, y Planicie $H' = 1.34$. La cobertura general en Galleguilla es de 13.3%, y la densidad de 0.8 Ind/m, valores bajos para el promedio del SAV. La variabilidad por zonas se presenta de la siguiente manera: Barlovento 7.6%, 0.5 Ind/m, Planicie 10.6%, 1.0 Ind/m, y Sotavento 21.8%, 0.9 Ind/m, respectivamente para cobertura y densidad. Las especies con mayor cobertura por zona arrecifal son: *M. cavernosa* (3.8%) y *C. natans* (1.3%) en Barlovento, *Diploria* spp. (6.5%) y *S. radians* (2.0%) en Planicie, y *S. siderea* (8.4%) y *M. cavernosa* (6.3%) en Sotavento. El área no cubierta por corales hermatípicos representa el 86.7% del total, del cual 51.4% corresponde a Algas Filamentosas, 20.7% a Algas Calcáreas y sólo 3.1% a Macroalgas. Esta proporción de cobertura de los distintos gremios algales se mantiene en todas las zonas del arrecife, destacando la presencia de invertebrados (17.7%), principalmente esponjas, en Barlovento; y arena (23%) en Planicie. En general el 51.4% de los corales presentes mostraron síntomas de Mortalidad Parcial, principalmente Mortalidad Parcial Antigua (97.9%), y en promedio perdieron el 24.9% de tejido. Así la Galleguilla es el arrecife ubicado con mayor incidencia de Mortalidad Parcial. La proporción de corales enfermos es del 2.3%, que es un valor relativamente bajo. Ningún coral presentó enfermedad en la zona de Sotavento, en Barlovento la única enfermedad presente fue Plaga Blanca y en Planicie sólo se presentó Manca Negra. La proporción de corales blanqueados fue del 8.4%, la más alta registrada en el SAV, y en la zona de Planicie llegó hasta el 16.8%, el valor por sitio de muestreo más alto registrado, por sólo 3.4% en Barlovento y 5.1% en Sotavento. La Talla promedio de los corales en el arrecife Galleguilla fue de 25.1 cm, variando desde 41.4 cm en Sotavento, 19.4 cm en Barlovento a 14.6 cm en Planicie. El densidad de reclutas es de 1.2 Reclutas/m², presentándose 1.6 1.2 Reclutas/m² en Sotavento, 1.3 1.2 Reclutas/m² en Planicie y 0.8 1.2 Reclutas/m² en Barlovento, de los cuales el 50% son *Siderastrea* y 33% *Oculina*. En *P. astreoides*, la TEL es de 0.43 mm/año, la D es 1.31 g/cm³, y la TC de 0.55 g/cm²/año. La D es el valor más bajo registrado en el SAV. La densidad promedio de erizos es de 1.2 Ind/m², variando des 0.3 Ind/m² en Barlovento, 0.6 Ind/m² en Sotavento, a 2.8 Ind/m² en Planicie, de los cuales el 89% son *Echinometra*. Los valores de los parámetros fisicoquímicos son en general bajos, principalmente la visibilidad que no rebasa los 3.5 m.

Arrecife Hornos

Hornos es el único arrecife de tipo costero incluido en el muestreo. De manera natural no se presenta la zona de Arrecife Posterior o Sotavento, por lo cual sólo se tienen datos para Barlovento y Planicie. En este arrecife se presentó la más baja Riqueza Específica en el SAV, sólo se registraron 7 especies de corales hermatípicos, 6 en Barlovento, y 3 en Planicie. Las especies más abundantes fueron *M. cavernosa* (43%) y *O. diffusa* (17.2%) en Barlovento y *S. radians* (78.8%) y *Diploria* spp. (12.4%) en Planicie. Hornos fue el Segundo arrecife con la diversidad más baja $H' = 1.45$. Por zonas varió en Barlovento $H' = 1.5$ y Planicie $H' = 0.66$. La cobertura general es de sólo 6.5%, también la más baja en el SAV, con una densidad de 0.6 Ind/m, la segunda más baja en el SAV. Por zonas la cobertura y densidad presentaron la siguiente variabilidad: Barlovento 0.4% y 4.3 Ind/m, y en Planicie 8.8% y 1.0 Ind/m. Las especies con mayor cobertura fueron *M. cavernosa* (2.9%) y *O. diffusa* (0.5%) en Barlovento y *Diploria* spp. (4.2%) y *S. radians* (3.8%) en Planicie. El 93.5% del área se encuentra desprovista de corales hermatípicos. Esta área está colonizada principalmente por Algas Filamentosas (46.3%),

ocupando la arena el segundo puesto con 18.6%, seguida de las Algas Calcáreas con 14%, por sólo 4.9% de Macroalgas. Por zonas hay mucha variabilidad en la cobertura, en Barlovento las Algas Filamentosas dominan ampliamente (60.9%) y las Calcáreas tienen cobertura del 19%, en cambio en Planicie la arena tiene la mayor cobertura el 33.2%, seguida de las Filamentosas con 31.6%. La proporción de corales con problemas de Mortalidad Parcial es del 35.3%, el segundo registro más bajo para el SAV, y en promedio pierden el 24% de tejido, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (92.5%). El segundo registro más alto de corales enfermos se da en este arrecife con 7.3% de colonias afectadas, principalmente por Mancha Negra y Plaga Blanca. También presentan el segundo registro más alto de Blanqueamiento, con 8.1%. Por zonas se presenta 11.8% en Barlovento, y 4.4% en Planicie. La Talla promedio fue la más baja para el sistema arrecifal con sólo 12.6 cm, variando de 14.5 cm en Barlovento, a 10.6 cm en Planicie. El índice de reclutamiento es el más bajo registrado para el SAV, al igual que en Isla de Sacrificios, con 0.8 Reclutas/m², variando en Barlovento con 0.9 Reclutas/m², a 0.6 Reclutas/m² en Planicie. La mayor cantidad de reclutas correspondieron a *Siderastrea* y *Oculina*. En Porites astreoides, los valores de los parámetros de crecimiento fueron: TEL 0.41 mm/año, D 1.35 g/cm³, y TC 0.55 g/cm²/año, valores promedio para el SAV. La densidad de erizos es la más alta en el SAV, 6.7 Ind/m², dominando ampliamente *Echinometra* con el 97% del total. Por zonas la densidad es de 5.8 Ind/m² en Barlovento y 7.5 Ind/m² en Planicie. El índice de reclutamiento es el más bajo registrado para el SAV, al igual que en Isla de Sacrificios, con 0.8 Reclutas/m², variando en Barlovento con 0.9 Reclutas/m², a 0.6 Reclutas/m² en Planicie. El agua frente a Hornos presentó una visibilidad promedio, los valores de los demás parámetros fueron bajos.

Arrecife Isla de Sacrificios

En total se registraron 15 especies de corales hermatípicos, 13 en Sotavento, 3 en Planicie y 11 en Barlovento. Siendo uno de los arrecifes con menor número de especies en Planicie. Las especies que presentaron la mayor abundancia para cada zona arrecifal fueron: *S. siderea* (34.4%) y *M. cavernosa* (33.1%) en Barlovento, *S. radians* (94.4%) y *Diploria* spp. (5.1%) en Planicie, y *S. siderea* (25.7%) y *C. natans* (18.3%) en Sotavento. La diversidad en este arrecife es relativamente baja $H' = 1.82$, y por zonas fue Barlovento $H' = 1.64$, Sotavento $H' = 2.22$, y Planicie $H' = 0.23$. La cobertura promedio de corales es de 19.5% con una densidad de 1 Ind/m. Por zonas la densidad es la promedio, en cambio la cobertura varía con 28% en Barlovento, 4.1% en Planicie y 26.5% en Sotavento. En cada zona las especies con mayor cobertura fueron las siguientes: *M. cavernosa* (16.5%) y *S. siderea* (6.5%) en Barlovento, *S. radians* (3.2%) y *Diploria* spp. (0.9%) en Planicie, y *S. siderea* (8.9%) y *C. natans* (7.7%) en Sotavento. La cobertura de los principales gremios algales en el área no provista de coral vivo, la cual ocupa el 80.5%, es: Algas Filamentosas 58.7%, Algas Calcáreas 7.4% y Macroalgas 4.0%. El área cubierta por diversos invertebrados, principalmente esponjas llega al 15.6%. En Barlovento las Macroalgas presentan una cobertura del 11.6% y los invertebrados del 29.4%; en Planicie la arena ocupa el 32.6%, y en Sotavento la cobertura de las Algas Filamentosas llega al 73%. La comunidad coralina presenta una proporción elevada de corales con Mortalidad Parcial, el 48.7% están afectados, los cuales pierden el 25.4% de su tejido, la mayoría por Mortalidad Parcial Antigua (91.6%). En este arrecife es el segundo con el promedio más alto de pérdida de tejido. La proporción de individuos enfermos es de 5.7%, siendo las enfermedades de Mancha Negra (Barlovento) y Banda Negra (Planicie) las más frecuentes. En Sotavento no se registró ningún coral enfermo. Con respecto al fenómeno de Blanqueamiento este

sólo se presentó en el 3.2% de las colonias, variando la incidencia en 2.6% para Barlovento, 1.4% para Planicie y 5.5% para Sotavento. La Talla promedio coralina fue de 24.6 cm, la variación registrada por zona arrecifal fue de 37.9 cm para Barlovento, 5.3 cm en Planicie y 30.6 cm en Sotavento. La densidad de Reclutas coralinos es 1.2 Ind/m², llegando hasta 1.9 Ind/m² en Sotavento por sólo 0.3 Ind/m² en las otras zonas. Los corales con mayor número de reclutas fueron *Siderastrea* y *Madracis*. Porites astreoides presentó valores promedio de 0.28 mm/año para la TEL, D= 1.63 g/cm³ y TC= 0.46 g/cm²/año. Los valores de la TEL y la TC son relativamente bajos. La densidad de erizos fue relativamente alta 4.4 Ind/m², y en este arrecife se presentó la proporción más alta de *D. antillarum*, que llegó al 31% del total. Fue en Planicie dónde se registró la mayor densidad con 12.6 Ind/m² de los cuales el 100% correspondieron a *Echinometra*, y aunque la densidad fue muy baja Barlovento 0.1 Ind/m², la proporción de erizos *Diadema* fue la más alta registrada con un 88% del total. Por lo que se refiere a los parámetros de calidad del agua los valores son en general bajos.

Arrecife Isla Verde

La riqueza específica registrada es de 17 especies de hermatípicos, 16 en Barlovento, 4 en Planicie y 11 en Sotavento. La abundancia relativa por zona fue la siguiente: *C. natans* (29.8%) y *M. cavernosa* (17.5%) en Barlovento, *Diploria* spp. (69.5%) y *S. radians* (23.4%) en Planicie, y *M. annularis* (31.1%) y *C. natans* (26.4%) en Sotavento. La diversidad fue de H' =2.2, y por zonas Barlovento H' =2.19, Sotavento H' =1.87, Planicie 0.8. En cuanto a cobertura se refiere en Isla Verde es de 30.7%, y la densidad de 1.0 Ind/m. La cobertura es la más alta registrada en el SAV. Por zonas la cobertura y densidad se presentan, respectivamente, de la siguiente forma: 20.3% y 0.8 Ind/m en Barlovento, 30.3%, y 0.8 Ind/m en Planicie, y 41.5% y 1.5 Ind/m en Sotavento. Para cada zona las especies con mayor cobertura fueron *C. natans* (7.1%) y *D. strigosa* (4.6%) en Barlovento, *Diploria* spp. (28.7%) y *S. radians* (1.2%) en Planicie, y *M. annularis* (14.4%) y *C. natans* (10%) en Sotavento. En el 69.3% del área restante, no cubierta por coral vivo, las Algas Calcáreas ocuparon el 31.6%, las Algas Filamentosas el 28.4%, y la Arena ocupó el 18%. En Barlovento las Algas Calcáreas fueron con mucho el grupo dominante con 73.2%, en Planicie el área ocupada por Arena llegó al 54%. Y en Sotavento, lugar en que dominaron las Algas Filamentosas con 42.6%, la Roca Coralina ocupó el 24.7%. En este arrecife se presentó la mayor proporción de colonias afectadas por Mortalidad Parcial con 61.7%, de las cuales el 97.7% corresponden a Mortalidad Parcial Antigua, y en promedio pierden el 26.3% de su tejido, que también representa el registro más alto para el SAV en este rubro. De la comunidad coralina el 6.1% están enfermos, principalmente de Plaga Blanca en Barlovento, Mancha Negra en Planicie y ambas enfermedades más Mancha Blanca en Sotavento. El fenómeno de Blanqueamiento se presentó en sólo el 1.7% de las colonias, el promedio más bajo para el SAV, variando desde cero en Sotavento, a 4.4% en Barlovento y 0.6% en Planicie. La Talla promedio de una colonia coralina fue de 39.5 cm, la más alta para el SAV, en Planicie 52.6 cm, en Barlovento de 33.3 cm y en Sotavento de 32.7 cm. La densidad de Reclutas para este arrecife fue de 2.6 Reclutas/m², variando desde 0.2 Reclutas/m² en Barlovento hasta >3.7 Reclutas/m² en Planicie y Sotavento, siendo *Siderastrea* y *Agaricia* los géneros con mayor número de reclutas. Los valores de los parámetros de crecimiento de *P. astreoides* fueron: TEL 0.54 cm/año, TC 0.76 g/cm²/año, que fueron los más altos para el SAV, y D 1.42 g/cm³. La densidad Erizos ramoneadores fue 1.6 Ind/m², de ellos el 98% correspondió a *Echinometra*. En Planicie la densidad llegó a 3.9 Ind/m². En cuanto a parámetros fisicoquímicos los valores fueron promedio, y en el caso de nutrientes bajos.

Arrecife Pájaros

En Pájaros se registraron 17 especies de hermatípicos, 7 en Barlovento, 12 en Planicie y 10 en Sotavento. Las especies más abundantes fueron *M. cavernosa* (33.3%) y *C. natans* (28.5%) en Barlovento, *S. radians* (51%) y *Diploria* spp. (20.2%) en Planicie, y *M. cavernosa* (20%) y *S. intersepta* (20%) en Sotavento. La diversidad ecológica fue de $H' = 2.18$, y por zonas Barlovento $H' = 1.79$, Sotavento $H' = 2.14$ y Planicie 1.40. La cobertura general llega 22.4%, con una densidad de 1.1 Ind/m, para este arrecife. Estos valores presentan una variación de 34% y 1.4 Ind/m en Barlovento, 11.2% y 0.7 Ind/m en Planicie, y 22.1% y 1.3 Ind/m en Sotavento, respectivamente. Por zonas las especies con mayor cobertura fueron *C. natans* (12.4%) y *M. cavernosa* (11.1%) en Barlovento, *Diploria* spp. (5.2%) y *S. radians* (3.1%) en Planicie y *M. cavernosa* (6.8%) y *S. radians* (3.5) en Sotavento. En la zona no cubierta por coral vivo que ocupa en 87.6% del total, las Algas Filamentosas fueron dominantes con 44.7%, seguidas de diversos invertebrados, principalmente esponjas con 28.1%, y 21.2% de Algas Calcáreas. En Barlovento la cobertura de Algas Filamentosas (34.5%) y Algas Calcáreas (38.3%) fue similar, sin embargo en Sotavento la cobertura de Algas filamentosas llegó a 54.9% y de esponjas a 35.4%. La proporción de corales con problemas de Mortalidad Parcial fue de 49.5%, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (97%), y cada colonia en promedio perdió 25.3% de su tejido. Pájaros fue el lugar dónde se registró el mayor número de corales enfermos con 7.9% de la comunidad afectada, principalmente por Mancha Negra y Plaga Blanca. También 6.3% presentaron el problema de Blanqueamiento, variando desde 14% en Sotavento, 4.9% en Barlovento y cero en Planicie. La Talla promedio coralina fue de 27.1 cm, 33.4 cm para Barlovento, 19.0 cm en Planicie y 28.8 cm en Sotavento. La cantidad de Reclutas es la segunda más alta para el SAV con 3.8 Reclutas/m², los géneros con mayor número de Reclutas fueron *Siderastrea* y *Agaricia*. Para *P. astreoides* los valores de crecimiento fueron: TEL 0.40 cm/año, D 1.32 g/cm³, y para TC 0.53 g/cm²/año. Pájaros fue uno de los arrecifes que presentaron las densidades más bajas de erizos con sólo 0.9 Ind/m², destacando el hecho de que no se registró ni un solo ejemplar de *D. antillarum*. La densidad varió de 0.7 Ind/m² en Planicie a 1.0 Ind/m² en Barlovento. En cuanto a parámetros fisicoquímicos los valores fueron promedio, y en el caso de nutrientes bajos.

2. Características por zona arrecifal en el SAV

Barlovento

En Barlovento se registraron un total de 23 especies de corales hermatípicos. Las únicas especies no registradas durante los muestreos fueron *L. cucullata*, *M. angulosa* y *P. porites*. Las especies más abundantes en esta zona fueron *C. natans* (19.6%) y *M. cavernosa* (18.1%). Fue la zona con mayor diversidad ecológica $H' = 2.57$, siendo más alta en el Grupo Sur $H' = 2.59$, con respecto al Grupo Sur $H' = 2.18$. La Cobertura promedio fue de 19.3%, con una densidad de 0.8 Ind/m, variando desde 19.8% en Barlovento Sur a 18.8% en Barlovento Norte. Las especies con mayor cobertura fueron *C. natans* (4.9%), *M. cavernosa* (4.6%) y *M. faveolata* (3%). En el Grupo Sur las de mayor cobertura fueron *M. faveolata* (5.8%), *C. natans* (5.6%), y *M. cavernosa* (1.7%). En el Grupo Norte *M. cavernosa* (7.5%), *C. natans* (4.3%) y *S. siderea* (1.9%). El 80.7% del área, que estaba cubierta por coral vivo, fue ocupada por Algas Filamentosas (44.4%), Algas Calcáreas (29.1%) y Macroalgas (10.7%). Barlovento Sur se destacó por una gran por una gran prporción de Macroalgas (17.2%), y Barlovento Norte presentó

muchas esponjas y anémonas (16.6%). La Mortalidad Parcial total fue 46.2%, con 91% de colonias con Mortalidad Parcial Antigua, que en promedio perdieron 21.2% de tejido. Para Barlovento Sur el promedio de 45.3%, perdiendo 19.4% de tejido, y para el Barlovento Norte de 47%, con 23.1% de tejido muerto. El total de colonias enfermas llegó a 2.4%, con 1.6 en Barlovento Sur y 3.2% en Barlovento Norte. Las enfermedades que con mayor frecuencia se presentaron fueron Plaga Blanca, seguida de Mancha Negra. En Barlovento Sur también se presentaron Hiperplasma y Banda Amarilla con una alta incidencia. El Blanqueamiento se presentó en 6.1% del total de colonias muestreadas, variando de 5.4% en Barlovento Norte a 6.8% en Barlovento Sur. La Talla promedio fue de 28.6 cm, 29.4 cm en Barlovento Sur y 27.7 cm en Barlovento Norte. El índice de Reclutamiento es de 1.3 Reclutas/m², variando de 1.2 Reclutas/m² en Barlovento Norte a 1.5 Reclutas/m² en Barlovento Sur. La mayoría de los Reclutas son del género *Agaricia* y le siguen *Siderastrea* y *Oculina*. La densidad de Erizos herbívoros fue de 1.0 Ind/m², variando de 0.4 Ind/m² en Barlovento Sur a 1.6 Ind/m² en Barlovento Norte, de los cual el 88% fueron *Echinometra*.

Planicie

En esta zona se registró el menor número de especies con sólo 17, las más abundantes fueron *S. radians* (59.3%), *Diploria* spp. (14.8%) y *S. siderea* (7.7%). Esta zona presentó la diversidad ecológica más baja con sólo $H' = 1.3$, siendo más baja en el Grupo Norte $H' = 1.13$, con respecto al Grupo Sur $H' = 1.32$. La cobertura general fue de 9.4% con una densidad de 1.1 Ind/m, variando de 5.8% y 1.3 Ind/m en Planicie Sur a 13% y 0.9 Ind/m en Planicie Norte, respectivamente. La cobertura más alta la presenta *Diploria* spp. (5.1%), seguida de *S. radians* (2.3%) y *P. astreoides* (0.5%). Sólo en el Planicie Sur *S. radians* tiene mayor cobertura. El área sin cobertura coralina es de 90.6%, de los cuales el 35.5% está cubierto por Arena, 9.5% por Algas Filamentosas, 12.2% por roca Coralina, 10.3% por Algas Calcáreas y 5.3% por Macroalgas. Estas proporciones se mantiene tanto el Planicie Norte como Sur. En esta zona es donde se presenta el menor número de corales con Mortalidad Parcial con 32.5%, que en promedio pierden el 23.5% de tejido, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (95%). La diferencia entre grupos es grande ya que Planicie Norte tiene una proporción de 44.3% de corales con mortalidad parcial, mientras que el Planicie Sur sólo 20.6%. En cuanto a enfermedades se refiere la incidencia es del 7.1%, 10.1% en Planicie Norte y 4.1% en Planicie Sur. Mancha Negra y Banda Negra fueron las enfermedades más frecuentes. El 3.1% de los corales presentaron Blanqueamiento, 4.7% en Planicie Norte y 1.6% en Planicie Sur. La Talla promedio fue la más baja, sólo 14.9 cm, con promedio de 20.4 cm en Planicie Norte y 9.5 cm en Planicie Sur. La densidad de Reclutas también fue la más alta en el SAV con 4.1 Reclutas/m², 1.6 Reclutas/m² en Planicie Norte y 6.2 Reclutas/m² en Planicie Sur. Los géneros con mayor número de Reclutas fueron *Siderastrea* y *Agaricia*. La densidad de Erizos es la más alta en el SAV, con 5.1 Ind/m², 4.8 Ind/m² en Planicie Sur y 5.5 Ind/m² en Planicie Norte, siendo *Echinometra* el más abundante (81%).

Sotavento

Se registraron 23 especies de corales hermatípicos, destacando el hecho no haberse encontrado: *M. lamarckiana*, *P. branneri* y *P. porites*. Las especies más abundantes fueron: *C. natans* (23%), *M. cavernosa* (15%) y *S. siderea* (15%). La diversidad ecológica fue $H' = 2.32$, con pocas diferencia entre Sur $H' = 2.07$ y Norte $H' = 2.24$. La cobertura coralina llegó a 32.7% la más alta en el SAV, con una densidad de 1.3 Ind/m. Sotavento Sur presenta una cobertura muy alta 39%, por sólo 28% en Sotavento Norte.

Por especies la cobertura se repartió de la siguiente manera: *C. natans* (8.4%), *M. faveolata* (7.3%) y *M. cavernosa* (4.7%). En Sotavento Sur la especie con mayor cobertura fue *M. faveolata* (14.3%) y en Sotavento Norte *C. natans* y *S. siderea* ambas con 5.9%. El área sin cobertura de coral vivo fue 67.3% del total. En esta área el 60.1% fue ocupado por Algas Filamentosas, 12.1% por Algas Calcáreas y 4.0% por Macroalgas, las esponjas y anémonas ocuparon el 15.5%. Esta es la zona con mayor proporción de Algas Filamentosas, y la más baja de Macroalgas, no hay diferencias importantes en Sotavento Norte y Sur. El promedio general de corales con Mortalidad Parcial fue de 63.7%, corales que perdieron el 24.1% de tejido, básicamente por Mortalidad Parcial Antigua (95.7%). Esta es la zona arrecifal, tanto Sotavento Norte como Sur con mayor incidencia de Mortalidad Parcial en el SAV. La proporción de corales enfermos es baja 2.6%, 3.6% en Sotavento Norte y 1.4% en Sotavento Sur. Plaga Blanca fue la enfermedad más frecuente. Sólo el 3.6% de la comunidad coralina presentó Blanqueamiento, principalmente en Sotavento Norte con 6.1%, por sólo 0.3% en Sotavento Sur. En esta zona se presentaron los corales con la Talla promedio más alta 37 cm, en Sotavento Norte 33.4 cm y en Sotavento Sur 41.9 cm. La densidad promedio de Reclutas fue de 2.2 Reclutas/m², variando desde 1.4 Reclutas/m² en Sotavento Sur a 2.8 Reclutas/m² en Sotavento Norte. *Agaricia* y *Siderastrea* son los géneros con mayor número de reclutas. En esta zona también se registró la densidad más baja de erizos para el SAV, con sólo 0.5 Ind/m², mismo promedio en Sotavento Norte y Sur; *Echinometra* contabilizó el 98% del total registrado.

3. Características por grupo arrecifal en el SAV

Grupo Sur

En este Grupo se registraron 25 especies de corales hermatípicos. La única especie no registrada fue *P. branneri*. La diversidad fue más alta en este Grupo $H' = 2.42$. La cobertura general es de 18.9% con una densidad de 1.1 Ind/m. Las especies con mayor cobertura fueron *M. faveolata* (5.6%), *C. natans* (4.8%), *M. cavernosa* (1.5%), *S. radians* (1.2%) y *S. siderea* (1.0%). El área no cubierta por coral vivo representó el 81.1% del total. La cobertura por gremios fue: Algas Filamentosas 41.9%, Algas Calcáreas 17.4%, Macroalgas 11.5%, Arena 13.4%, Roca Coralina desnuda 8.5%, e invertebrados (principalmente esponjas y anémonas) 8.6%. El 40.6% de la comunidad coralina presentó Mortalidad Parcial, principalmente Antigua (91.5%), y en promedio perdieron el 20.2% de tejido. Diferentes enfermedades, principalmente Plaga Blanca y Mancha Negra, afectaron el 2.5% de los corales. El Blanqueamiento se presentó en el 3.3% de los corales muestreados. La Talla promedio de la colonia coralina fue 24.6 cm. La densidad de Reclutas llegó a el 3.4%, siendo *Siderastrea*, *Agaricia* y *Madracis*, los más abundantes. Los valores promedio de crecimiento en *P. astreoides* fueron: TEL 0.37 cm/año, D 1.52 g/cm³, y TC 0.56 g/cm²/año. La densidad de erizos herbívoros fue de 2.1 Ind/m². Los resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos indican una visibilidad de 6.9 m, niveles no detectables de nutrientes, excepto Fosfatos con 0.2mg/l, un contenido de sólidos en suspensión de 12.8 mg/l y 4.5 mg/l de grasas y aceites.

Grupo Norte

Se registraron 23 especies especies de hermatípicos, las que no cayeron en ningún transecto fueron: *L. cucullata*, *M. angulosa* y *M. lamarckiana*. Presentó la diversidad ecológica más baja $H' = 2.24$. La cobertura promedio y densidad de hermatípicos fue de 19.4% y 1.0 Ind/m respectivamente, siendo las especies con mayor cobertura: *M.*

cavernosa (4.2%), *Diploria* spp. (3.8%), *C. natans* (3.3%), *S. siderea* (2.5%) y *S. radians* (1.7%). El 80.6% del área no está cubierta por coral vivo, y la cobertura por otros grupos es la siguiente: Algas Filamentosas 45.9%, Algas Calcáreas 19.2%, Invertebrados 13.9%, Arena 11.5%, Roca Coralina 7.4% y Macroalgas 3%. La incidencia de Mortalidad Parcial fue superior en este Grupo arrecifal con 50.3% de colonias afectadas, las que en promedio perdieron 25.3% de tejido, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (95.5%). También en este Grupo la prevalencia de enfermedades fue más alta 5.8%, siendo Mancha Negra y Plaga Blanca las enfermedades más frecuentes. El Blanqueamiento es otro fenómeno cuya presencia fue mayor en este Grupo con 5.4% de corales afectados. La Talla promedio de un coral hermatípico es de 26.7 cm. La densidad de reclutas es inferior con sólo 1.8 Reclutas/m², con *Siderastrea*, *Agaricia* y *Oculina* con el mayor número de reclutas. Los valores promedio de crecimiento en *P. astreoides* fueron: TEL 0.39 cm/año, D 1.40 g/cm³, y TC 0.53 g/cm²/año. Los erizos ramoneadores presentaron una densidad de 2.8 ind/m², siendo *Echinometra* más abundante con 89% del total registrado. La visibilidad promedio fue menor con sólo 5.2 m, el promedio general de nutrientes fue no detectable, y el contenido de sólidos en suspensión de 2.4 mg/l, y de grasas y aceites de 3.4%, que son un poco más bajos que en el Grupo Sur.

4. Características generales del SAV

Se registraron un total de 26 especies de corales hermatípicos, 25 escleractinios y 1 mileporino. Las especies más abundantes fueron: *S. radians* (24.1%), *C. natans* (13.0%), *M. cavernosa* (10.5%), *S. siderea* (10.2%) y *D. strigosa* (3.1%). La cobertura general por coral vivo es de 19.1%, con una densidad de 1.0 Ind/m. La Diversidad Ecológica del SAV fue: $H' = 2.4$. Las especies con mayor cobertura fueron: *C. natans* (4.1%), *M. faveolata* (3.0%), *M. cavernosa* (2.9%), *Diploria* spp., (2.2%) y *S. siderea* (1.8%). El área no cubierta por corales vivos alcanzó el 80.9%. Las Algas Filamentosas ocuparon el 44%, Algas Calcáreas 18.3%, Macroalgas 7.1%, Arena 12.4%, diversos Invertebrados (principalmente esponjas y anémonas) 11.3%, y Roca Coralina desnuda 7.9%. El problema de Mortalidad parcial afectó al 45.7% de las colonias coralinas, las que perdieron en promedio el 22.8% de tejido, principalmente por Mortalidad Parcial Antigua (93.6%). Las enfermedades afectaron al 4.2% de los corales del SAV, y las enfermedades más frecuentes fueron Mancha Negra (41.9%), Plaga Blanca (38.1%) y Banda Negra (7.7%). La proporción de individuos afectados por Blanqueamiento llegó al 4.4%. La Talla promedio de una colonia coralina fue de 25.7 cm. Por lo que se refiere a Reclutamiento coralina, la densidad general fue de 2.6 Reclutas/m². La mayor proporción de Reclutas fue para *Siderastrea* (51.9%), y le siguieron *Agaricia* (26.6%), *Porites* (7.8%), *Oculina* (4.4%) y *Madracis* (3.2%). Los valores promedio generales de los diferentes parámetros de crecimiento de *Porites astreoides* para el SAV fueron: TEL 0.38 mm/año, D 1.45 g/cm³, y TC 0.55 g/cm²/año. La densidad total de erizos herbívoros fue de 2.5 Ind/m², de los cuales 88% correspondió a *Echinometra* y 12% a *D. antillarum*. En general los valores promedio de los diversos parámetros fisicoquímicos para el SAV fueron: Visibilidad 6.2 m, Salinidad 33.9 UPS, Oxígeno Disuelto 7.2 mg/l, Sólidos Suspendidos 8.6 mg/l, Grasas y Aceites 4.1 mg/l. Con respecto a nutrientes y elementos traza los valores fueron no detectables, excepto para Fosfatos con un promedio de 0.1 mg/l.

5. Análisis comparativo: SAV vs. arrecifes del Atlántico Tropical Occidental

En 1999 se llevó a cabo una campaña de evaluación de la condición de los arrecifes del Atlántico Tropical Occidental (ATO), por parte de los integrantes del proyecto AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment: <http://www.agrra.org>), utilizando el Protocolo de Evaluación Rápida (RAP v4.0), el cual fue utilizado durante el presente estudio, aunque con algunas modificaciones. Los resultados de esa campaña de muestreo se presentan en la Tabla 4.1, los datos fueron publicados en un número especial de la revista *Atoll Research Bulletin* (No. 496, 2003). Es importante señalar que en el mismo volumen aparece un artículo que resume toda la información generada para todas las localidades (Kramer 2003), y cuyos valores difieren un poco de los presentados en la Tabla 4.1, ya que esta última representa los promedios de valores calculados directamente de los datos aportados para cada localidad por cada autor.

Riqueza específica

Durante los muestreos se encontraron directamente en los transectos 26 especies de corales escleractinios, un número alto si consideramos el promedio para el ATO de 21 especies. En términos generales se puede considerar al SAV como un comunidad coralina rica y bien conservada. Es importante señalar que el número total de especies reportadas para el SAV es de 36 (Horta-Puga *et al.* 2007), y algunas de las especies no aparecen en este estudio, fueron observadas durante los muestreos. Caso especial de mención es *Favia fragum* y *Dichocoenia stokesi*, estas especies no han vuelto a ser observadas desde hace más de 20 años (ver Horta-Puga y Carricart 1985, Tunnell 1988), así como tampoco fueron observadas durante la realización de este estudio, por lo que se infiere que, posiblemente, estas se han extinguido localmente.

Dominancia

En general en el ATO las especies dominantes en los ambientes arrecifales son las especies pertenecientes al denominado Complejo *M. annularis* (*M. annularis* + *M. faveolata* + *M. franksi*). También en el ATO son importantes: *Porites astreoides*, *P. porites*, *Montastraea cavernosa*, *Siderastrea siderea*, *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Acropora palmata* y *Agaricia agaricites*. Es contrastante el hecho de que en el SAV la especie dominante, por mucho, es *Siderastrea radians*, una especie que es muy abundante en la zona de planicie con muchos ejemplares de tallas pequeñas (<10 cm), lo que hace del SAV un ecosistema arrecifal único por su composición específica, aunque es necesario aclarar que en los resultados incluidos en la tabla 4.1 sólo se consideran corales con tallas >10 cm, lo que podría explicar la diferencia ya que aquí se incluyeron todos los ejemplares que eran interceptados en cada transecto. Aun así, si elimináramos a *S. radians* del análisis, las especies más abundantes, y por tanto dominantes en el SAV son, en orden descendente, *C. natans*, *M. cavernosa*, *S. siderea* y *D. strigosa*, que se caracterizan por ser especies que tienen una gran capacidad para deshacerse de las partículas sedimentarias que caen sobre ellos, lo que es muy importante considerando que en el SAV la visibilidad es baja por la presencia de una gran cantidad de sólidos en suspensión derivados de la descarga del Río Jamapa. Caso similar, de un arrecife que se desarrolla en aguas turbias por descarga fluvial, es el arrecife costero de Punta Cahuita, Costa Rica, en el que también *Siderastrea* spp. es el coral dominante. Por tanto, el patrón de dominancia del SAV es el típico de áreas arrecifales influenciadas por descarga fluvial.

Cobertura

Considerando sólo los promedios de cobertura para cada arrecife, que aplican para corales con una talla >10 cm, la cobertura general promedio en el ATO es de 20.5%. Por lo anterior, la cobertura general del SAV, de 19.1%, es en términos generales similar a lo evaluado en el ATO, lo que significa que la comunidad coralina se está desarrollando en condiciones aparentemente óptimas. Sin embargo, es necesario destacar la drástica caída en cobertura en todo el ATO, durante los últimos 30 años (Gardner *et al.* 2003), que también se ha presentado en el SAV (ver sección Resultados), es decir, en toda la región del Golfo de México y Mar Caribe la comunidad coralina se encuentra en un proceso de declive. Es importante notar que la Cobertura en el SAV es más alta que en cualquiera de las localidades del Caribe Mexicano, lo que implica que aún a pesar de ser el SAV un área arrecifal considerada como una de las más impactadas en el ATO (Lang *et al.* 1998, Horta-Puga 2007), la comunidad se está desarrollando mejor de lo esperado.

Densidad

La densidad promedio para el ATO es de 1.5 Ind/m², sin embargo hay que tomar en cuenta que en las evaluaciones del proyecto AGRRA sólo se incluyeron colonias con tallas >10 cm, lo que significa que, probablemente, la densidad real es mayor. Aún así, la densidad, de 1.0 Ind/m², para el SAV es 33% más baja que en el ATO. En el Caribe Mexicano la densidad es de 0.4-0.5 Ind/m², 50% más baja que en el SAV.

Tabla 4.1

Resultados generales de la evaluaciones en 1999 de varias comunidades arrecifales en el Atlántico Tropical Occidental por el Proyecto AGRAA

Localidad	RI	Abundancia	Cobertura	Densidad	Talla	MP	Enf	Blanq	Reclutas	Diadema	MA	AF	AC
#	Especies	%	Ind/m	cm	%	%	%	%	Rec/m ²	Ind/m ²	%	%	%
Abrolhos, Brazil		Mb>Mil>Mc>Mb>St	12.7	0.9	42.3	21.5	0.0	1.3	22.8	0.000	13.7	70.9	15.4
Abaco Island, Bahamas	36	Pa>Dc>Ds>Mil>Ap	14.3	0.7	40.3	21.9	0.9	0.7	0.4	0.000	34.0	46.5	20.0
Andros Island, Bahamas	17	Ma>Mk>Mf>Mc>Pp	26.0	1.0	55.0	38.0	10.7	4.6	10.8	0.003	46.5	19.3	33.1
Salvador Island, Bahamas		Mcomplex>Pa>Ap>Dc			46.5	25.6	2.2	2.4	6.4		44.3	30.5	25.2
Turks and Caicos	19	Ma>Mf>Ap>Pp>Pa	18.0	1.1	45.2	34.8	5.0	0.0	0.0	0.000	18.4	52.2	55.7
María La Gorda, Cuba	14	Ma>Mk>Ss>Mf>Ag	19.1	0.9	53.6	35.9	4.5	3.0	2.3	0.020	52.0	32.3	15.5
Cayman Islands	33	Ma>Ag>Pa>Mf>Pp	19.7	1.8	41.4	24.3	4.2	1.7	3.2	0.002	41.0	18.0	41.5
Virgin Islands	20	Ma>Mc>Ss>Mf>Mk	18.4	0.7	55.0	35.0	6.0	26.3	122.2	0.030	42.6	49.9	20.2
I. Barlovento, Antillas Holandesas	24	Mf>Ds>Pa>Mk>Mc	18.0	1.1	39.0	16.5	0.6	24.8	4.2	0.000	7.0	51.3	42.0
St. Vincent, West Indies	16	Ma>Pa>Pp>Mf>Mil	34.3	0.9	57.8	27.2	2.8	6.5	3.3	0.280	29.8	24.0	46.3
Curacao, Antillas Holandesas		Mf>Ma>Mc>Ag>Cn	29.7	1.5	53.0	22.0	9.4			0.003	21.8	56.5	21.7
Los Roques, Venezuela	28	Ap>Mf>Pa>Ma>Mc	29.8	12.0	85.0	41.5	1.8	2.0	1.9	0.040	3.0	59.8	37.5
Cahuita, Costa Rica	10	S>Ap,Ag,Mf,Ds	2.4	0.5	56.3	20.3	9.8	0.5	2.1	0.200	30.0	43.1	26.9
Central Belize		Pa>Mcomplex>At>Ss			40.7	33.5	1.5	16.0	7.8	0.000	25.8	45.7	17.9
Akumal, Mexico	19	Ma>Mf>Ss>Mc>Ap	17.3	0.5	89.2	31.8	5.2	12.8		0.000	43.8	34.6	21.7
Xcalak, Mexico	19	Ma>Mf>Ss>Mc>Ap	16.9	0.5	84.4	41.7	3.8	21.3		0.004	20.1	53.9	26.0
Caribe Mexicano Centro	24	Ma>Mf>Mc>Ds>Ag	12.9	0.4	58.3	36.7	19.3	1.3	3.6	0.001	24.8	50.2	24.9
Caribe Mexicano Sur	24	Ma>Mf>Mc>Ds>Ag	11.5	0.4	51.8	35.7	7.1	17.0	3.3	0.000	18.4	54.3	27.4
Flower Garden Banks, USA	11	Mk>Ds>Mc>Pa>Mf	51.5	1.2	87.0	13.0	0.0	11.0	2.0	0.012	9.0	75.5	15.3
SAV, Mexico (1999)	15	Mc>Cn>S>D>Ma	17.0	0.5	59.0	46.0	0.0	3.0	1.6	0.000	0.7	39.0	60.3
Promedio Atlántico Tropical	21		20.5	1.5	57.0	30.1	4.7	8.2	11.6	0.031	26.3	45.4	29.7
SAV, Mexico (2006-7)	26	Sr>Cn>Mc>Ss>Ds	19.1	1.0	25.7	45.7	4.2	4.4	2.6	0.300	10.3	63.7	26.0

Acropora: Ap= *A. palmata*, Agaricia: Ag= *A. agaricites*, Ar= *A. tenuifolia*, Colpophyllia: Cn= *C. natans*, Diploria: Dc= *D. clivosa*, Ds= *D. strigosa*, Millepora: Mil= *M. alcicornis*, Montastraea: Ma= *M. annularis*, Mc= *M. cavernosa*, Mf= *M. faveolata*, Mk= *M. franksi*, Mcomplex= *Ma + Mf + Mk*, Mussismilia: Mb= *M. braziliensis*, Mh= *M. hartii*, Porites: Pa= *P. astreoides*, Pp= *P. porites*, Siderastrea: Sr= *S. radians*, Ss= *S. sideraea*, St= *S. stellata*, S= *Sr + Ss*.

Talla

Tal como fue expuesto anteriormente, los datos de la Tabla 4.1 fueron obtenidos con corales >10 cm, por tanto la talla promedio, diámetro, de 57.0 cm, es más alto, más del doble que el aquí registrado para el SAV de 25.7 cm. La talla promedio en el SAV, está sesgada (mas baja) debido a que la especie más abundante en el SAV es *S. radians*, con una abundancia relativa del 24.1% cuyas colonias en su gran mayoría son muy pequeñas. Es importante señalar que los datos para el SAV en 1999, registran una talla promedio de 59 cm, por tanto se puede considerar que la talla promedio de una colonia coralina para el SAV refleja una buena condición. En general los corales en el Caribe Mexicano son más grandes que en el SAV.

Mortalidad Parcial

La condición o estado de salud de los corales del SAV es la más alarmante del ATO, ya que el 45.7% están afectadas por Mortalidad Parcial. El promedio general para el ATO es de 30.1%, y aunque hay localidades con porcentajes altos de colonias afectadas, como son Los Roques, Venezuela (41.5%) y Xcalak el Caribe Mexicano (41.7%), aún así, el SAV es el ecosistema arrecifal más afectado.

Enfermedades

La proporción general promedio para el ATO de corales afectados por enfermedad es de 4.7%, la cual es ligeramente superior al promedio del SAV de 4.2%. En el Caribe Mexicano el porcentaje de corales enfermos es más alto que en el SAV con niveles de hasta 19.3% en el área de Sian Ka'an. El arrecife Cahuita en Costa Rica, que también es un área influenciada por la descarga riverina, presenta niveles de enfermedad de 9.8%, el doble que en el SAV. Por lo anterior, se considera que una proporción de 4-5% de corales enfermos, se podría considerar normal en un ambiente arrecifal, y, por tanto, los corales del SAV no están seriamente afectados.

Blanqueamiento

El fenómeno de Blanqueamiento (pérdida de zooxantelas endosimbiontes) se da de manera natural en un población coralina sana, por lo cual es normal encontrar en todo momento algunos ejemplares blanqueados. El promedio general para el ATO es de 8.2%, el cuál es casi el doble de lo aquí registrado para el SAV con 4.4% de corales blanqueados. El promedio del SAV es también más bajo que lo registrado en el Caribe Mexicano, excepto en el área de Sian Ka'an. Por tanto, se considera que en el SAV los niveles de Blanqueamiento son bajos, comparados con el ATO, lo que significa que no hay problemas serios por este fenómeno en el área.

Reclutamiento

La densidad de reclutas promedio para el ATO fue de 11.6 Reclutas/m², sin embargo es necesario hacer que notar que existe un registro muy alto de 122.2 Reclutas/m² en Islas Vírgenes, que eleva mucho este promedio general; si se elimina selectivamente este registro el promedio disminuye a 4.7 Reclutas/m², que podría considerarse un valor más cercano a los valores normales de densidad de reclutas en el ATO. El promedio general para el SAV, de 2.6 Reclutas/m², es casi un 50% inferior a este último promedio, lo que implica que la capacidad de recuperación de la comunidad coralina, ante cualquier evento potencialmente catastrófico, es baja.

Comunidad de Herbívoros

Después de la epidemia que diezmo casi a la totalidad de los erizos *Diadema antillarum*, a inicios de la década de 1980s en todo el ATO, sus poblaciones no se han recuperado hasta muy recientemente, hecho que no pudo ser registrado durante la campaña AGRRA. En el SAV, durante el muestreo de 1999, no se encontró un solo erizo de esta especie, aunque se registró una gran cantidad de erizos del género *Echinometra* (*E. lucunter* + *E. viridis*). Durante el presente estudio se registró una densidad total de 2.5 Ind/m² (*Echinometra* spp. + *D. antillarum*). La densidad para *D. antillarum* para el SAV se estimó en 0.3 Ind/m², la cuál es un orden de magnitud más alta que la registrada para el ATO con 0.03 Ind/m², aunque el dato no es reciente. Por tanto, se considera que la comunidad de herbívoros muestra evidencias sólidas de recuperación, lo cual es un aspecto importante para el desarrollo de la comunidad arrecifal.

Cobertura de Gremios Algales

La cobertura por coral vivo en el SAV es de 19.1%, lo que significa que el 80.9% del área arrecifal está libre para ser ocupado por otros organismos. En términos absolutos las algas ocupan el 55.6% del sustrato disponible (Filamentosas 35.2% + Calcáreas 14.7% + Macroalgas 5.7%). Si consideramos la cobertura relativa, considerando el total del área ocupada por las algas como el 100%, la cobertura por gremio algal es: Filamentosas 63.7%, Calcáreas 26.0% y Macroalgas 10.3%. Estos valores son los que son directamente comparables con los registrados en la campaña AGRRA (Tabla 4.1). La proporción de Algas Filamentosas es un 40% más alta y la de Macroalgas es un 60% más baja, en el SAV que en el ATO. En cambio los valores de macroalgas son similares, ligeramente más bajos en el SAV. Estos resultados sugieren que el SAV es un ambiente bajo en nutrientes (N y F) por el porcentaje bajo de Macroalgas, pero con una comunidad de herbívoros, principalmente peces, disminuida, lo que favorece la proliferación de las Algas Filamentosas. También es importante destacar el hecho de que, a pesar de que la proporción de Algas Calcáreas es similar, la densidad de reclutas en el SAV es más baja, lo que sugiere que existe algún factor, no determinado, que está influyendo negativamente en el éxito de asentamiento y desarrollo de los corales juveniles.

6. Análisis de Agrupamiento de Resultados

Se elaboró un análisis de agrupamiento, utilizando los datos ecológicos para cada uno de los arrecifes incluidos en el estudio, a fin de determinar si existe un patrón de distribución especial considerando las características ambientales en la zona costera frente al Puerto de Veracruz. La Tabla 4.2 muestra los datos utilizados para hacer el análisis comparativo, y en la Tabla 4.3 se muestran los datos normalizados a una misma escala (0-1), considerando para cada variable el valor más alto equivalente a 1 (uno), y los demás valores se asignan según la proporción con respecto a ese valor (<1).

Tabla 4.2

Matriz de datos de la comunidad arrecifal, por arrecife en el SAV, para el análisis de agrupamiento

Variable	Arrecifes										
	A	B	C	Ch	IE	G	H	IS	IV	P	
Riqueza específica (# spp)	20	14	17	12	20	16	7	15	17	17	
Densidad (ind/m)	1.3	1.0	0.6	1.7	1.1	0.8	0.7	1.0	1.0	1.1	
Cobertura (% cobertura relativa)	0.19	0.26	0.11	0.17	0.23	0.13	0.07	0.20	0.31	0.22	
# spp AbRel>10%	4	4	3	1	3	3	3	3	5	5	
# spp CobAbs>1%	2	6	2	6	3	2	1	3	5	4	
Densidad Reclutas (Rec/m²)	2.6	4	1.9	10.1	1.1	1.2	0.8	0.8	2.6	3.8	
% Mortalidad Parcial	36.6	26.6	43.6	30.5	38	51.4	35.3	48.7	61.7	49.5	
% Tejido perdido	23.1	19.1	19.4	22.9	17.0	24.9	24.0	25.4	26.3	25.3	
% Enfermos	1.7	0.9	5.2	2.2	2	2.3	7.3	5.7	6.1	7.9	
% Blanqueamiento	2.6	2.2	2.1	5	4.7	8.4	8.1	3.2	1.7	6.3	
Talla (cm)	26.5	29.6	25.3	17.2	23.8	25.1	12.6	24.6	39.5	27.1	
Cob AF (%)	36.1	68.2	47.7	31.3	40.3	51.4	46.3	58.7	28.4	44.7	
Cob MA (%)	9.1	0.1	11.6	6.9	20.5	3.1	4.9	4	1.6	1.6	
Cob AC (%)	34.7	21.4	9.8	18.9	5.1	20.7	14	7.4	31.6	21.2	
Densidad Erizos (Ind/m²)	5.5	2.1	0.8	0.8	1	1.2	6.7	4.4	1.6	0.9	
% Diadema	13	12	8	19	20	11	4	31	2	0	
Tasa Calcificación (g/cm²/año)	0.52	0.38	0.8	0.38	0.55	0.55	0.55	0.46	0.76	0.53	
Indice Diversidad (H')	2.43	2.35	2.11	1.25	2.00	2.20	1.45	1.82	2.20	2.18	
Equitatividad (E)	0.80	0.87	0.73	0.50	0.67	0.77	0.75	0.66	0.75	0.79	

A los datos se aplicó un análisis de agrupamiento, mediante el uso del paquete NTSYSpc v2.2 (Applied Biostatistics). La matriz de datos (Tabla 4.3) se utilizó para determinar el grado de similitud entre los arrecifes mediante el Índice de Distancia Euclidiana (ID), y a partir de éste se construyó un dendrograma utilizando la técnica de ligamiento promedio (UPGMA), el que ejemplifica la similitud entre los distintos arrecifes (Figura 4.1).

En el dendrograma de la Figura 4.1 se observa, en principio una similitud promedio alta entre grupos (ID <0.35). Destaca el Arrecife Chopas como un arrecife muy diferente de los demás, aunque por su ubicación geográfica, cabría esperar un mayor grado de similitud con los arrecifes aledaños (La Blanca e Isla de Enmedio). El arrecife Hornos también se separa como un grupo independiente, quizás por el hecho de estar situado inmediatamente frente la zona urbana, lo que lo hace diferente. También resulta inesperado el hecho de que a los arrecifes Galleguilla y Cabezo formen un grupo independiente, ya que son los arrecifes que están más alejados el uno del otro, además Galleguilla está situado muy cerca de la zona portuaria y, por tanto, teóricamente más impactado. También destaca el hecho de que no se separen como grupos independientes los Grupos Norte y Sur, y/o los que están cerca de la desembocadura del Río Jamapa, o los que están situados cerca de la zona urbana de Veracruz.

Tabla 4.3
Matriz de datos normalizados de la comunidad arrecifal, por arrecife en el SAV, para el análisis de agrupamiento

Variable	Arrecife									
	A	B	C	Ch	IE	G	H	IS	IV	P
Riqueza específica (# spp)	0.769	0.538	0.654	0.462	0.769	0.615	0.269	0.577	0.654	0.654
Densidad (ind/m)	0.765	0.588	0.353	1.000	0.647	0.471	0.412	0.588	0.588	0.647
Cobertura (% cobertura relativa)	0.193	0.263	0.111	0.168	0.226	0.133	0.065	0.195	0.307	0.224
# spp AbRel>10%	0.800	0.800	0.600	0.200	0.600	0.600	0.600	0.600	1.000	1.000
# spp CobAbs>1%	0.333	1.000	0.333	1.000	0.500	0.333	0.167	0.500	0.833	0.667
Densidad Reclutas (Rec/m²)	0.257	0.396	0.188	1.000	0.109	0.119	0.079	0.079	0.257	0.376
% Mortalidad Parcial	0.366	0.266	0.436	0.305	0.378	0.514	0.353	0.487	0.617	0.495
% Tejido perdido	0.231	0.191	0.194	0.229	0.17	0.249	0.24	0.254	0.263	0.253
% Enfermos	0.017	0.009	0.052	0.022	0.02	0.023	0.073	0.057	0.061	0.079
% Blanqueamiento	0.026	0.022	0.021	0.05	0.047	0.084	0.081	0.032	0.017	0.063
Talla (cm)	0.671	0.749	0.641	0.435	0.603	0.635	0.319	0.623	1.000	0.686
Cob AF (%)	0.361	0.682	0.477	0.313	0.403	0.514	0.463	0.587	0.284	0.447
Cob MA (%)	0.091	0.001	0.116	0.069	0.205	0.031	0.049	0.04	0.016	0.016
Cob AC (%)	0.347	0.214	0.098	0.189	0.051	0.207	0.14	0.074	0.316	0.212
Densidad Erizos (Ind/m²)	0.821	0.313	0.119	0.119	0.149	0.179	1.000	0.657	0.239	0.134
% Diadema	0.130	0.120	0.080	0.190	0.200	0.110	0.040	0.310	0.020	0.000
Tasa Calcificación (g/cm²/año)	0.650	0.475	1.000	0.475	0.688	0.688	0.688	0.575	0.950	0.663
Indice Diversidad (H')	1.000	0.967	0.867	0.514	0.820	0.902	0.596	0.747	0.904	0.896
Equitatividad (E)	0.800	0.869	0.731	0.504	0.666	0.775	0.746	0.656	0.747	0.787

Por tanto no se descubre un patrón de distribución especial discernible, de acuerdo a la posición geográfica de cada arrecife, lo que aunado a una similitud promedio alta (los valores de ID cercanos a cero, indican mayor similitud) entre arrecifes, indica que las condiciones ambientales propias de cada sitio, no están condicionando diferencias importantes en la comunidad arrecifal. En pocas palabras, en términos generales, si bien hay diferencias importantes cuando analizamos cada variable de la comunidad por separado, al conjuntar todas las variables para hacer un análisis de agrupamiento, los resultados sugieren un ecosistema arrecifal que en su conjunto es homogéneo.

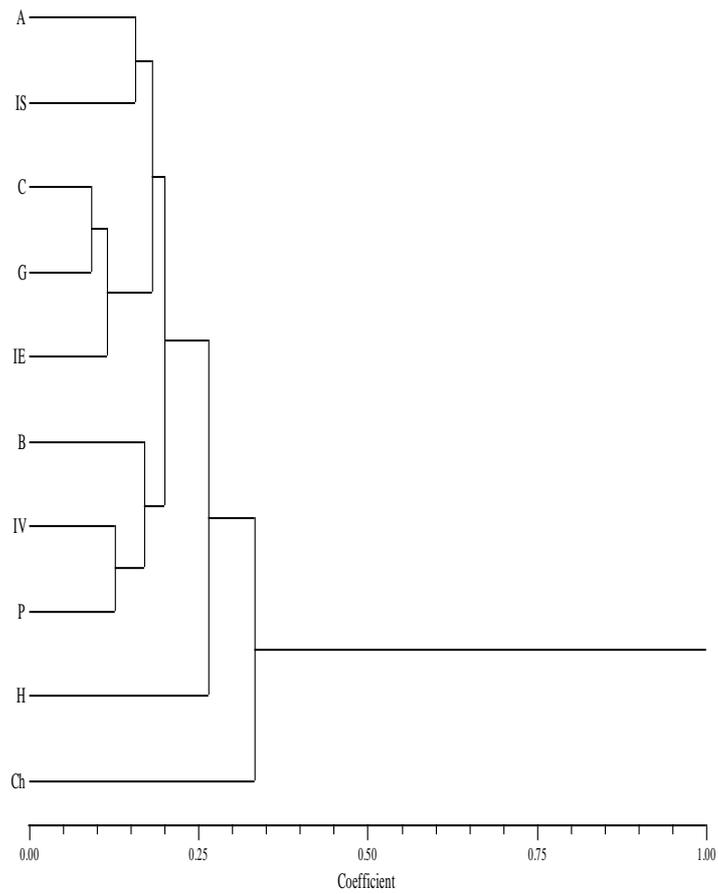


Figura 4.1 Dendrograma derivado del análisis de agrupamiento por la técnica de ligamiento promedio. Se utilizó el índice de similitud de distancia euclidiana.

CONCLUSIONES PARTICULARES

Diversidad

1. Durante los muestreos se registraron 26 especies de corales hermatípicos.
2. El arrecife con mayor diversidad fue Anegada de Afuera , y Hornos el menos diverso.
3. La zona de Planicie es menos diversa, sólo 17 especies registradas, por 23 en cada zona de talud.
4. El Grupo Sur presentó una mayor diversidad.
5. Una sola especie se presentó en todos los arrecifes del SAV: *Siderastrea radians*.
6. *Mussa angulosa* y *Mycetophyllia lamarckiana*, fueron las especies más raras.
7. Se considera la posibilidad de un proceso de extinción local para las especies: *Favia fragum* y *Dichocoenia stokesi*.

Abundancia

1. Las especies más abundantes en el SAV, en orden son: *S. radians* > *C. natans* > *M. cavernosa* > *S. siderea* > *D. strigosa*.
2. Las especies más abundantes para zona arrecifal son: Barlovento y Sotavento *C. natans* > *M. cavernosa* > *S. siderea*; y en Planicie *S. radians* > *Diploria* spp. > *P. porites*.
3. Dado que las especies dominantes en términos de abundancia son las mismas para las zonas de Barlovento y Sotavento, se considera que las condiciones ambientales en cada zona son similares y/o la capacidad adaptativa de las poblaciones de estas especies en el SAV es alta, lo que les permite ser especies altamente competitivas.
4. 24.1% de los individuos muestreados correspondieron a la especie *S. radians*., la más abundante en el SAV. En la zona de Planicie representó el 59.3%.
5. Las especies raras (abundancia relativa < 1%) fueron: *Acropora palmata*, *A. fragilis*, *Agaricia lamarcki*, *Leptoseris cucullata*, *Manicina areolata*, *Mussa angulosa*, *Mycetophyllia lamarckiana*, *P. branneri*, y *Scolymia cubensis*.
6. Comparando con los resultados de la campaña AGRRA en 1999 para el SAV, no se encontraron diferencias significativas para la zona de Barlovento en el Grupo Norte, por lo que, en términos de abundancia relativa, las especies son las mismas para el periodo 1999-2007.
7. Es interesante notar como algunas especies que generalmente no son abundantes llegan a ser dominantes o muy abundantes en algunas zonas y/o arrecifes como son los casos de:
 - A. *Agaricia humilis*: Anegada de Afuera, Barlovento.
 - B. *Porites porites*: Anegada de Afuera, Planicie.
 - C. *Madracis decactis*: La Blanca Barlovento.
 - D. *Oculina diffusa*: Galleguilla y Hornos, Barlovento.
 - E. *Stephanocoenia intersepta*: Pájaros, Sotavento.

Cobertura

1. La cobertura de coral vivo en el SAV es de 19.1%, siendo similar (no hay diferencias estadísticamente significativas) para el Grupo Norte 19.4% y Grupo Sur 18.9%.
2. Por zonas la cobertura fue mayor en Sotavento 32.7%, seguida de Barlovento 19.3% y por último Planicie 9.4%.
3. La zona arrecifal con mayor cobertura fue Sotavento del Grupo Sur: 39.0%.
4. La zona arrecifal con menor cobertura fue Planicie del Grupo Sur: 5.8%.
5. El Arrecife con mayor cobertura es Isla Verde: 30.7%.
6. El Arrecife con menor cobertura es Hornos: 6.5%.
7. El sitio de muestreo con mayor cobertura es Isla de Enmedio, Sotavento: 55.8%.
8. El sitio de muestreo con menor cobertura es: Cabezo, Planicie: 2.2%.
9. Las especies con la mayor cobertura en el SAV: *C. natans*> *M. faveolata*> *M. cavernosa*> *Diploria*> *S. siderea*.
10. En el Grupo Norte las especies con mayor cobertura: *M. cavernosa*> *Diploria*> *C. natans*> *S. siderea*> *S. radians*.
11. En el Grupo Sur las especies con mayor cobertura: *M. faveolata*> *C. natans*> *M. cavernosa*> *S. radians*> *S. siderea*.
12. En la zona de Barlovento las especies con mayor cobertura: *C. natans*> *M. cavernosa*> *M. faveolata*> *S. siderea*> *Diploria*.
13. En la zona de Planicie las especies con mayor cobertura: *Diploria*> *S. radians*> *P. astreoides*> *P. porites*.
14. En la zona de Sotavento las especies con mayor cobertura: *C. natans*> *M. faveolata*> *M. cavernosa*> *S. siderea*> *M. annularis*.
15. La cobertura en el SAV ha disminuido drásticamente de 32.6% en 1966 a 19.1% en el 2007; una disminución del 45% en un periodo de 30 años. Lo que significa un deterioro ostensible del medio arrecifal en el SAV.
16. La cobertura general promedio para el SAV aumento ligeramente (aunque la diferencia no es estadísticamente significativa) de 17.0% en 1999 a 19.1% en el 2007. Aunque no se puede afirmar categóricamente, es posible que se esté logrando la recuperación, al menos parcial del SAV.
17. La cobertura general en el SAV es ligeramente superior a la registrada para diversidades localidades arrecifales del Caribe Mexicano.
18. La cobertura general en el SAV es ligeramente inferior a la registrada para el Atlántico Tropical.
19. Por lo anterior, se considera que el SAV, es un ecosistema arrecifal que se encuentra en un estado moderado de conservación, a pesar de estar sometido a presiones ambientales muy fuertes.

Cobertura Algal

1. El área no cubierta por corales hermatípicos vivos corresponde a 80.9% del total disponible en el SAV.
2. Considerando como sólo el área disponible, la cobertura en el SAV se distribuye de la siguiente manera: Algas Filamentosas 44.0%, Algas Calcáreas 18.3%, Macroalgas 7.1%, Arena 12.4%, Invertebrados diversos (esponjas, anémonas, corales córneos, briozoos, etc.) 11.3%, Roca coralina desnuda 7.9%.
3. Se establece un patrón de dominancia algal de la siguiente forma:
ALGAS FILAMENTOSAS > ALGAS CALCÁREAS > MACROALGAS
4. En general el patrón de dominancia se mantiene, con variaciones, en todos los Grupos (Norte y Sur), Zonas (Barlovento, Planicie y Sotavento) y Arrecifes.
5. La dominancia del sustrato por las Algas Filamentosas indica un bajo índice de herbivoría.
6. La presencia de Macroalgas con baja cobertura indica un ambiente con una biodisponibilidad baja de nutrientes.
7. Las Macroalgas llegan a ser el segundo grupo con mayor cobertura en los arrecifes Chopas e Isla de Enmedio.
8. Las Algas Calcáreas llegan a ser el grupo dominante en algunos sitios de muestreo como son: Barlovento, Anegada de Afuera; Barlovento, Isla Verde; y Barlovento, Pájaros.
9. Las Macroalgas llegan a ser el grupo dominante en Barlovento, Isla de Enmedio.
10. La Zona de Planicie se caracteriza por presentar áreas amplias cubiertas por Arena y/o Roca Coralina Desnuda.
11. En términos generales se ha presentado un incremento en la abundancia de Algas Filamentosas y una disminución en las Algas Calcáreas, comparando con los resultados para el SAV en 1999.
12. El patrón de dominancia es similar para el ATO y para el SAV.
13. La cobertura de Macroalgas es 60-70% más baja en el SAV, lo que indica un ambiente con una biodisponibilidad baja de nutrientes.

Mortalidad Parcial

1. Una proporción muy alta, el 45.7%, de las colonias coralinas en el SAV, presentan en promedio un 22.8% de tejido perdido por el fenómeno de Mortalidad Parcial.
2. En general el 93.6% presentaron Mortalidad Parcial Antigua, por sólo un 6.4% con Mortalidad Parcial Reciente. Proporción que se mantuvo
3. La incidencia es mayor en el Grupo Norte: 50.3%, con 25.3% de tejido perdido, que para el Grupo Sur: 40.6% y 20.2% de tejido necrosado.
4. Por zonas arrecifales la mayor incidencia se presentó en Sotavento: 63.7%, en Barlovento: 46.2% y en Planicie: 32.5%.
5. El arrecife con mayor incidencia es Isla Verde: 61.7%.
6. El arrecife con menor incidencia es Chopas: 30.5%.
7. La proporción promedio general de corales con Mortalidad Parcial para el Caribe es de 30.1%, que es más bajo comparado con el SAV con 45.7%. Por lo anterior, se considera que en el SAV la comunidad coralina en lo general se encuentra seriamente afectada.

8. En general en los arrecifes del Caribe Mexicano la proporción de corales con Mortalidad Parcial es menor que en SAV.
9. La proporción de corales afectados por Mortalidad Parcial en el SAV, prácticamente no ha variado desde 1999: 46.0% al 2007: 45.7%.

Enfermedades

1. Una proporción moderada de colonias coralinas, el 4.2%, presentan síntomas de alguna de las enfermedades que se reconoce aquejan a los corales escleractinios.
2. En el Grupo Norte la incidencia de enfermedades, 5.8%, fue mayor que en el Grupo Sur 2.5%.
3. La zona de Planicie fue la más afectada con 7.1% de colonias enfermas, por sólo 2.4% en Barlovento y 2.6% en Sotavento.
4. El arrecife con mayor incidencia de corales enfermos es Pájaros con 7.9%.
5. El arrecife con menor incidencia de corales enfermos es La Blanca con 0.9%.
6. Se detectó la presencia de 7 enfermedades diferentes en el SAV: Banda Amarilla, Banda Negra, Hiperplasma, Mancha Blanca, Mancha Negra, Necrosis rápida y Plaga Blanca.
7. La enfermedad más frecuente es la Mancha Negra, afectando al 41.9% de las colonias enfermas, seguida de Plaga Blanca con 38.1%, y más atrás Banda Negra con 7.7%.
8. La proporción promedio general de corales enfermos para el Caribe es de 4.7%, que es relativamente más alto comparado con el SAV con 4.2%. Por lo anterior, se considera que en el SAV la proporción de colonias enfermas es la promedio típica del ATO.
9. En general en los arrecifes del Caribe Mexicano la proporción de corales enfermos es mayor que en SAV.
10. La proporción de corales enfermos en el SAV se ha incrementado drásticamente de 1999, cuando no se registraron corales enfermos al 2007 con un 4.2%.

Blanqueamiento

1. La proporción de colonias que presentan el fenómeno de Blanqueamiento es de 4.4%
2. La incidencia de Blanqueamiento es mayor en el Grupo Norte 5.4%, que en el Grupo Sur 3.3%.
3. La mayor incidencia de Blanqueamiento se registró en Barlovento: 6.1%, por 3.6% en Sotavento y 3.1% en Planicie.
4. Los arrecifes con mayor incidencia de Blanqueamiento son Galleguilla: 8.4% y Hornos: 8.1%.
5. Los arrecifes con menor incidencia de Blanqueamiento son Cabezo: 2.1% e Isla Verde: 1.7%.
6. El sitio de muestreo con la mayor incidencia de Blanqueamiento es Planicie de Galleguilla: 16.8%.
7. En general el promedio de colonias que presentan Blanqueamiento es menor en el SAV: 4.2%, la mitad del promedio para el ATO: 8.2%.
8. En general en los arrecifes del Caribe Mexicano la proporción de corales con Blanqueamiento es mayor que en SAV.

Talla

1. La talla (diámetro promedio) de los corales del SAV: 25.7 cm.
2. En general no hay diferencia en la talla de los corales del Grupo Norte: 26.7 cm y del Grupo Sur: 24.6 cm.
3. Los corales de la zona de Sotavento: 37.0 cm, son significativamente más grandes que los de Barlovento: 28.6 cm y Planicie: 14.9 cm.
4. El arrecife con corales de talla promedio mayor es Isla Verde: 39.5 cm.
5. El arrecife con corales de talla promedio menor es Hornos: 12.6 cm.
6. El sitio de muestreo dónde se encontraron los corales con la talla mayor es Planicie de Isla Verde: 52.6 cm.
7. El sitio de muestreo dónde se encontraron los corales con la talla menor es Planicie de Chopas: 2.9 cm.
8. Es difícil establecer un marco comparativo con los datos registrados para el ATO (Proyecto AGRRA) ya que en este último sólo se consideraron corales con tallas >10 cm. Por tanto los resultados indican una talla promedio de 57.0 cm, que es claramente superior a lo registrado para el SAV: 25.7 cm.

Reclutamiento

1. La densidad de reclutas coralinos en el SAV es 2.6 Rec/m².
2. Se registró un índice de reclutamiento mayor en el Grupo Sur: 3.4 Rec/m², que en el Grupo Norte: 1.8 Rec/m².
3. La mayor cantidad de reclutas se presentó en la zona de Planicie: 4.1 Rec/m², seguida de Sotavento: 2.2 Rec/m² y Barlovento: 1.3 Rec/m².
4. El arrecife con la mayor cantidad de reclutas es Chopas 10.1 Rec/m².
5. Los arrecifes con la menor cantidad de reclutas son: Hornos e Isla de Sacrificios: 0.8 Rec/m².
6. Las especies de reclutas más abundantes son:
Siderastrea > Agaricia > Porites > Oculina > Madracis
7. La densidad de reclutas en el SAV aumentó de 1.6 Rec/m² en 1999 a 2.6 Rec/m² en el 2007.
8. La densidad de reclutas en el SAV: 2.6 Rec/m² es ~70% inferior a la registrada en promedio para el ATO: 11.6 Rec/m².
9. Dado el bajo índice de reclutamiento, en general se considera que la capacidad de regeneración del ecosistema es baja.

Crecimiento

1. Los parámetros de crecimiento promedio de *Porites astreoides* en el SAV son: Extensión: 0.38 cm/año, Densidad 1.45 g/cm³ y Tasa de Calcificación: 0.55 g/cm²/año.
2. No existen diferencias significativas entre los valores para los diferentes Grupos, Norte y Sur, en el SAV.
3. La Extensión presenta el valor más alto en Isla Verde: 0.54 cm/año y el más bajo en Anegada de Adentro 0.25 cm/año.

4. La Densidad presenta el valor más alto en Cabezo: 1.73 g/cm^3 y el más bajo en Galleguilla 1.31 g/cm^3 .
5. La Tasa de Calcificación presenta su valor más alto en Cabezo: $0.80 \text{ g/cm}^2/\text{año}$, y el más bajo en Anegada de Adentro: $0.35 \text{ g/cm}^2/\text{año}$.

Herbívoros Ramoneadores: Erizos

1. La densidad promedio de erizos en el SAV (*Diadema antillarum*: 0.3 Ind/m^2 + *Echinometra*: 2.2 Ind/m^2) es de 2.5 Ind/m^2 .
2. La proporción entre *Echinometra*: 88% y *Diadema*: 12%.
3. La densidad es mayor en el Grupo Norte: 2.8 Ind/m^2 que en el Grupo Sur 2.1 Ind/m^2 .
4. Por zonas arrecifales la mayor densidad se presenta en Planicie: 5.1 Ind/m^2 , seguido de Barlovento 1.0 Ind/m^2 y Sotavento 0.5 Ind/m^2 .
5. El arrecife con la mayor densidad es Hornos: 6.7 Ind/m^2 .
6. Los arrecifes con menor densidad son Cabezo y Chopas: 0.8 Ind/m^2 .
7. En la zona de Sotavento se presentó la proporción más baja de *Diadema*: 2%, y en Sotavento del Grupo Norte prácticamente no se registró el erizo *Diadema*.
8. En el arrecife Pájaros no se registró *Diadema*.
9. La cantidad de erizos *Diadema* en el SAV (0.3 Ind/m^2) es 10 veces mayor que la registrada en promedio para el ATO en 1999 (0.03 Ind/m^2).
10. En 1999 no se registró *Diadema* en el SAV.
11. La población de *D. antillarum*, importante especie herbívora, se está recuperando en el SAV.

CONCLUSIONES GENERALES

El Sistema Arrecifal Veracruzano está sometido a una alta presión antropogénica debido a la presencia en sus inmediaciones del núcleo urbano, industrial, turístico, pesquero y portuario más importante del sur del Golfo de México como lo es la Ciudad de Veracruz y la zona conurbada de Boca del Río y Antón Lizardo; la influencia directa de la descarga fluvial del río Jamapa, que acarrea sedimentos y contaminantes químicos de zonas agropecuarias, urbanas e industriales (Córdoba-Orizaba) del centro del estado de Veracruz; el transporte y deposición de aerosoles y contaminantes químicos, vía atmosférica, desde el área continental (México-EUA); y el transporte de materiales disueltos por las corrientes oceánicas superficiales provenientes del Banco de Campeche y del norte del Golfo de México; por lo cual se le ha considerado uno de los ecosistemas arrecifales, a nivel mundial, más amenazados y con mayor cantidad de problemas ambientales. Adicionalmente, al igual que los demás arrecifes del Atlántico occidental tropical, se ha visto afectado por epidemias que han diezmando las poblaciones del coral *Acropora* y del erizo *Diadema*, afectando considerablemente la estructura de la comunidad arrecifal. Considerando lo anterior, se llevó a cabo una evaluación de este importante ecosistema arrecifal, el más extenso y mayor desarrollado en el Golfo de México. Las conclusiones generales derivadas del estudio realizado son:

1. EL SAV es un sistema arrecifal bien estructurado, desde el punto de vista geológico, ya que las zonas arrecifales típicas de los arrecifes de tipo costero y/o plataforma están bien desarrolladas.
2. La esclerodiversidad es moderada, con 36 especies registradas, de las cuales sólo 26 fueron encontradas durante los muestreos, debido a que se desarrolla en el límite de distribución occidental de la Provincia Biogeográfica del Caribe.
3. Se considera la posibilidad de un proceso de extinción local para las especies: *Favia fragum* y *Dichocoenia stokesi*.
4. Las especies más abundantes son eurioicas, es decir especies con la capacidad para resistir condiciones adversas en los límites de tolerancia ambientales.
5. La cobertura general promedio (19.1%) aunque ligeramente inferior a la registrada en promedio para el ATO, se considera representa un ambiente arrecifal en un estado moderado de conservación.
6. Al igual que en todo el ATO, la comunidad coralina ha disminuido considerablemente durante las últimas décadas, lo que se ha manifestado como una disminución en el área cubierta por coral vivo.
7. La zona de Sotavento presenta una mayor cobertura por coral vivo, lo que indica que es la zona de crecimiento activo con las mejores condiciones para el desarrollo de la comunidad coralina.
8. El área no cubierta por coral vivo, 80.9% del total disponible, está cubierta principalmente por algas, que se fijan directamente sobre la roca coralina, principal sustrato disponible para el asentamiento de las especies bénticas.
9. Las Algas Filamentosas son el grupo algal con mayor cobertura, y las Macroalgas presentan una cobertura baja, lo que es indicativo de un ambiente con índices bajos herbivoría y una biodisponibilidad baja de nutrientes.
10. Las especies de corales con mayor cobertura son las típicas de ambientes arrecifales costeros con sedimentación terrígena.

11. Más de la mitad de la comunidad coralina (54.3%) presenta problemas de mortalidad parcial, enfermedades o el fenómeno de blanqueamiento, lo que aunado al hecho de que el índice de reclutamiento es ~70% más bajo que en el ATO, podría comprometer la capacidad de recuperación del ecosistema ante una eventual situación de contingencia ambiental.
12. Dado que la densidad de erizos ramoneadores es considerablemente más alta que en el ATO, es posible que la gran abundancia de algas se explique por la disminución en las poblaciones de peces herbívoros, causada por la sobrepesca y/o la destrucción de las zonas de crianza de peces juveniles, principalmente áreas de manglares.
13. La población del erizo *Diadema antillarum*, importante especie herbívora en el ATO, se está recuperando en el SAV.
14. Aunque la comunidad coralina del SAV se está desarrollando en condiciones ambientales subóptimas, los corales hermatípicos crecen vigorosamente al igual que en otras áreas del ATO.
15. Las condiciones ambientales a las que están sometidas los arrecifes del Grupo Norte, al parecer, son más adversas para el desarrollo de la comunidad coralina, lo que se traduce en una mayor proporción de corales enfermos, con blanqueamiento y/o con mortalidad parcial.
16. En términos generales, si bien hay diferencias importantes cuando analizamos cada variable de la comunidad por separado, al conjuntar todas las variables para hacer un análisis de agrupamiento, los resultados sugieren un ecosistema arrecifal que en su conjunto es homogéneo con respecto a su comunidad biótica (corales hermatípicos, algas y erizos).