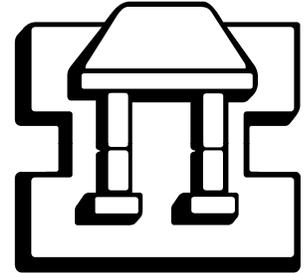




UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

**Cobertura de los principales gremios algales del  
Sistema Arrecifal Veracruzano.**

T E S I S  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A:  
JOSUÉ NÚÑEZ RICO

**DIRECTOR DE TESIS: DR. GUILLERMO JAVIER HORTA PUGA**

TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO

2008





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MIS PADRES**

Gracias Papá por tu amor tu esfuerzo tan grande que haces por sacarnos cada día adelante, por tus desvelos, por tus regaños y consejos porque gran parte de este éxito es gracias a ti, para mí siempre serás único, nunca olvido tu fuerza y valentía con la que luchabas y luchas desde que yo era un niño. Y hoy te amo más que ayer porque al pasar el tiempo he valorado tu esfuerzo.

Gracias Mamá por tu amor, ¿sabes? hay palabras que nunca salen de nuestros labios, porque creemos que no son necesarias pero hoy madre quiero decirte muchas cosas, se que ya estoy grande pero sabes, soy muy sensible y aun a esta edad necesito de tus consentimientos, de tus arrullos, de tus regaños y de toda tu ternura. Hoy recordaba mi niñez, recordaba tus consejos y regaños. Regaños que ahora me doy cuenta que eran solo muestras de tu gran amor de madre, te amo Mamá.

Siempre los llevo en mi corazón y en mis pensamientos, mil gracias doy a Dios por tenerlos.

### **A MIS HERMANOS**

A mis hermanos Luis, Ricardo y Angélica porque a pesar que no estamos juntos el lazo que nos une es muy fuerte, y sé que donde quiera que estemos siempre estaremos juntos. A ustedes les dedico la fuerza de la vida, el sabor amargo de cada caída, el volver a levantarme con renovada fe. La fuerza del día, la magia y el encanto de la noche, las ausencias y presencias, el devenir de lo bueno, con todos sus temores y sin sabores, a sobreponerse con amor y entereza luego del fracaso, la pérdida de confianza y el encuentro con Dios todos los días, el permitirme ser autentico, respetuosos y amable con el amor incondicional hacia ellos, por ser sangre de mi sangre, carne de mi carne, con el sello interno y un lazo infinito de hermandad.

### **A MI FAMILIA**

A mis abuelitas, Mamageno y Abuelita Rosa, a mis Tías, Martha, Lulú, Edith, Carmen, a mis Tíos Gustavo y Ernesto, a mis primos, Charlie, Hugo, Christopher, Cristian, Massiel, Melissa, Priscila, gracias a todos por ser parte de mi vida y mi formación como profesionista los quiero mucho.

### **A MIS MAESTROS**

Gracias Dr. Guillermo Horta Puga, por mostrarme la belleza de los arrecifes de coral, por sus incansables, regaños y consejos, por su apoyo y paciencia durante estos dos años, y porque gracias a todo esto reafirme aún más el camino que deseo continuar, formándome como un verdadero científico.

A los, Doctores Julio Villaescusa, José Carriquiry, Juan Pablo Carricart, e Ignacio Winfield y a la M. en C. Aurora Beltrán, Gracias por sus consejos y enseñanzas durante todo este tiempo y por los ratos agradables que pasamos juntos en el SAV.

Al Biol. José Luis Tello y al Biol. Felipe de la Cruz, porque más que maestros ahora son mis amigos, porque junto con ustedes he crecido como buzo y he aprendido a amar y respetar cada buceo que he realizado en mi vida.

A la M. en C. Gloria Garduño, y a la M. en C. Guadalupe Oliva, Gracias por ayudarme en la realización de mi tesis, por corregirme tantos errores, porque sus consejos fueron importantes para mi formación como biólogo.

### **A MIS AMIGOS**

Esto es por ustedes amigos Evelia (mi mami adoptiva que siempre vio por todos nosotros y aun lo sigue haciendo, pero no olviden que yo fui el primero y tengo preferencia), Fernando, Mario, Mac (Israel), Alberto (chema), Anaid, Andrés, Víctor, Chivita, Jose Luis, Athziri, Vicky, Sharon, Lupita, Maribel, Biol. Irma, gracias por estar en los mejores momentos de mi vida como estudiante, y en los peores también, los quiero mucho a todos, esperando que el lazo de hermandad que nos une jamás se rompa, que aunque aun los veo cada viernes ya los extraño condenados.

Mari que te puedo decir, más que simplemente gracias por todo cara de mosco, por ser la mejor amiga que pude a ver tenido en estos últimos años y compartir tantas alegrías y tristezas juntos, tqm y que a pesar de que nuestros caminos comienzan a separarse nunca saldrás de mis pensamientos y mis oraciones.

A mis amigas del Lab. Alma y Adriana, gracias por estar en mi vida, gracias por todas esas sonrisas y lagrimas que hemos compartido juntos, sudor y cansancio, pero sobre todo el amor que sentimos hacia los organismos mas maravillosos que he conocido que son los corales.

Vani, que te puedo decir ahora estamos tomando un nuevo camino juntos que nos iniciara nuestra formación como investigadores y que ahora nuestra amistad se vuelve más fuerte se que contamos con nuestro mutuo apoyo y cariño tqm (eigen todo).

A todos mis amigos con los que crecí y sigo creciendo como ser humano, Hugo, Rubén, Alejandro, Jorge, Arón, Luis, Pamela, Danny, Yenni, Mimi, Mau, gracias porque se cuando los necesito siempre estaran ahí para apoyarme y claro invitarme una cerveza los quiero mucho.

Especialmente quiero agradecer a toda la gente que colaboro y trabajo en este gran proyecto dirigido por el Dr. Guillermo Horta, a Abigail Morales, Norberto, a la gente del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Israel, Marco, Ramón, Omar, Don Pepe, Al personal de Scubaver, por su apoyo en todos los buceos realizados en este proyecto, a todos ustedes mil gracias.

Por último pero no menos importante, quiero a agradecerle a esta mi Máxima Casa de Estudios la UNAM y a la FES Iztacala que me albergaron todo este tiempo, donde viví y disfrute de mi estancia como estudiante, no solo en sus aulas si no en sus jardines y laboratorios, de corazón mil gracias.

**A veces solía correr sin dirección,  
Temiendo que el silencio acorralara mis palabras.  
A veces solía dormir sin tranquilidad,  
Huyendo de mis pasos efímeros.  
Y hoy tengo mi vida en el dialogo, en mi acción;  
Hoy me llevo la sabiduría, el éxito y la fortaleza.  
Hoy me llevo la tranquilidad y el entendimiento,  
¡Hoy me llevo lo que soy!**

**ÍNDICE**

<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
Antecedentes .....	10
Objetivos .....	13
<b>Descripción del área de estudio .....</b>	<b>13</b>
<b>Materiales y Métodos .....</b>	<b>14</b>
<b>Resultados .....</b>	<b>16</b>
<b>Análisis de Resultados .....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>42</b>
<b>Anexo fotográfico.....</b>	<b>44</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>48</b>

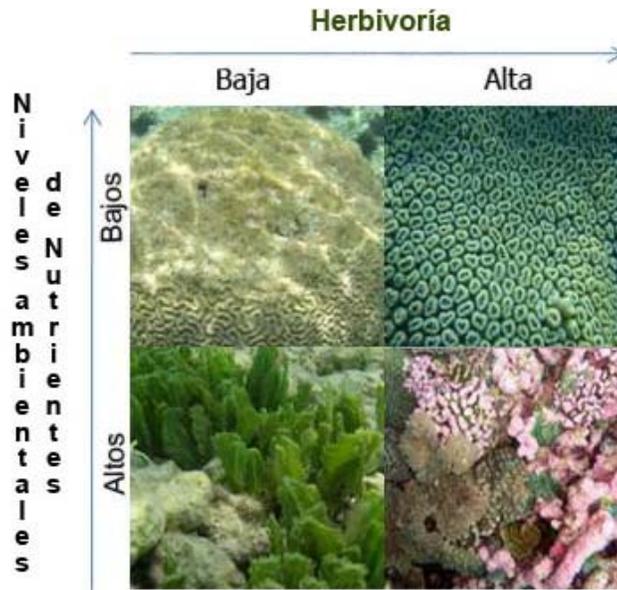
## INTRODUCCIÓN

La competencia es un proceso muy importante que contribuye a determinar la estructura y composición de las comunidades biológicas. En el medio marino, los organismos bentónicos compiten activamente por el recurso espacio o sustrato que es el principal limitante de su crecimiento y desarrollo. Los arrecifes de coral tropicales son estructuras calcáreas, de aguas poco profundas que soportan diversas asociaciones de animales y plantas marinos. Una característica única de los arrecifes de coral, es que están formados por algunos de los animales y plantas que viven en ellos. De todos los organismos que secretan carbonato de calcio y que contribuyen a la formación de los arrecifes, los corales escleractinios son los más importantes. Estos no solo constituyen la principal fuente de carbonato de calcio, si no que las demandas ambientales de estos organismos delimitan la distribución de los arrecifes (Barnes 1996, Hughes *et al.* 2007, Liddell 2007, Sandin *et al.* 2008). En condiciones normales, los corales escleractinios hermatípicos son el grupo dominante en el arrecife, el que presenta mayor cobertura. Sin embargo, cuando existe algún factor que altera el equilibrio natural del arrecife, las algas se presentan como el principal competidor, y generalmente terminan desplazando a otras especies, incluidos los corales. Por sus características morfológicas y requerimientos ecológicos, se reconocen tres grupos o gremios principales: Las Macroalgas (**MA**) se caracterizan por presentar un talo carnoso. Las Algas Filamentosas (**AF**) son fácilmente identificables por formar un césped algal. Las Algas Calcáreas (**AC**) están formadas de masas de filamentos muy finos sobre la superficie rocosa del arrecife, de carbonato de

calcio, lo que las hace parecer más una roca que una planta (Lehman 2007). Las algas, en general, pertenecen a cuatro grupos principales: Cianófitas o algas verde-azules, Rodófitas o algas rojas, Feófitas o algas pardas y Clorófitas o algas verdes (Lobban 1994, Wynne 2005).

En las pasadas dos décadas, los arrecifes coralinos han experimentado cambios en la dominancia de sus componentes bentónicos. El más notorio ha sido la disminución de la cobertura coralina acompañada por un aumento de las macroalgas y algas filamentosas (McCook 1999). Esto generalmente se ha asociado a perturbaciones de origen humano, como son eutrofización, altas tasas de sedimentación y sobrepesca, que han generado mortalidad coralina, y una consecuente liberación de espacio, lo que ha favorecido el crecimiento de las algas (Lirman 2000). En otras palabras, las algas son competitivamente superiores a los corales cuando existe un factor de estrés ambiental, lo que permite un cambio de dominancia, pasando de una comunidad dominada por corales, a una dominada por las algas (McCook 1999). A este fenómeno se le ha llamado cambio de fase (phase-shift). Dicho fenómeno ha causado preocupación entre la comunidad científica, por la disminución en la salud y la integridad de los arrecifes coralinos, así como en las pérdidas de la biodiversidad en estos ecosistemas. Pero cabe mencionar que durante este proceso existen comunidades coralinas capaces de resistir el daño causado y volver a su estado original después de una perturbación, fenómeno al que se le llama “resiliencia” (Hughes *et al.* 2007).

Las comunidades arrecifales bentónicas pueden cambiar radicalmente, por factores ya sea naturales y/o antropogénicos (Mantyka *et al.* 2007, Mumby *et al.* 2008), y dependiendo del factor de estrés, se verá favorecido alguno de los principales gremios algales (Hughes 1999, Lapointe 1999). Diversos modelos conceptuales han propuesto que los nutrientes juegan un papel de importante en la determinación de la estructura de la comunidad en los arrecifes de coral (Littler y Littler 1984, Steneck y Dethier 1994). En general, estos estudios sugieren que los corales predominan sobre las macroalgas, sin embargo, las MA los pueden desplazar si se presenta un aumento en los niveles ambientales de nutrientes (McCook 1999, McCook *et al.* 2001, Szmant 2002). Otro factor de impacto, que favorece a las algas, es la disminución de la diversidad y abundancia de la comunidad de organismos ramoneadores o herbívoros, principalmente peces y erizos de mar por sobreexplotación pesquera (Fox *et al.* 2007, Albert *et al.* 2008). Así, la eliminación de los herbívoros se ha traducido en una disminución en la tasa de pastoreo y, por ende, una mayor proliferación de AF en muchos de los arrecifes de coral (McManus *et al.* 2000, Mantyka *et al.* 2007). Cabe destacar que en el Caribe se presentó un episodio de muerte masiva en el erizo de mar *Diadema antillarum* (erizo diadema) a causa de una epidemia aun desconocida en 1980's, lo que derivó en un aumento de MA y AF que ocasionó una gran disminución en la cobertura coralina (Miller *et al.* 2003, Lessios 2005). Un efecto combinado de un aumento en las tasas de herbivoría y de nutrientes, tiene como consecuencia un aumento en la cobertura de las AC. La Figura 1 presenta un modelo de cambios de dominancia, y por tanto de fase, en un ambiente arrecifal, considerando un aumento o disminución de la herbivoría y la concentración de nutrientes (Littler y Littler 1984).



**Figura 1. Modelo de dominancia relativa (Littler y Littler 1984).**

Durante las últimas décadas el impacto ambiental debido a la actividad humana ha sido causa de cambios importantes en la diversidad, abundancia y estructura de la comunidad en los arrecifes de coral alrededor del mundo. Los factores más importantes que han propiciado este cambio son: la sobreexplotación de recursos, la modificación del hábitat y el vertido de sustancias de desecho o contaminación (Ginsburg y Lang 2003). Este conjunto de factores, desafortunadamente, está generando un cambio de fase, transformando los arrecifes de coral en arrecifes algales. Entre 1980 y 1990 los arrecifes de coral que se encuentran alrededor de Jamaica sufrieron un drástico cambio de fase, pasando de una alta cobertura de corales a algas, como consecuencia de diferentes alteraciones en la zona (Hughes 1994).

En México uno de los sistemas arrecifales más importantes en el Golfo de México (**GOM**), por ser el más extenso, es el Sistema Arrecifal Veracruzano (**SAV**) que se encuentra ubicado frente a las costas del Puerto de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo (Carricart-Ganivet y Horta-Puga 1993, Tunnell 2007). Por su cercanía a la costa el SAV es uno de los sistemas arrecifales con un alto grado de impacto ambiental, que es causado tanto por las actividades humanas como de las perturbaciones naturales, que están afectando a escala local y regional el sur del GOM (Lang. 2003, Horta-Puga 2007). Dentro de los fenómenos naturales que afectan al SAV están una alta precipitación fluvial, tormentas tropicales, huracanes, frentes fríos, enfermedades en los corales, que han influido disminuyendo la riqueza y abundancia de la biota arrecifal del SAV (Horta-Puga 2007). La actividad antropogénica, que en el SAV inicio desde la época prehispánica (Horta-Puga 2007). Una clara indicación de contaminación orgánica en el área es la presencia altos niveles de coliformes fecales, así como también el registro de hidrocarburos y metales pesados (Horta-Puga y Ramírez-Palacios1996). Otra actividad es la extracción de coral vivo y/o roca coralina, que han sido utilizados como bloques de construcción y para elaborar objetos de ornato. La pesca, la extracción ilegal de fauna y área 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, son otras de las actividades que se desarrollan en esa área, que están afectando directamente a el SAV, dando como resultado un cambio en la estructura de la comunidad, en donde las algas comienzan a dominar el sustrato arrecifal (Horta-Puga 2007).

*Antecedentes*

Aun siendo las costas de Veracruz la zona con más estudios realizados sobre las algas marinas en México (Garduño et al. 2005), sin embargo, para el SAV son pocos los estudios sobre este importante grupo de organismos. Taylor (1941) realizó una de las primeras investigaciones para el GOM donde reporta un listado de trece especies para esta zona; posteriormente realiza una descripción de los principales hábitats marinos, y la ficoflora que las caracteriza (Taylor 1954a, 1954b). Huerta (1958, 1960, 1961) reporta un total de 28 especies para el arrecife de Isla Verde. Humm y Hildebrand (1962) en un estudio realizado en las costas del GOM y de Texas presentan un listado taxonómico, incluyendo algunos arrecifes de Veracruz. Humm (1963) en una investigación que realizó desde Texas hasta las costas de la Península de Yucatán, reporta 140 especies de MA. Huerta y Garza (1964), reportan las especies de MA para los arrecifes La Blanquilla y Lobos y sobre la Barra de Tuxpan. De la Campa (1965) en un estudio en las costas de Veracruz, que incluyó cuatro arrecifes coralinos, reportó 10 especies de MA. Estudios ecológicos en el arrecife de La Blanquilla en Veracruz, realizados por Villalobos (1971), reportaron información de la biota arrecifal, incluyendo la presencia de MA. Chávez (1973) describe, para el arrecife Lobos, la composición de las comunidades algales. Huerta *et al.* (1974) reportaron 101 especies de MA en Isla de Enmedio. De manera general Humm y Hamm (1976) reportan para el GOM tres nuevas especies para esta zona. Mendoza y Mateo-Cid (1985) registran la ficoflora bentónica de los arrecifes Santiaguillo e Isla Sacrificios. Wynne (1986) presenta una revisión donde se incluyen un total de 1050 especies para el GOM. González (1989) reportó 22 especies de MA para Isla

Verde. Lehman y Tunnell (1992) realizaron un estudio en el arrecife de Isla de Enmedio, presentando un listado de las MA bénticas y reportando tres especies nuevas del grupo de las Rodofitas.

El proyecto Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (**AGRRA**), que se desarrolló durante fines de los 1990s y principios de los 2000s, tuvo como objetivo elaborar una evaluación rápida y confiable de la condición o estado de salud de los ecosistemas arrecifales en el Atlántico Tropical Occidental (**ATO**), contribuyendo ampliamente al conocimiento de la cobertura de los gremios algales en diferentes localidades del ATO (*Atoll Research Bulletin* No. 246, 2003). Los resultados más importantes se presentan en la Tabla 1. Las localidades que tienen mayor cobertura de AF son: Flower Gardens Banks, EUA (75.5%), Abrolhos Brasil (70.9%) y Los Roques, Venezuela (59.8%). Las localidades que tienen mayor cobertura de MA son: Maria La Gorda, Cuba (52.0%), Andros Island, Bahamas (46.5%) y Salvador Islands, Bahamas (44.3%). Finalmente las localidades que tienen mayor cobertura de AC son: Turk and Caicos (55.7%), St. Vincent, Wets Indies (46.3%) y Cayman Islands (41.5%).\_Hasta la fecha existe un sólo estudio publicado que utilice la cobertura de los gremios algales para llevar a cabo un diagnóstico del SAV (Horta-Puga 2003). En este estudio se reportó la cobertura relativa de AC = 41%, seguidas de las AF = 26.5%, y las MA = 0.5%.

Tabla 1  
Resultados generales de la evaluaciones en 1999 de varias comunidades arrecifales en el Atlántico Tropical Occidental

Localidad	RI	Abundancia	Cobertura	Densidad	Tamaño	MP	Enf	Blanq	Reclutas	Diadema	MA	AF	AC
	#	Especies	%	Ind/m	cm	%	%	%	Rec/m <sup>2</sup>	Ind/m <sup>2</sup>	%	%	%
Abrolhos, Brazil		Mb>Mli>Mc>Mh>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>Mli>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		1.0	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
Islas 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
Horseshoe Reef, St. Vincent, West Indies	16	Ma>Pa>Pp>Mf>Mli	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		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		1.6	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
<b>Promedio Atlántico Tropical</b>	<b>21</b>		<b>20.5</b>	<b>1.5</b>	<b>57.0</b>	<b>30.1</b>	<b>4.7</b>	<b>8.2</b>	<b>11.6</b>	<b>0.031</b>	<b>26.3</b>	<b>45.4</b>	<b>29.7</b>
<b>SAV, Mexico (2006-7)</b>	<b>26</b>	<b>Sr&gt;Cn&gt;Mc&gt;Ss&gt;Ds</b>	<b>19.1</b>	<b>1.0</b>	<b>25.7</b>	<b>45.7</b>	<b>4.2</b>	<b>4.4</b>	<b>2.6</b>	<b>0.300</b>	<b>10.3</b>	<b>63.7</b>	<b>26.0</b>

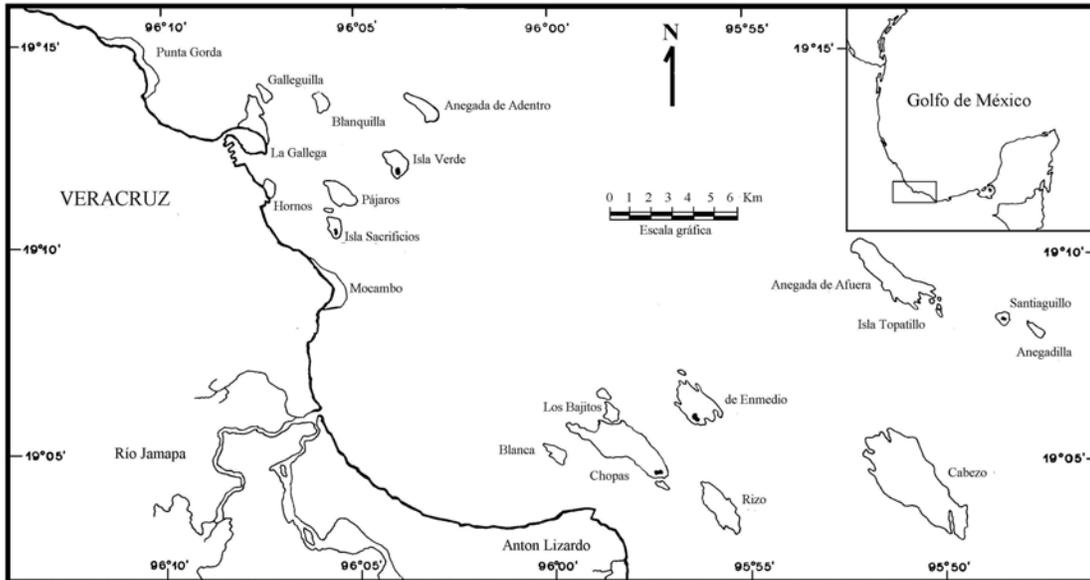
Acropora: Ap= A. palmata. Agaricia: Ag= A. agaricites, At= A. tenuifolia. Colpophyllia: Cn= C. natans. Diploria: Dc= D. clavosa, Ds= D. strigosa. Millepora: Mli: M. alaicornis. Montastraea: Ma= M. annularis, Mc= M. cavernosa, Mf= M. franksi, Mcomplex= Ma + Mf +Mk. Mussismilia: Mb= M. braziliensis, Mh=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

*Objetivos*

El objetivo general del presente estudio es elaborar un diagnóstico del estado actual del SAV con base en la cobertura béntica de los principales gremios algales. Para lograr el objetivo anterior se procederá a determinar la cobertura relativa de los gremios algales: Macroalgas, Algas filamentosas y Algas calcáreas, en las áreas arrecifales no cubiertas por coral vivo.

## **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El SAV se localiza frente al Puerto de Veracruz, en el sur del GOM (Figura 2). El SAV se divide en 2 grupos, norte y sur, por la desembocadura del río Jamapa. Cada arrecife se divide en cuatro zonas que son: (1) Talud de Sotavento o Arrecife Posterior, localizado al O, las aguas presentan poco movimiento y mucho material sólido en suspensión; (2) Talud de Barlovento o Arrecife Frontal, que está situado hacia mar abierto al E, en el que se puede presentar un sistema de canales para disipación de la energía del oleaje y escape de sedimentos, en esta zona las aguas van a ser claras con pocos sólidos en suspensión; (3) Cresta Arrecifal o zonas de bloques, que se localiza en el margen E del arrecife, y se caracteriza por ser una zona de máxima energía por el constante batir de las olas, tiene una profundidad no superior a 3 m, constituida básicamente por bloques de coral muerto; y (4) Planicie Arrecifal, esta representa la parte superior del arrecife, dónde se localizan comunidades someras dispersas de corales, ceibadales (comunidades de pastos marinos), y la profundidad fluctúa de 0.5-2.0 m, las aguas van a ser claras con escaso movimiento.



**Figura 2. Sistema Arrecifal Veracruzano.**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En términos generales la metodología de evaluación de los gremios algales en el presente trabajo, con algunas modificaciones, corresponde al protocolo de evaluación rápida (RAP v4.0: <http://www.agrra.org>), que fue propuesto para la consecución del proyecto AGRRA, el cual ya ha sido utilizado para determinar la condición de los arrecifes del atlántico tropical, y que también fue utilizado para el SAV (Horta-Puga 2003). Para cubrir los objetivos señalados, se seleccionaron cinco arrecifes del Grupo Norte: Galleguilla, Hornos, Isla Sacrificios, Isla Verde y Pájaros (Anexo Fotográfico imágenes 6, 7, 8 y 9) y seis del Grupo Sur: Anegada de Afuera, Cabezo, Chopas, Isla de Enmedio, La Blanca y Santiaguillo (Anexo Fotográfico imágenes 1, 2, 3 4 y 5). Los Arrecifes fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios de selección: (1) aquellos sobre los cuales ya se cuenta con información, y (2) el grado de

perturbación, considerando que los arrecifes más cercanos a la costa, son los que se encuentran más susceptibles a estar impactados. En cada arrecife se ubicaron 3 estaciones de muestreo: Planicie arrecifal, y los Taludes de Barlovento y Sotavento, los cuales se considera son representativos del espectro de variación en la estructura de la comunidad coralina en el SAV. Las estaciones de muestreo en los taludes, se ubicaron a 9-12 m, que es la profundidad con mayor diversidad y cobertura coralina en el SAV (Horta-Puga 2003). El muestreo se llevó a cabo en 3 salidas al campo. En cada estación de muestreo se tomaron, al menos, 80 fotografías (Fotocuadrantes), de cuadrantes de 25x25 cm, delimitados por una estructura de PVC, con un soporte superior, al cual se colocó una cámara fotográfica digital (Nikon Coolpix®), de alta resolución (5 megapíxeles), con un filtro para recuperar las longitudes de onda largas del espectro visible ( $\lambda > 600$  nm), en la zona de Taludes. Así, el área muestreada nunca fue inferior a 5 m<sup>2</sup>. Para tomar cada fotografía, la estructura se colocó en el fondo en áreas carentes de colonias coralinas vivas (Anexo fotográfico imágenes 10 y 11). Cada fotocadrante (imagen digitalizada) se analizó en la pantalla de una computadora, y por estimación visual, se determinó la cobertura, en unidades porcentuales, de cada gremio algal, invertebrados sésiles, roca coralina desnuda y arena. Los resultados se presentan a manera tablas y gráficos que muestran la cobertura, por cada estación, arrecife, grupo, y para el SAV (Anexo fotográfico, Ejemplos Fotocuadrantes imágenes de la 12, 13 y 14).

**RESULTADOS**

La Tabla 2 muestra los arrecifes y las estaciones que fueron evaluadas.

**Tabla 2**  
**Estaciones evaluadas por arrecife en el SAV**

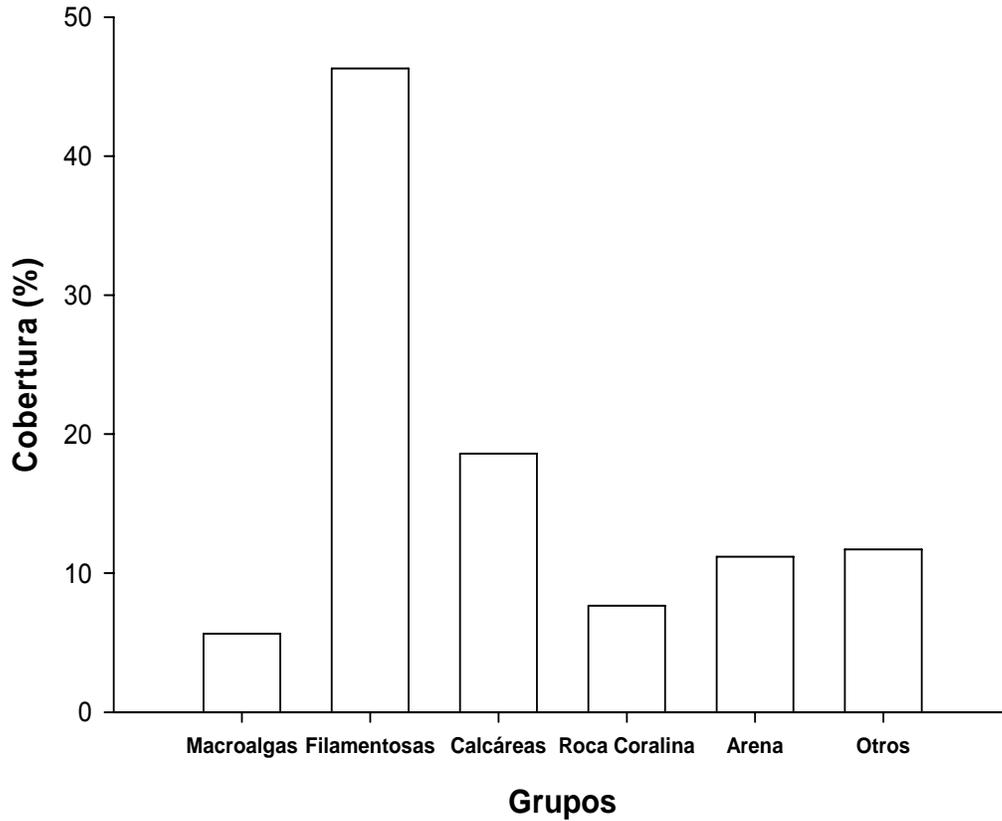
<b>Arrecife</b>	<b>Barlovento</b>	<b>Planicie</b>	<b>Sotavento</b>
<b>Anegada de Afuera</b>	X	X	X
<b>Cabezo</b>	X	X	X
<b>Chopas</b>	X	X	
<b>Galleguilla</b>	X	X	X
<b>Hornos</b>	X	X	
<b>Isla de Enmedio</b>	X	X	X
<b>Isla Sacrificios</b>	X	X	X
<b>Isla Verde</b>	X	X	X
<b>La Blanca</b>	X		
<b>Pájaros</b>	X		X
<b>Santiaguillo</b>		X	

Las estaciones que no fueron evaluadas se debió a diversos factores; en el caso de Hornos por ser un arrecife costero no presenta Talud de Sotavento. En el caso de los arrecifes La Blanca y Chopas, el Talud de Sotavento no está desarrollado, posiblemente por la influencia de la descarga del río Jamapa, cuyos sólidos suspendidos se sedimentan al sur evitando su formación. En cuanto a las estaciones de Barlovento y Sotavento en Santiaguillo y Planicie de Pájaros, las condiciones climáticas durante el transcurso de las salidas no permitieron la toma de datos. Y finalmente en la zona de La Blanca Planicie, si se logró la toma de fotocuadrantes, pero la alta cantidad de sedimentos en suspensión determinó una mala calidad en las fotografías.

**Tabla 3.**  
**Cobertura (%) de gremios algales en sustrato arrecifal en las zonas y grupos arrecifales del SAV**

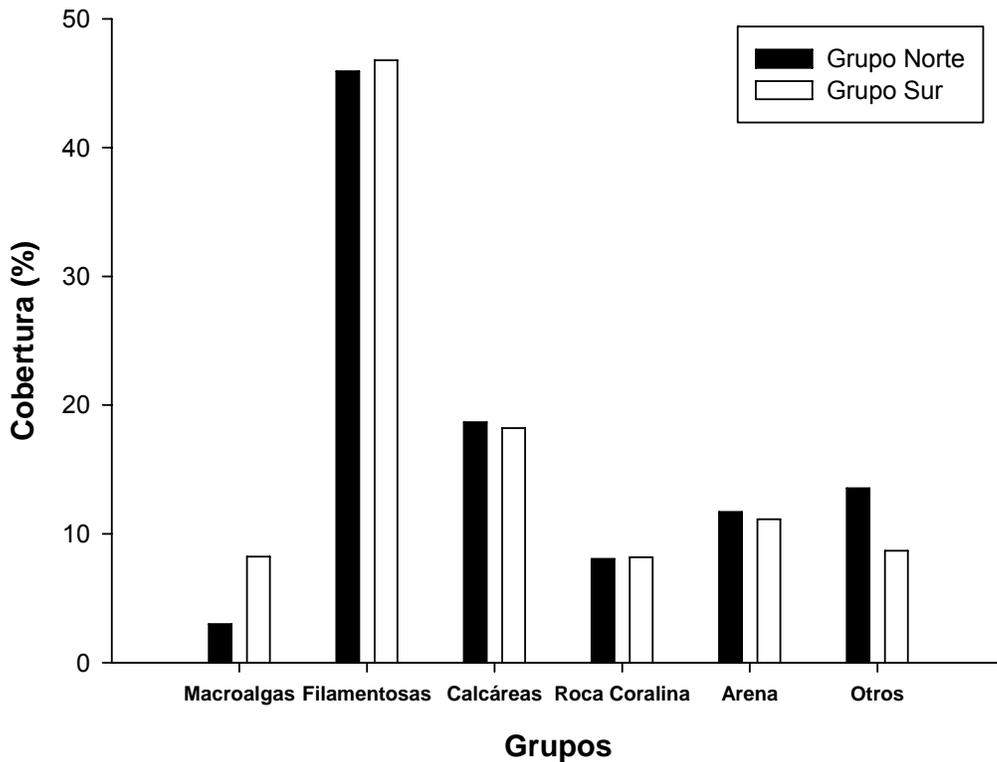
Z/G		Macroalgas	Filamentosas	Calcáreas	Roca Coralina	Arena	Otros
<b>BN</b>	%	4.2	44.1	29.2	5.7	1.2	16.7
	1 $\sigma$	5.4	15.7	27.8	3.0	1.7	10.4
<b>BS</b>	%	17.2	44.7	28.9	4.9	0.7	5.7
	1 $\sigma$	21.4	18.7	26.8	3.0	0.7	2.5
<b>BT</b>	%	10.7	44.4	29.1	5.3	0.9	11.2
	1 $\sigma$	16.2	16.3	25.8	2.8	1.2	9.2
<b>PN</b>	%	3.4	37.7	9.8	8.6	35.7	5.5
	1 $\sigma$	4.4	13.4	2.3	2.1	13.1	3.5
<b>PS</b>	%	5.9	28.4	12.5	14.4	29.0	10.5
	1 $\sigma$	3.9	18.4	7.1	5.3	20.9	5.9
<b>PT</b>	%	4.8	32.5	11.3	11.8	32.0	8.3
	1 $\sigma$	4.0	16.2	5.4	5.0	17.2	5.4
<b>SN</b>	%	1.2	56.4	16.0	8.2	0.2	18.7
	1 $\sigma$	1.1	12.9	13.9	11.0	0.2	13.0
<b>SS</b>	%	7.8	52.2	6.7	6.6	17.9	9.8
	1 $\sigma$	6.7	26.6	2.3	4.5	25.4	3.7
<b>ST</b>	%	4.0	60.1	2.1	6.7	2.4	11.5
	1 $\sigma$	6.0	11.6	11.1	8.2	3.4	10.2
<b>GN</b>	%	3.1	45.8	19.0	7.1	11.2	14.7
	1 $\sigma$	1.5	11.1	9.0	3.3	7.6	8.0
<b>GS</b>	%	8.2	46.8	18.2	8.2	11.1	8.7
	1 $\sigma$	7.5	13.9	10.3	2.3	10.1	3.6
<b>SAV</b>	%	5.6	46.3	18.6	7.7	11.2	11.7
	1 $\sigma$	3.7	0.7	0.5	0.7	0.0	4.3

BN= Barlovento Norte, BS= Barlovento Sur, BT= Barlovento Total, PN= Planicie Norte, PS= Planicie Sur, PT=Planicie Total, SN= Sotavento Norte, SS= Sotavento Sur, ST= Sotavento Total, GN= Grupo Norte, GS= Grupo Sur, SAV= Sistema Arrecifal Veracruzano.



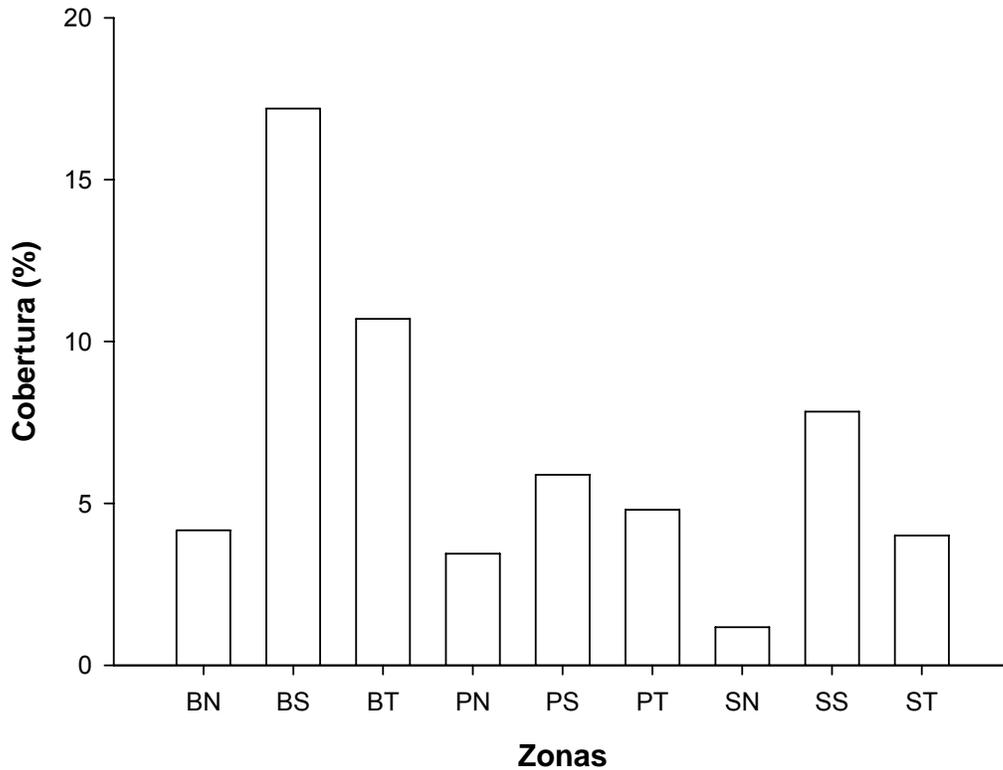
**Figura 3. Gráfica de la cobertura total en el Sistema Arrecifal Veracruzano.**

En general la cobertura total en el SAV de los tres principales gremios algales y de los grupos, quien presenta la mayor cobertura son las algas filamentosas con el 46.4%, posteriormente la algas calcáreas con el 18.4%, las macroalgas tienen un 5.6% en total esto en cuanto a las algas, y por parte de los otros tres grupos, la arena tiene una cobertura del 11.4%, otros con el 11.1% y por último la roca coralina con el 8.1% en total (Figura 3, Tabla 3).



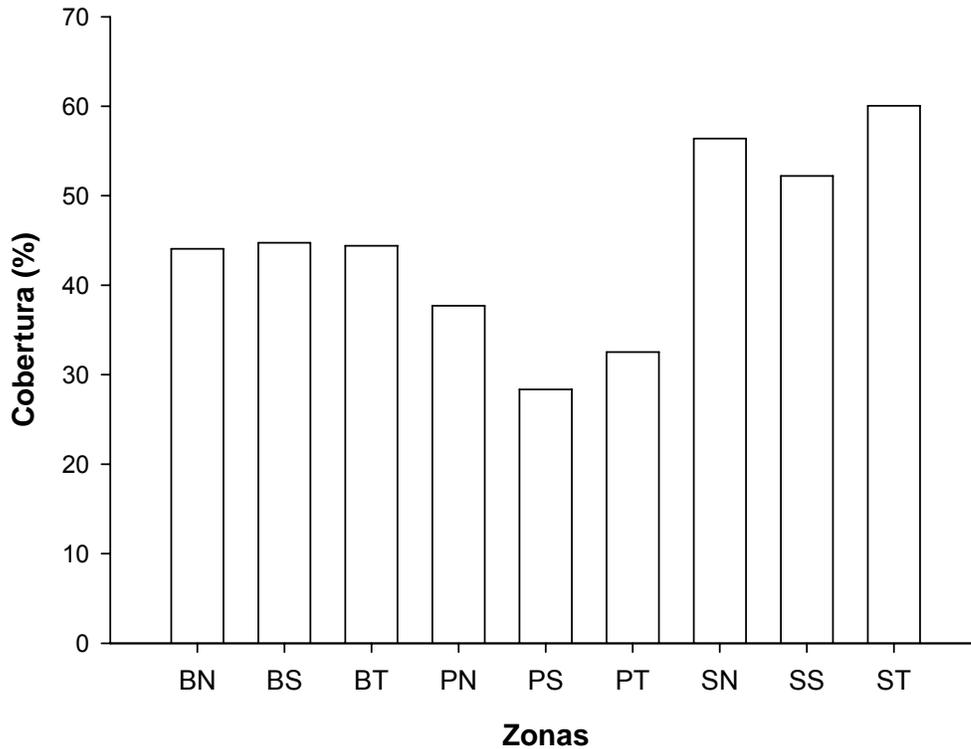
**Figura 4. Gráfica de la cobertura total en el grupo Norte y Sur**

Tanto en el grupo Norte como en el Sur se puede observar que las algas filamentosas presenta una cobertura muy alta, siendo en el grupo Norte de 45.9% y en el Sur de 46.8%, seguidas por las algas calcáreas en el Norte con 18.7% y en el Sur de 18.2%, por último las macroalgas con una cobertura baja en el grupo Norte con 3.0% y 8.2% en el grupo Sur (Figura 4 y Tabla 3).



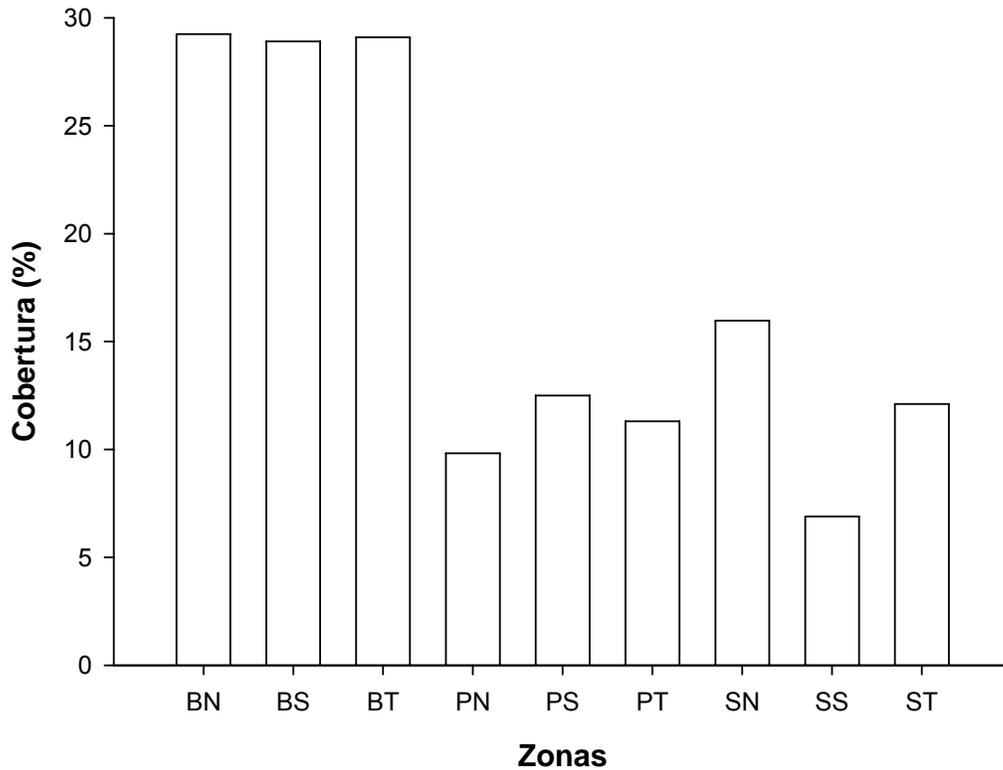
**Figura 5. Gráfica de la cobertura total de las Macroalgas en las tres diferentes estaciones; Barlovento Norte, Barlovento Sur, Barlovento Total, Planicie Norte, Planicie Sur, Planicie Total, Sotavento Norte, Sotavento Sur y Sotavento Total.**

Las zonas que presentan una mayor cobertura de macroalgas coinciden en cuanto a su ubicación, esto quiere decir que en el Grupo Sur, tanto como la zona de Barlovento, Planicie y Sotavento, presentan la mayor cobertura de macroalgas, siendo en Barlovento Sur (**BS**) la cobertura del 17.2%, en Sotavento Sur (**SS**) de 7.8% y en Planicie Sur (**PS**) de 5.9%, ahora en el grupo Norte la zona que tiene una mayor cobertura es Barlovento Norte (**BN**) con el 4.2%, seguido de Planicie Norte (**PN**) con 3.4% y Sotavento Norte (**SN**) con el 1.2%. Finalmente en total la zona de Barlovento es la que presenta mayor cobertura de macroalgas siendo del 14.5, en Planicie del 4.8% y en Sotavento del 4.0% (Figura 5, Tabla 3).



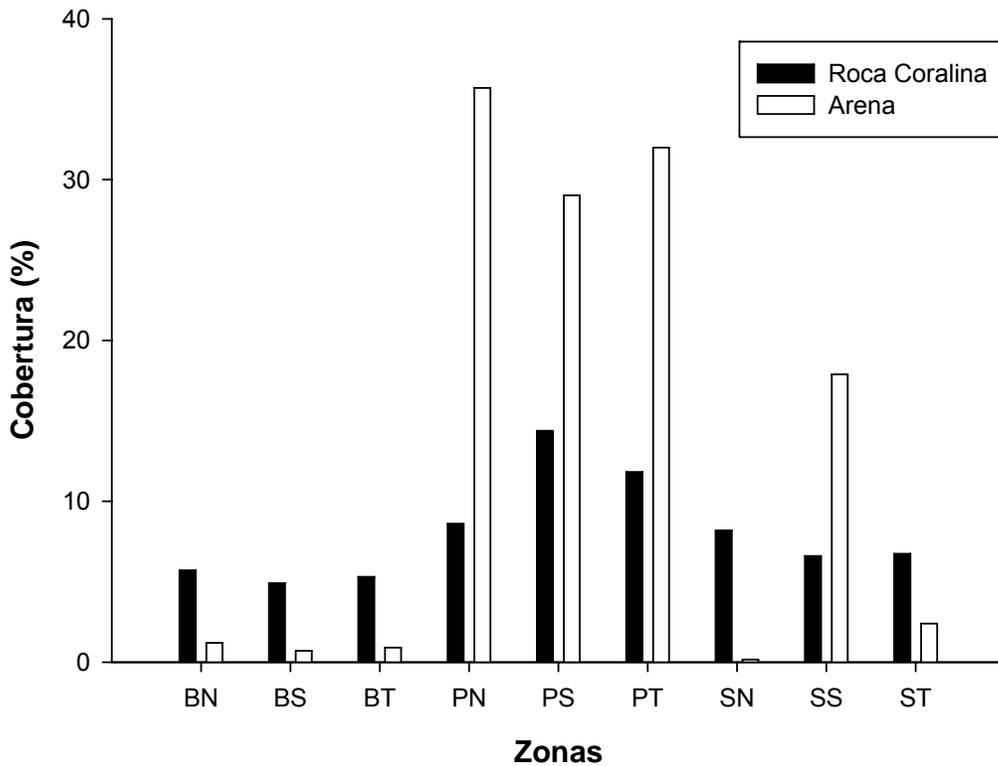
**Figura 6. Gráfica de la cobertura total de las algas Filamentosas en las tres diferentes estaciones; Barlovento Norte, Barlovento Sur, Barlovento Total, Planicie Norte, Planicie Sur, Planicie Total, Sotavento Norte, Sotavento Sur y Sotavento Total.**

La cobertura alta de las algas filamentosas en cada zona no se presenta en el mismo grupo de arrecifes, es decir en el grupo norte las zonas de planicie con 37.7% y sotavento con 56.4%, reportan el porcentaje más alto, pero en la zona de barlovento con 46.7% el grupo sur es el que presenta una mayor cobertura comparado con el norte. En cuanto a las coberturas totales, la zona que presenta la mayor cobertura es la de sotavento con 60.1%, seguida de barlovento con el 45.5% y por último la planicie con 32.5% (Figura 6, Tabla 3).



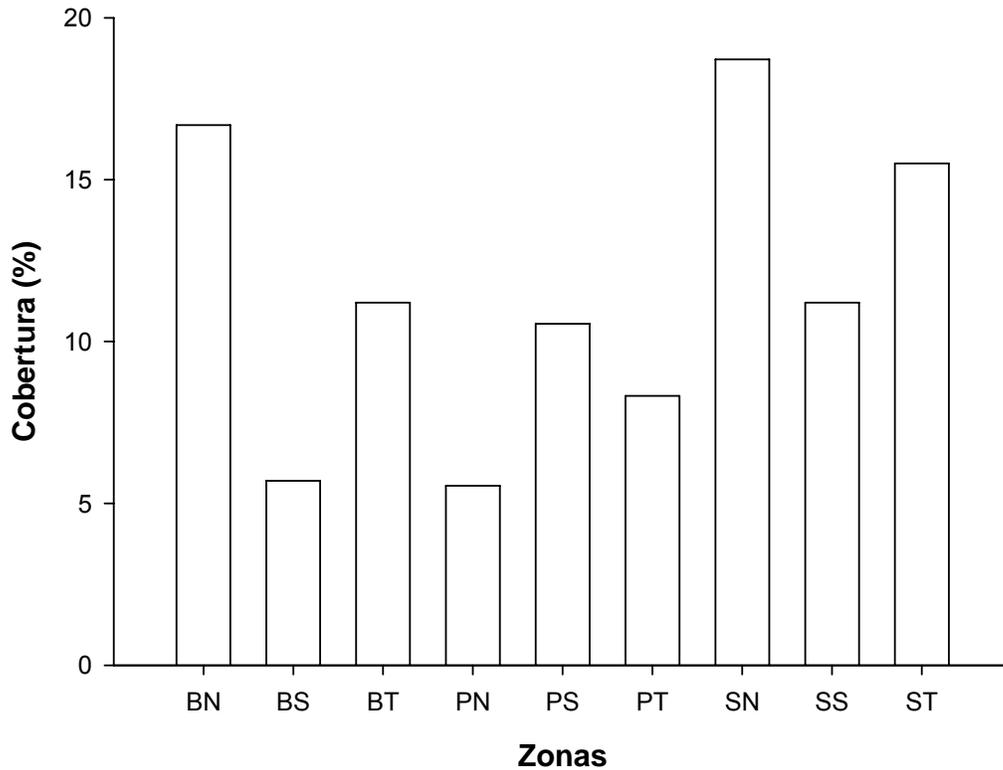
**Figura 7. Gráfica de la cobertura total de las algas Calcáreas en las tres diferentes estaciones; Barlovento Norte, Barlovento Sur, Barlovento Total, Planicie Norte, Planicie Sur, Planicie Total, Sotavento Norte, Sotavento Sur y Sotavento Total.**

Las algas calcáreas presentan una cobertura alta en dos zonas del grupo norte, en barlovento con una cobertura del 29.2% y sotavento con 16.0%, la zona de planicie del grupo sur presenta mayor cobertura con el 12.5%. Referente a la cobertura total de calcáreas, la zona de barlovento es la que presenta la cobertura más alta con 28.8%, en segundo lugar la zona de sotavento con una cobertura del 12.1%, y por último la planicie con 11.3% (Figura 7, Tabla 3).



**Figura 8. Gráfica de la cobertura total de la Roca Coralina y Arena en las tres diferentes estaciones; Barlovento Norte, Barlovento Sur, Barlovento Total, Planicie Norte, Planicie Sur, Planicie Total, Sotavento Norte, Sotavento Sur y Sotavento Total.**

En conjunto la roca coralina y la arena representan el porcentaje de área total desnuda, aquí se presentan su cobertura total por estación, pero cada una separada. En relación a la roca coralina, son dos zonas del grupo norte y una del sur las que tienen la mayor cobertura, del norte barlovento con 5.7% y sotavento con 8.2% y del sur planicie con 14.4%. En cuanto a la arena en barlovento el grupo sur y norte presentan la misma cobertura con el 1.2%, del grupo norte la planicie tiene 35.7% y del sur sotavento con el 17.9%. En primer lugar la cobertura que ocupa la arena se encuentra en la zona de planicie con el 17.9%, seguido por la zona de sotavento con el 2.4% y por último barlovento con el 1.2% (Figura 8, Tabla 3).



**Figura 9. Gráfica de la cobertura total de Otros en las tres diferentes estaciones; Barlovento Norte, Barlovento Sur, Barlovento Total, Planicie Norte, Planicie Sur, Planicie Total, Sotavento Norte, Sotavento Sur y Sotavento Total.**

Cuando hablamos de otros, nos referimos a cualquier otro organismo (invertebrado sésil), o sedimento que represente algún porcentaje de cobertura dentro del fotocuadrante y que no sea alguno de los grupos que se manejan dentro de la metodología (gremios algales, roca coralina y arena). Ahora las mayores coberturas se presentaron en las zonas de barlovento y sotavento del grupo norte, barlovento norte con 16.7% y sotavento norte con el 18.7%, del grupo sur sotavento con el 10.5%, En cuanto a la cobertura total de otros la zona que tiene mayor cobertura es sotavento con el 15.5%, seguida de barlovento con el 11.2% y la planicie con el 8.3% (Figura 9, Tabla 3).

**Cobertura por arrecife**

En las tablas 4, 5 y 6 se muestran la cobertura total por cada arrecife además la cobertura por cada estación (barlovento, planicie y sotavento).

**Tabla 4.**  
**Cobertura (%) de gremios algales en sustrato arrecifal en los arrecifes del SAV**

Arrecifes		Macroalgas	Filamentosas	Calcáreas	Roca Coralina	Arena	Otros
G	%	3.1	51.4	20.7	8.1	7.8	9.4
	1 $\sigma$	4.4	4.8	13.3	4.5	13.2	7.2
H	%	4.9	46.3	14.0	5.6	18.6	12.2
	1 $\sigma$	6.7	20.7	7.0	2.9	20.6	2.6
IS	%	4.1	58.5	7.4	4.0	11.3	15.7
	1 $\sigma$	6.6	12.6	4.6	2.2	18.4	13.0
IV	%	1.6	28.4	31.6	12.4	18.0	8.2
	1 $\sigma$	1.5	11.4	36.1	10.9	31.2	11.2
P	%	1.6	44.7	21.2	5.5	0.4	28.1
	1 $\sigma$	1.7	14.4	24.1	3.6	0.0	10.3
A	%	9.1	36.1	34.7	9.1	8.7	4.8
	1 $\sigma$	7.2	18.5	33.8	10.9	8.3	2.7
C	%	11.6	47.7	9.8	7.5	10.0	13.8
	1 $\sigma$	6.8	20.0	4.5	3.4	13.6	5.3
Ch	%	6.9	31.3	18.9	10.8	28.5	5.0
	1 $\sigma$	1.5	24.4	18.0	1.7	38.6	1.1
IE	%	20.5	40.3	5.1	8.8	16.0	10.1
	1 $\sigma$	28.7	32.0	2.3	8.6	23.9	3.7
LB	%	0.1	68.2	21.4	4.1	0.2	7.2
	1 $\sigma$	****	****	****	****	****	****
S	%	1.1	57.0	19.3	8.8	3.5	11.2
	1 $\sigma$	****	****	****	****	****	****

G=Galleguilla, H=Hornos, IS=Isla Sacrificios, IV=Isla Verde, P=Pájaros, A=Anegada de Afuera, C=Cabezo, Ch=Chopas, IE=Isla de Enmedio, LB=La Blanca, S=Santiagoullo.

**Tabla 5.**  
**Cobertura de gremios algales en sustrato arrecifal en los sitios de muestreo del Grupo Norte del SAV**

<b>Sitio</b>		<b>Macroalgas</b>	<b>Filamentosas</b>	<b>Calcáreas</b>	<b>Roca Coralina</b>	<b>Arena</b>	<b>Otros</b>
<b>GB</b>	<b>%</b>	8.1	51.7	13.0	9.7	0.0	17.7
	<b>1<math>\sigma</math></b>	6.9	22.6	8.4	12.2	0.0	13.6
<b>GP</b>	<b>%</b>	0.7	46.4	13.0	11.5	23.0	5.6
	<b>1<math>\sigma</math></b>	2.2	22.2	11.5	12.2	20.2	5.7
<b>GS</b>	<b>%</b>	0.5	56.0	36.1	3.0	0.3	4.8
	<b>1<math>\sigma</math></b>	1.5	17.4	18.1	3.7	1.2	7.7
<b>HB</b>	<b>%</b>	0.2	60.9	19.0	3.6	4.0	14.1
	<b>1<math>\sigma</math></b>	1.0	18.5	12.2	4.3	6.2	12.6
<b>HP</b>	<b>%</b>	9.7	31.6	9.0	7.6	33.2	10.3
	<b>1<math>\sigma</math></b>	17.4	21.4	7.6	13.4	24.5	13.5
<b>ISB</b>	<b>%</b>	11.7	51.5	2.7	3.5	1.4	29.7
	<b>1<math>\sigma</math></b>	9.6	26.5	3.5	4.9	2.2	24.7
<b>ISP</b>	<b>%</b>	0.1	51.0	7.5	6.5	32.6	4.0
	<b>1<math>\sigma</math></b>	0.8	23.5	8.8	10.1	25.3	7.3
<b>ISS</b>	<b>%</b>	0.4	73.0	11.9	2.1	0.0	13.5
	<b>1<math>\sigma</math></b>	1.6	15.1	10.0	3.2	0.4	13.0
<b>IVB</b>	<b>%</b>	0.5	21.7	73.2	3.6	0.1	1.2
	<b>1<math>\sigma</math></b>	1.6	10.6	12.0	3.4	0.7	4.2
<b>IVP</b>	<b>%</b>	3.3	21.9	9.7	8.9	54.0	2.3
	<b>1<math>\sigma</math></b>	5.5	17.9	8.8	9.5	24.9	4.4
<b>IVS</b>	<b>%</b>	1.1	41.6	11.7	24.7	0.0	21.2
	<b>1<math>\sigma</math></b>	5.1	28.7	7.7	17.9	0.0	16.5
<b>PB</b>	<b>%</b>	0.4	34.5	38.3	8.1	0.4	20.8
	<b>1<math>\sigma</math></b>	1.7	27.5	23.3	8.4	1.3	24.1
<b>PS</b>	<b>%</b>	2.7	54.9	4.2	3.0	0.3	35.4
	<b>1<math>\sigma</math></b>	5.9	22.5	4.9	4.8	1.3	22.0

GB= Galleguilla Barlovento, GP= Galleguilla Planicie, GS= Galleguilla Sotavento, HB= Hornos Barlovento, HP= Hornos Planicie, ISB= Isla Sacrificios Barlovento, ISP= Isla Sacrificios Planicie, ISS= Isla Sacrificios Sotavento, IVB= Isla Verde Barlovento, IVP= Isla Verde Planicie, IVS= Isla Verde Sotavento, PB= Pájaros Barlovento, PS= Pájaros Sotavento

**Tabla 6.**  
**Cobertura (%) de gremios algales en sustrato arrecifal en los sitios de muestreo del Grupo Sur del SAV**

<b>Sitio</b>		<b>Macroalgas</b>	<b>Filamentosas</b>	<b>Calcáreas</b>	<b>Roca Coralina</b>	<b>Arena</b>	<b>Otros</b>
<b>AB</b>	<b>%</b>	7.6	18.8	73.3	4.7	0.2	2.4
	<b>1σ</b>	13.6	15.8	26.0	9.6	1.4	7.7
<b>AP</b>	<b>%</b>	2.8	33.9	21.1	21.6	16.7	4.3
	<b>1σ</b>	6.9	24.9	15.6	17.5	13.7	5.8
<b>AS</b>	<b>%</b>	16.9	55.6	9.8	1.1	9.2	7.6
	<b>1σ</b>	14.8	25.4	14.9	3.4	17.7	10.3
<b>CB</b>	<b>%</b>	19.0	52.7	14.9	4.7	0.5	8.7
	<b>1σ</b>	15.6	20.5	9.8	8.6	2.1	11.2
<b>CP</b>	<b>%</b>	10.4	25.7	8.1	11.3	25.6	19.3
	<b>1σ</b>	8.6	16.5	5.6	10.0	14.7	14.4
<b>CS</b>	<b>%</b>	5.6	64.8	6.4	6.4	4.1	13.5
	<b>1σ</b>	9.4	20.5	6.7	8.6	9.3	14.4
<b>ChB</b>	<b>%</b>	5.8	48.6	31.6	9.6	1.2	4.2
	<b>1σ</b>	14.6	18.1	14.1	8.2	3.2	5.7
<b>ChP</b>	<b>%</b>	8.0	14.1	6.2	12.1	55.7	5.9
	<b>1σ</b>	13.7	16.1	6.2	17.3	30.0	7.9
<b>IEB</b>	<b>%</b>	53.5	35.1	3.3	1.4	1.7	5.8
	<b>1σ</b>	22.6	23.3	3.4	2.5	2.7	9.6
<b>IEP</b>	<b>%</b>	7.2	11.2	7.7	18.3	43.6	12.1
	<b>1σ</b>	9.3	6.1	7.2	16.3	21.2	12.0
<b>IES</b>	<b>%</b>	0.9	74.6	4.4	6.8	2.7	12.4
	<b>1σ</b>	2.5	24.0	4.3	9.7	4.5	14.4
<b>LBB</b>	<b>%</b>	0.1	68.2	21.4	4.1	0.2	7.2
	<b>1σ</b>	1.0	17.3	13.4	3.5	0.9	10.2
<b>SP</b>	<b>%</b>	1.1	57.0	19.3	8.8	3.5	11.2
	<b>1σ</b>	4.1	17.2	12.1	5.2	6.3	5.5

AB=Anegada de Afuera Barlovento, AP=Anegada de Afuera Planicie, AS=Anegada de Afuera Sotavento, CB=Cabezo Barlovento, CP=Cabezo Planicie, CS=Cabezo Sotavento, ChB=Chopas Barlovento, ChP=Chopas Planicie, IEB=Isla de Enmedio Barlovento, IEP=Isla de Enmedio Planicie, IES=Isla de Enmedio Sotavento, LBB=La Blanca Barlovento, SP=Santiaguillo Planicie.

Claramente se puede observar que la cobertura total en la mayoría de los arrecifes, (a excepción de La Blanca y Santiaguillo que solo se evaluó una sola estación respectivamente) se repite el mismo patrón de los diferentes gremios y grupos evaluados, es decir se observa que la cobertura más alta la tienen las algas filamentosas y que seguidas de estas están las algas calcáreas y en tercer lugar las macroalgas. Las graficas que se presentan a continuación de aquellos arrecifes y estaciones que presentaron un patrón diferente al antes mencionado.

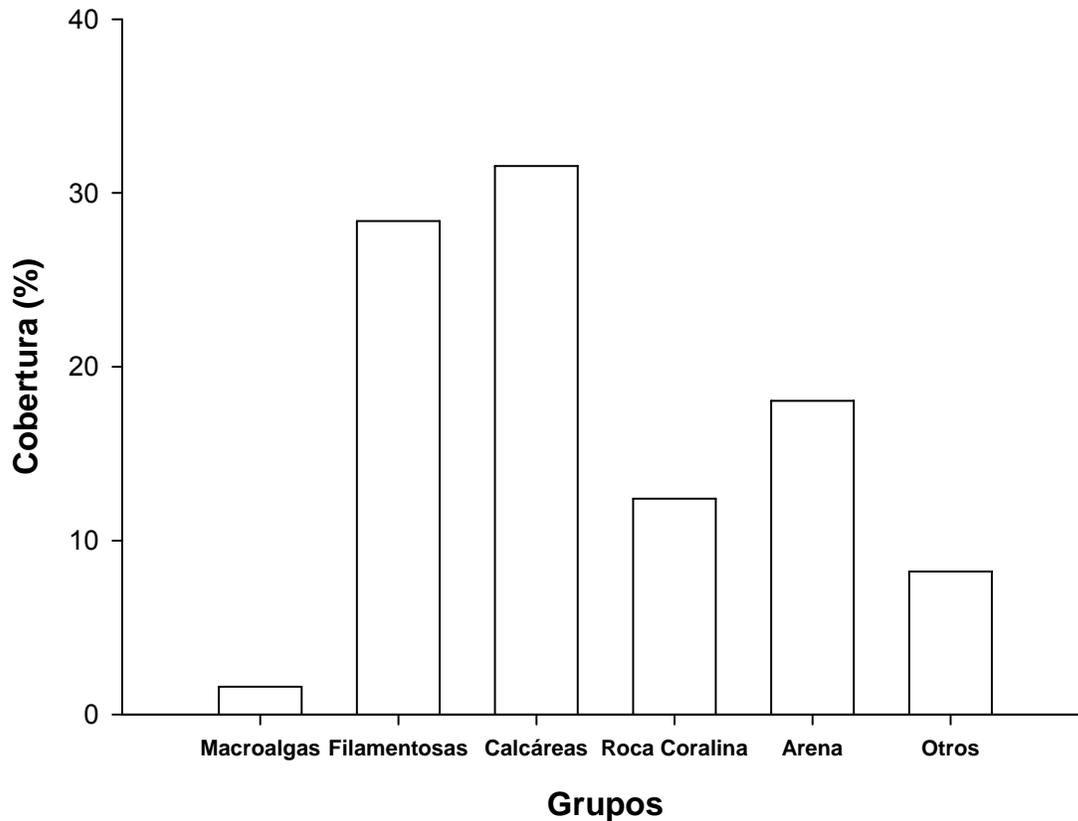
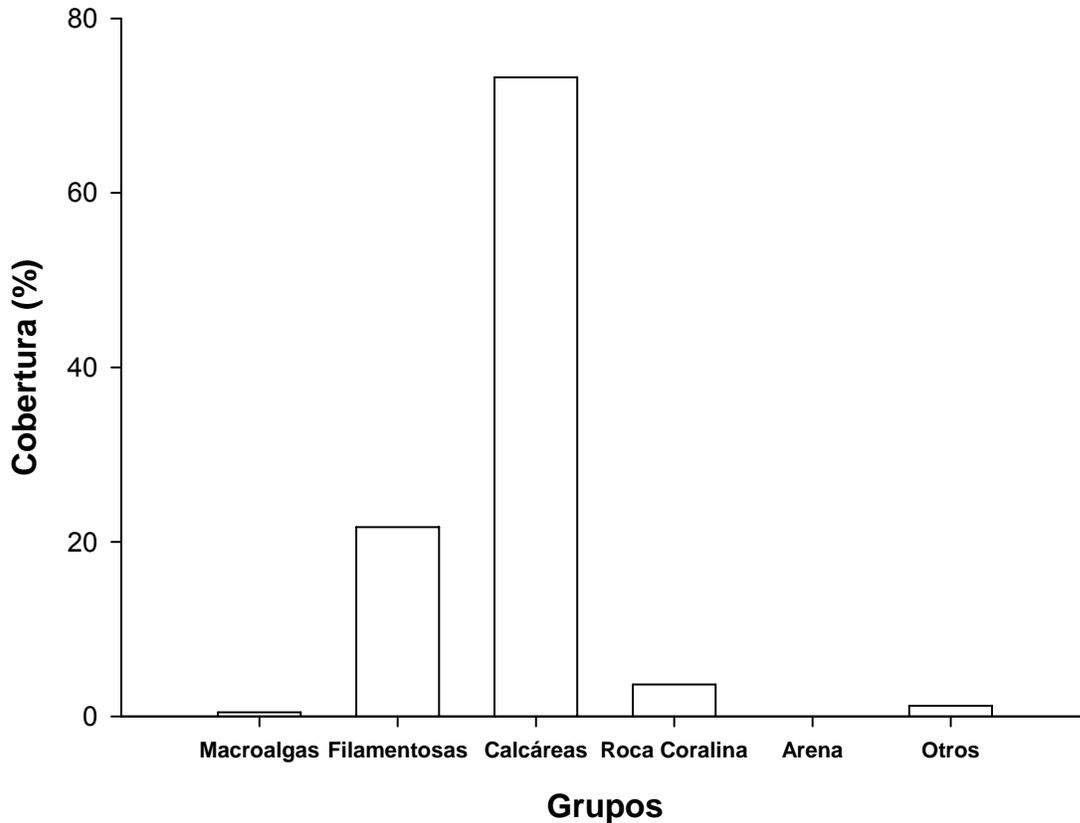
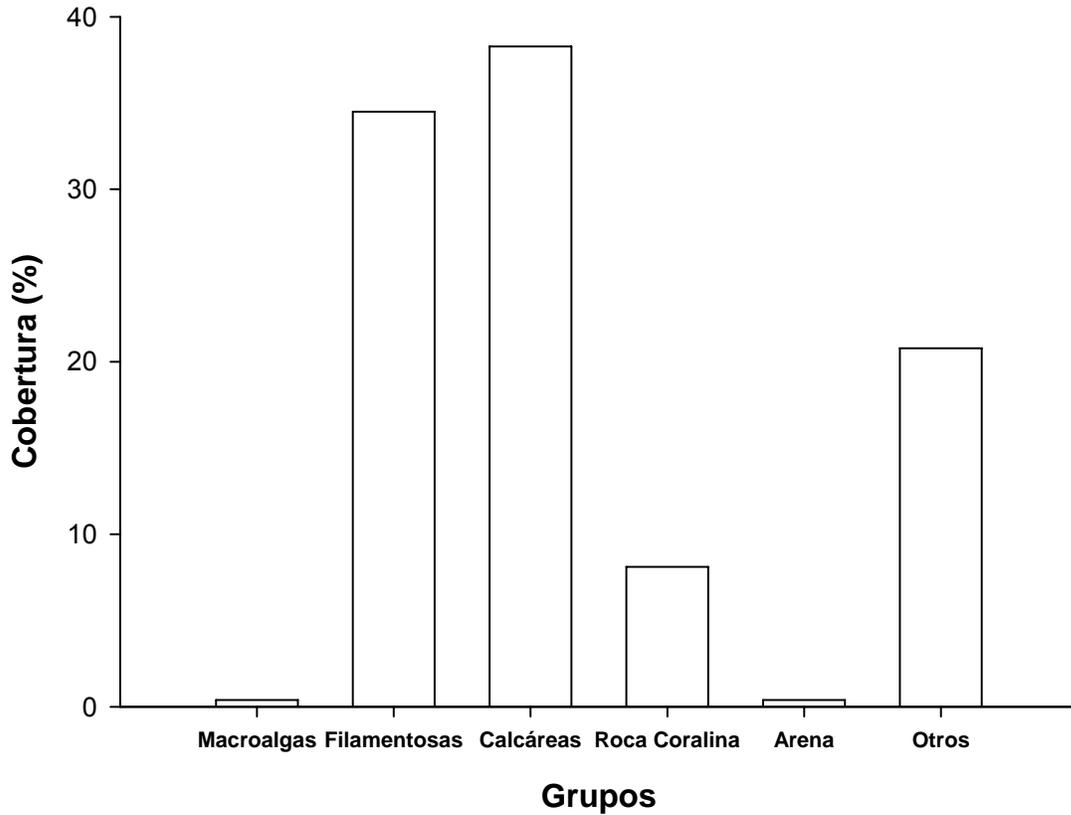


Figura 10. Gráfica de la cobertura total de los diferentes grupos en el arrecife Isla Verde.



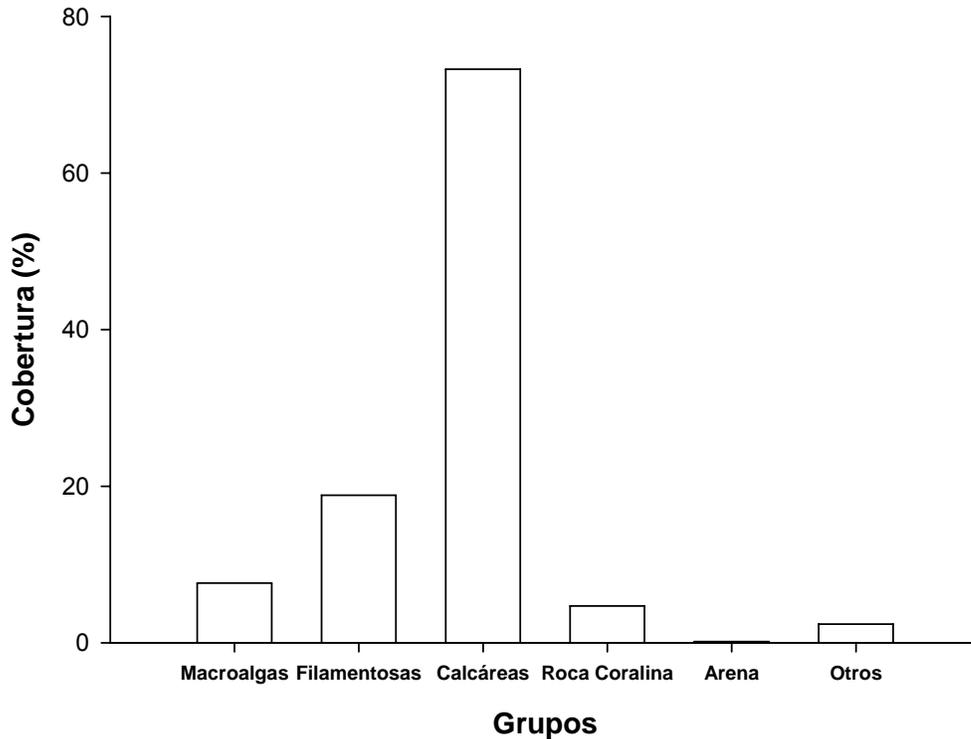
**Figura 11. Grafica de la cobertura de los diferentes grupos en el arrecife Isla Verde en la zona de Barlovento.**

En la cobertura total de Isla Verde claramente se nota una diferencia a los otros arrecifes, la cobertura de algas calcáreas es mayor a la de las algas filamentosas, siendo esta en cuanto a las calcáreas del 31.6%, de las filamentosas del 28.4% y de las macroalgas del 1.6% (Figura 10, Tabla 4). El promedio general de las algas calcáreas en Isla Verde es influenciado por el valor de la cobertura en la estación de barlovento ya que es en esta estación donde se presenta la mayor cobertura de algas calcáreas siendo esta del 73.2%, que en comparación de cobertura de las filamentosas con 21.7% y las macroalgas con 0.5% es alta (Figura 11, Tabla 5).



**Figura 12. Gráfica de la cobertura de los diferentes grupos en el arrecife Pájaros zona de Barlovento.**

En el arrecife Pájaros en la zona de barlovento, a diferencia de otras zonas y arrecifes el gremio algal que presentó la mayor cobertura fue el de las algas calcáreas con el 38.3%, seguido muy de cerca por las algas filamentosas con 34.5% y por último las macroalgas con el 0.4% (Figura 12, Tabla 5)



**Figura 13. Gráfica de la cobertura de los diferentes grupos en el arrecife Anegada de Afuera zona de Barlovento.**

Entre las tres estaciones en las que se tomaron datos en Anegada de Afuera, la zona de barlovento es la que presenta un rango de cobertura diferente, es decir las algas calcáreas con el 73.3% tienen la mayor cobertura, después con el 18.8% siguen las algas filamentosas y con la cobertura más baja 7.8%, las macroalgas (Figura 13, Tabla 6).

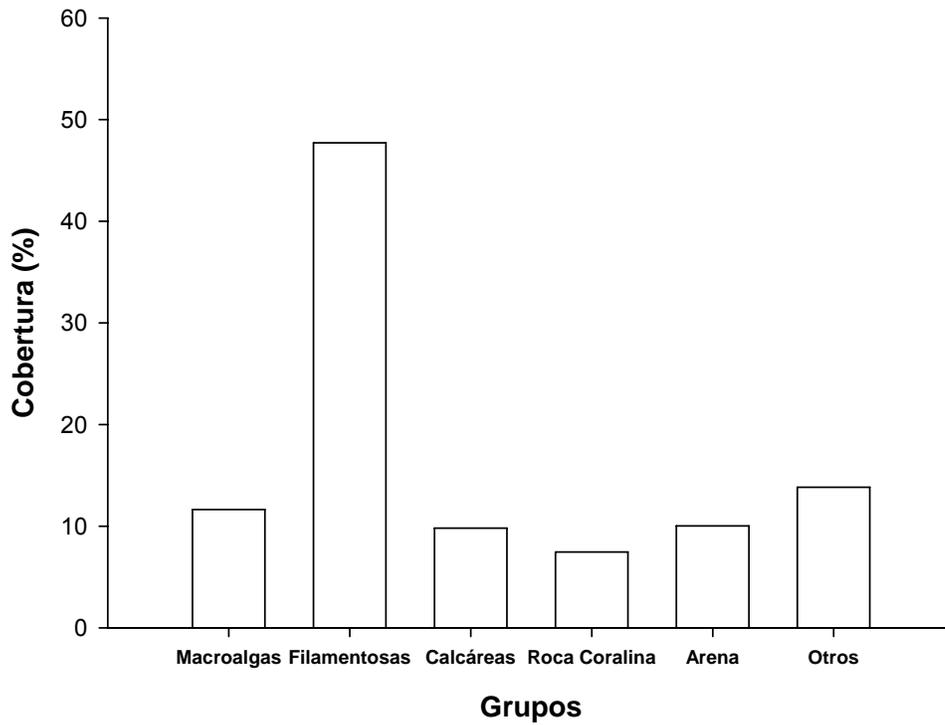


Figura 14. Gráfica de la cobertura total de los diferentes grupos en el arrecife Cabezo

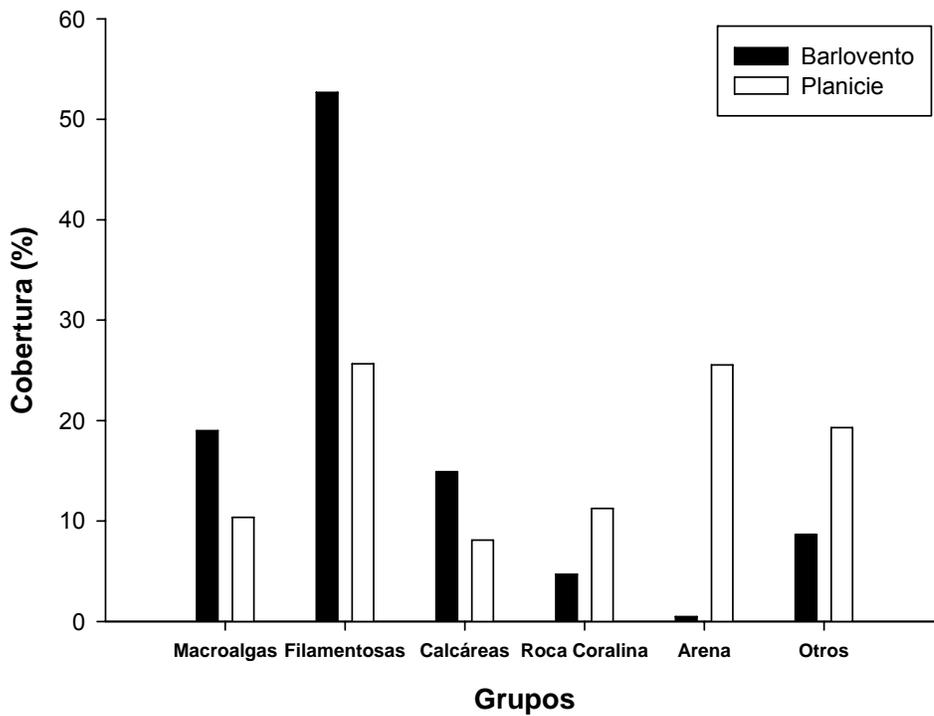
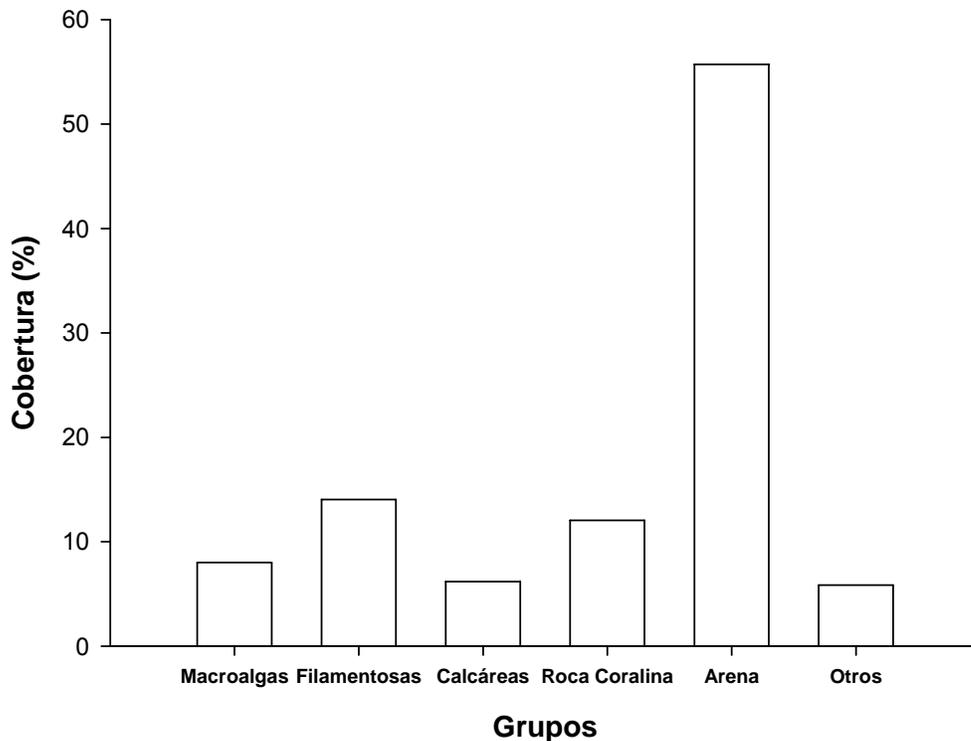


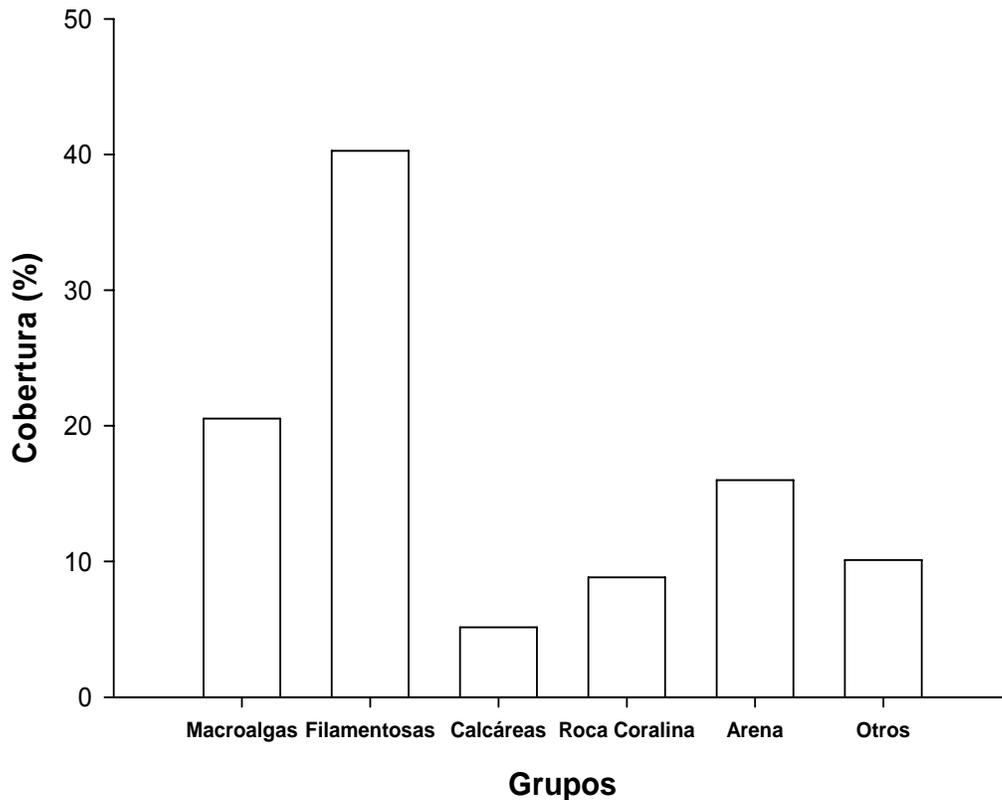
Figura 15. Gráfica de la cobertura de los diferentes grupos en el arrecife Cabezo zonas de Barlovento y Planicie.

Tanto en la zona de barlovento y planicie en el arrecife Cabezo, aunque la cobertura de algas filamentosas es alta en Barlovento con 52.7% y 25.7% en Planicie, existe una diferencia de otros arrecifes y es que la cobertura de macroalgas es mayor a la de las algas calcáreas, en cuanto a las macroalgas la cobertura fue del 19.0% en Barlovento y del 10.4% en Planicie, y con el 14.9% en Barlovento y 8.1% en Planicie las algas calcáreas obtuvieron la cobertura más baja entre estos tres gremios (Figura 15, Tabla 6). La alta cobertura de macroalgas en las zonas antes mencionadas, afecta directamente al promedio de la cobertura total en el arrecife Cabezo siendo también mayor que la cobertura de las algas calcáreas, siendo la mayor cobertura la de las algas filamentosas con 47.7%, seguidas de las macroalgas con el 11.6% y al final las algas calcáreas con el 11.6% (Figura 14, Tabla 4).



**Figura 16. Gráfica de la cobertura de los diferentes grupos en el arrecife Chopas zona de Planicie.**

En el arrecife Chopas en la zona de planicie se repite el mismo patrón de cobertura en cuanto a los tres principales gremios algales, pero hay un grupo que sobre sale más que estos, que es el de la arena que presenta una cobertura del 55.7%, que es por mucho mayor que el de las algas filamentosas con 14.1%, a las macroalgas con 8.0% que es mayor que las calcáreas que tienen el 6.2% (Figura 16, Tabla 6).



**Figura 17. Gráfica de la cobertura total de los diferentes grupos en el arrecife Isla de Enmedio.**

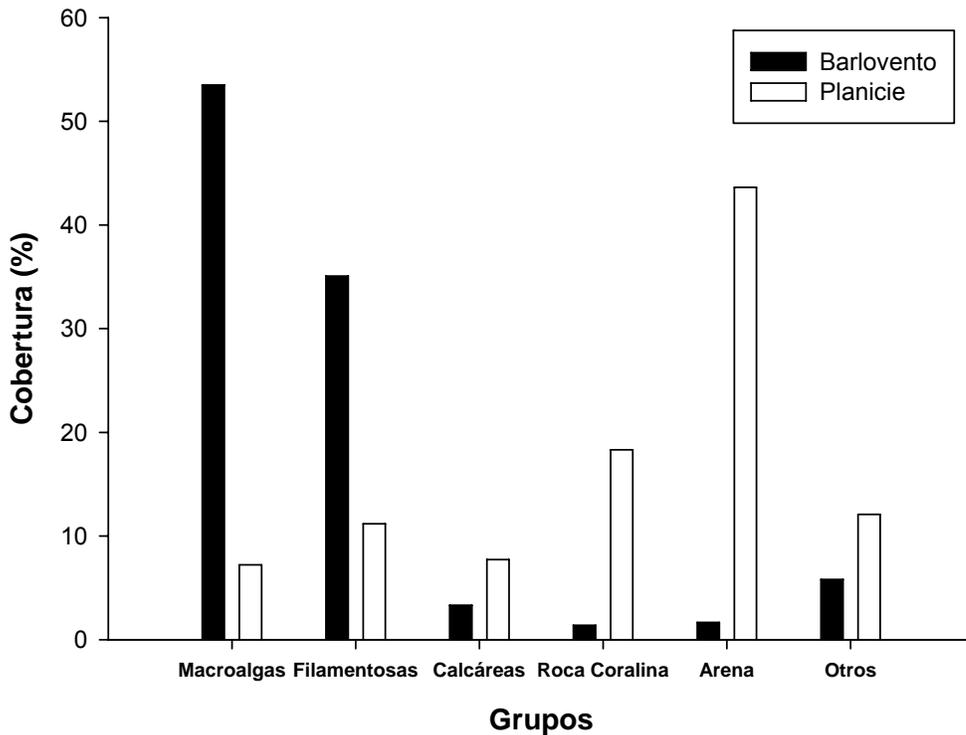


Figura 18. Gráfica de la cobertura de los diferentes grupos en el arrecife Isla de Enmedio zona de Barlovento y Planicie.

En isla de Enmedio quien presento una cobertura alta fueron las algas filamentosas con una cobertura del 40.3%, y también a diferencia de la mayoría de los arrecifes las macroalgas tienen una cobertura alta siendo del 20.5%, y las calcáreas con una baja cobertura siendo del 5.1% (Figura 17, Tabla 4). Dentro de las zonas evaluadas en Isla de Enmedio, la zona de Barlovento se destaca por presentar la cobertura más alta de macroalgas representada por el 53.5%, en segundo lugar están las algas filamentosas con el 35.1% y con una baja cobertura las calcáreas con 3.3%. En este mismo arrecife en la zona de Planicie el patrón de cobertura en cuanto a los gremios algales también es el mismo que en la mayoría de los arrecifes, pero fue considerado por que presenta una cobertura alta de arena con el 43.6% de cobertura (Figura 18, Tabla 6).

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para conocer en qué condiciones se encuentra el SAV se compararon los promedios obtenidos en el presente estudio, con los resultados obtenidos en 1999 en la campaña de evaluación de la condición de los arrecifes del ATO, por los integrantes del proyecto AGRRA (<http://www.agrra.org>). Los resultados de la campaña en el ATO se muestran en la Tabla 1, mismos que fueron publicados en un volumen especial de la revista *Atoll Research Bulletin* (No. 496, 2003).

En general el 19.1% del sustrato en el SAV está cubierto por coral vivo (Tabla 1), lo que significa que el 80.9% del sustrato esta libre y/o ha sido ocupado por otros organismos. De ese sustrato libre, en total para todo el SAV las algas ocupan el 70.4%, considerando este promedio como el 100%, obtenemos que las AF ocupan el 65.9%, las AC el 26.1% y las MA el 7.9%, promedios que pueden ser comparados directamente con los obtenidos en la campaña de AGRRA en 1999 (Tabla 1). La cobertura más alta la obtuvieron las AF con el 65.9%, que comparado con el 45.4% obtenido para el AT, significa que la cobertura de AF es 40% mayor en el SAV, indicándonos que, posiblemente, existe una tasa de herbivoría baja en el sistema por parte de peces y erizos, lo que propicia el alto desarrollo de las AF. Por su parte en el SAV las Macroalgas ocupan el 7.9%, que a comparación del 26.3% del AT, implica un valor 60% más bajo. Este bajo porcentaje de MA nos indica que en el SAV, probablemente, la disponibilidad de nutrientes es baja, específicamente en la de Nitratos y Fosfatos, lo que no permite la proliferación de las MA. En cuanto a

las AC, estas ocupan el 26.1% en todo el SAV que comparado con el 29.7% obtenido para el AT, lo que nos indica que el SAV es un sistema bajo en nutrientes y en herbivoría, ya que existen reportes que indican que para que un arrecife prolifere exitosamente éstas deben ocupar entre el 40% y 50% del sustrato libre (Littler *et. al.* 1984, McCook 1999), pues está reportado que las larvas plánulas de los corales hermatípicos necesitan un sustrato de este tipo para poder asentarse y transformarse en una colonia adulta (Round 1984, Maida *et. al.* 1995, 2001, Lehman 2007).

En cuanto a la proporción de área total desnuda se cuantificó en total para el SAV una cobertura del 18.9%, que es obtenida de la suma del promedio total de Arena 7.7%, 11.2% de Roca Coralina, dato que es importante conocer ya que este nos dice que esta área se encuentra sin ser colonizada, por algún organismo bentónico.

El grupo denominado como “Otros” está representado principalmente por esponjas y corales blandos. Es importante conocer que otros grupos están ocupando el sustrato arrecifal, ya que esto nos permite saber como está cambiando la comunidad arrecifal en el SAV. Mencionando que en el GN, la cobertura de estos grupos es del 14.7%, mientras que en el GS es de sólo el 8.7%, y para el SAV en total es del 11.1%.

En la mayoría de los arrecifes del GN y GS se repite el mismo patrón de cobertura, es decir existe una alta cobertura de algas filamentosas representadas por el 45.9% en el GN y 41.9% en el GS, seguidas de las algas

calcáreas con 19.2% para el GN y 17.4% en el GS y por último las macroalgas con el 3.0% en el GN y 11.5% en el GS. Claramente observamos que no hay mucha diferencia entre las coberturas del GN y GS a excepción de que en el GS la cobertura de MA es mucho mayor que en el GN. Como se mencionó al principio de esta sección, el aumento en cobertura de las MA podría explicarse, por un aumento de nutrientes, los que probablemente son aportados por las aguas de descarga del río Jamapa, y que son distribuidos en el área del SAV debido al régimen de corrientes superficiales imperante en el SGM (Carrillo *et. al.* 2007, Horta-Puga 2007).

En la zona de barlovento, quién presentó la mayor cobertura fueron las AF= 44.4%, seguidas de las AC= 29.1% y al final las MA= 10.7% (Tabla 3, Figuras 5, 6 y 7). Aunque las AF notablemente tienen la mayor cobertura, se puede notar que las MA y las AC presentan un aumento a comparación de la zona de Sotavento MA= 6.0%, AC= 11.1% y Planicie MA= 4.8%, AC=11.3%. Considerando que, en términos generales, la columna de agua en el área de barlovento presenta condiciones de menor cantidad de sólidos en suspensión, lo que se deduce del hecho que el agua es menos turbia (Horta Puga *et al.* 2007, Tunnel 2007), y que los sedimentos en suspensión derivan de la descarga fluvial, por tanto es posible que la cantidad de nutrientes ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^{2-}$  y  $\text{FO}_4^{3-}$ ) sea mayor en sotavento, aunque estos probablemente se encuentran adsorbidos a las partículas sedimentarias, por lo cual no están en la fracción biodisponible. Sin embargo, dado que existe un recambio constante de agua, por efecto de las corrientes superficiales, es posible que los nutrientes se presenten con mayor concentración en barlovento, lo que contribuiría a explicar

la mayor cobertura de las MA lo que favorece su crecimiento (Littler *et. al.* 1984, McCook 1999, Lehman 2007).

En la zona de planicie los sedimentos arrecifales (arena) presentan la mayor cobertura con 35.5% (Tabla 3, Figuras 5, 6, 7 y 8), le siguen las AF= 29.5%, seguidas de las AC= 10.3% y finalmente las MA= 5.3%. La zona de planicie se caracteriza principalmente por ser una zona dónde la profundidad es baja de 0.5-2.0 m, y las condiciones de temperatura y luz varían constantemente, además que es una zona con una sedimentación alta, debido a que las corrientes que se presentan son más débiles en comparación a la zonas de barlovento y sotavento, lo que favorece que los sedimentos queden depositados en el fondo (Steneck 1994, Belliveau *et. al.* 2002, Lehman 2007).

En la zona de sotavento la cobertura mayor fue la de las AF= 60.1%, seguida de las AC= 12.1% y finalmente las MA= 4.0%. Sotavento es una zona que se encuentra protegida al encontrarse en lado posterior del arrecife caracterizada por ser de baja turbulencia, y con una alta cantidad de sedimento en suspensión (Chávez *et al.* 2007).

#### *Casos especiales*

En Isla Verde y Pájaros la cobertura de AC es más alta que en los demás arrecifes del grupo (Figuras 10, 11, Tabla 5). El promedio general de las AC= 31.6% en Isla Verde es influenciado por el valor de la cobertura en la estación de barlovento ya que es en esta estación es dónde se presenta la mayor

cobertura de AC= 73.2%, por el contrario, la alta cobertura de AC= 38.3% en el arrecife Pájaros sólo se presentó en la zona de barlovento (Figura 12, Tabla 5).

En el caso de Anegada de Afuera en la zona de barlovento las AC son las que presentan una cobertura muy alta en comparación a las AF y las MA. En el arrecife Cabezo, en las zonas de Barlovento y Planicie, se observa un ligero aumento a la cobertura de las MA (Tabla 6, Figuras 12, 13 y 14). Estos dos casos nos indican que probablemente exista una mayor biodisponibilidad de nutrientes en esas zonas, asociado en el caso la Anegada, a la presencia de herbívoros, lo que no permite el desarrollo de las AF por lo que las cobertura de AC es aún mayor que en otras zonas del SAV (Fig. 13, Tabla 5) (Littler y Littler 1988, Lapointe 1999).

En el arrecife Isla de Enmedio, la zona de barlovento presenta una alta cobertura de MA= 40.3%, mayor que en los otros arrecifes evaluados. Las razones de esta cobertura inusitada de MA se desconocen.

Alrededor del mundo los arrecifes de coral están el proceso de fase de cambio de un arrecife coral a un arrecife algal, y al parecer es lo que está sucediendo en el SAV. Cuando equiparamos los promedios del SAV con los promedios del ATO (Tabla 6) se puede decir que el SAV se encuentra en un estado moderado de perturbación. Las razones que apoyan lo antes expuesto se presentan a continuación. Ya que la cobertura de MA se encuentra por debajo de los promedios generales del ATO, además de que la cobertura de AC es muy similar al promedio en el ATO, aunque tomando en cuenta este dato y

considerando que las AC tienen que estar ocupando entre un 40% y 50% (Littler y Littler 1988, Steneck 1994, Belliveau *et al.* 2002, ) del sustrato libre en un arrecife, la cobertura de AC es baja. Pero el factor que se debe tomar en consideración, es la alta cobertura de AF que presenta el SAV, que comparados con los promedios del ATO, se considera (Hughes 1994, Hughes *et al.* 1999, McCook *et al.* 2001b) que factores que probablemente ocurran en el SAV, tales como la exclusión de los principales herbívoros consumidores de algas, es el primer paso hacia la degradación de los arrecifes de coral, siendo también este el principio de las fases de cambio que llevan a los arrecifes de coral a transformarse en arrecifes algales, al aumentar la cobertura AF y de MA.

## **CONCLUSIONES**

En la zona de Barlovento, probablemente la biodisponibilidad de nutrientes sea mayor ya que presenta una cobertura mayor de MA y AC a comparación de las zonas de Planicie y Sotavento.

En la zona de Planicie posiblemente la tasa de herbivoría se menor ya que la cobertura de AF es alta, aunque es menor que en la zona de Barlovento y Sotavento.

La zona de Sotavento es la que presenta la mayor cobertura de AF, indicándonos que posiblemente la tasa de herbivoría se mucho menor que en la zona de Barlovento y Sotavento.

Se considera que tanto el GN como el GS posiblemente presenten una tasa bajo en los niveles de herbivoría, por su similar cobertura de AF. Además se considera que ambos grupos, posiblemente presentan una baja tasa en la biodisponibilidad de nutrientes por la cobertura baja que presentan de AC y MA.

La baja cobertura de MA nos indica que en el SAV, posiblemente la biodisponibilidad de nutrientes sea baja.

La baja cobertura de AC, fundamenta aun más el decir que en el SAV posiblemente existe una tasa baja de herbivoría, y una baja biodisponibilidad de nutrientes que predomina actualmente

En general, se considera que en el SAV la tasa de herbivoría es baja por parte de la ramoneadores bénticos, lo que ha provocado un alto desarrollo de las AF.

Por lo anterior, el SAV es un ecosistema arrecifal en el cual las algas son el grupo dominante en términos de cobertura del sustrato, lo que puede considerarse una evidencia de que en el sistema, posiblemente, se está llevando a cabo dominancia (fase) de un arrecife de coral a un arrecife algal. Aunque es necesario llevar a cabo mas estudios (Taxonomía, densidad de peces y erizos, biodisponibilidad de nutrientes, mortalidad coralina, análisis fisicoquímicos y de contaminación derivada de la descarga de aguas residuales etc.) para determinar si es este el caso en el SAV.

**ANEXO FOTOGRÁFICO**

*Arrecifes del SAV*



**Imagen 1 Anegada de Afuera**



**Imagen 2 Cabezo**



**Imagen 3 Chopas**



**Imagen 4 Isla de Enmedio**



**Imagen 5 Santiaguillo**



**Imagen 6 Galleguilla**



**Imagen 7 Hornos**



**Imagen 8 Isla Sacrificios**



**Imagen 9 Isla Verde**

*Materiales y métodos*



**Imagen 10 Estructuras**

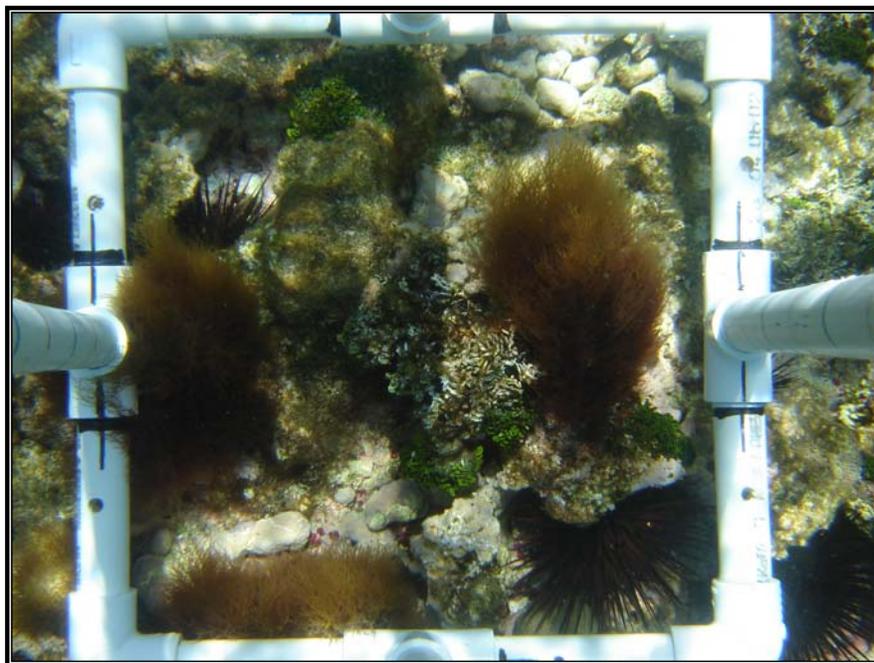


**Imagen 11 Captura Fotocuadrantes**

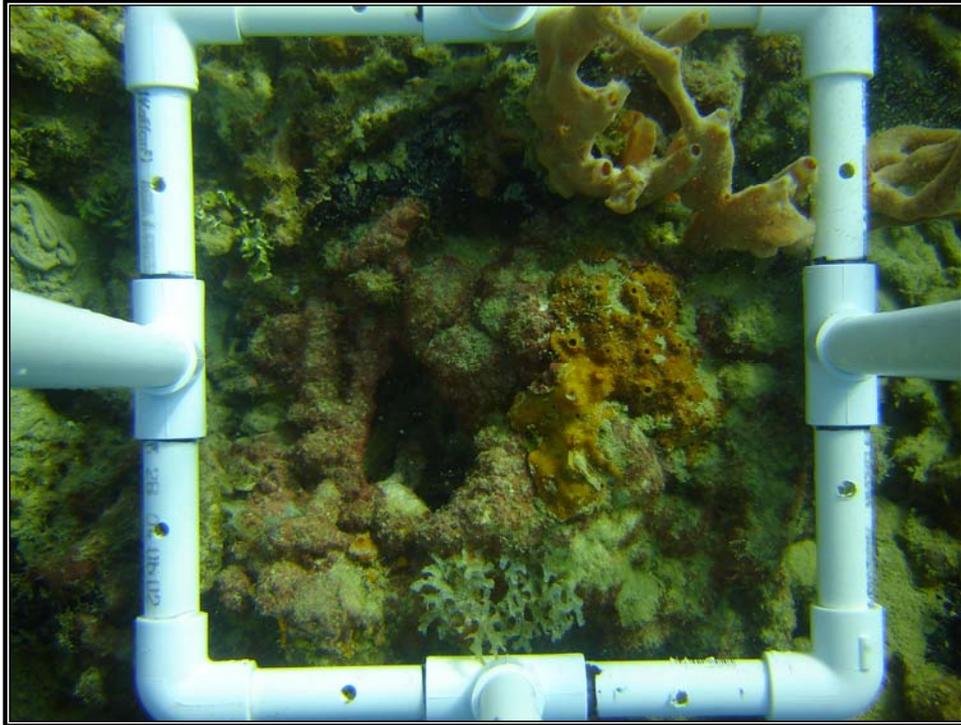
*Ejemplos de Fotocuadrantes*



**Imagen 12 Chopas Barlovento**



**Imagen 13 Santiaguillo Planicie**



**Imagen 14 Cabezo Sotavento**

## BIBLIOGRAFÍA

- ▲ Albert, S., Udy, J. y Tibbetts, R. I. 2008. Responses of algal communities to gradients in herbivore biomass and water quality in Marovo Lagoon, Solomon Islands. *Coral Reefs*. 27: 73-82
- ▲ Aronson, B. R. y Precht, F. W. 2006. Conservation, precaution, and Caribbean Reefs. *Coral Reefs*. 25: 441-450.
- ▲ Barnes. D. R. y Ruppert, E. E. 1996. *Zoología de los invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana. México. 1114 pp.
- ▲ Belliveau, A. S. y Paul, J. V. 2002. Effects of herbivory and nutrients on the early colonization of crustose coralline algae and fleshy algae. *Marine Ecology Progress Series*. 232: 105-114.
- ▲ Bellwood, R. D., Hughes, P. T. y Hoey, S. A. 2006. Sleeping Functional Group, Drives Coral Reef Recovery. *Current Biology*. 16: 2434–2439
- ▲ Carricart, G. J. P. y Horta, P. G. 1993. Arrecifes de coral en México. *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Comisión nacional para el conocimiento y Aprovechamiento de la biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo. México. Pp. 81-92.
- ▲ Carrillo, L., Horta-Puga, G. y Carricart-Ganivet, J. P. 2007. Climate and Oceanography. *Coral Reef of Southern Gulf of Mexico*. Chapter 4. Ed Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. USA. 194pp.
- ▲ Chávez, E. A. 1973. Observaciones generales sobre las comunidades del Arrecife Lobos, Veracruz. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.* 20: 13-21.
- ▲ Chiappone, M., Sullivan, S. K., Bustamente, G. y Tschirky, J. 2001. A rapid assesment of Coral Reef community structure and diversity

patterns at Naval Station Guantánamo Bay, Cuba. *Bulletin of Marine Science*. 69(2): 373-394.

- ▲ De la Campa, de. G. S. 1965. Notas preliminares sobre un reconocimiento de la flora marina del Edo. de Veracruz. *Anales Inst. Nac. Biol. Pesc.* 1:9-49
- ▲ Díaz, P. G. y McCook, J. L. 2004. Effects of live coral, epilithic algal communities and substrate type on algal recruitment. *Coral Reefs*. 23: 225-233.
- ▲ Emery, K. O. 1963. Coral reefs off Veracruz, México. *Geofís. Int.* 3: 11-17. 791 pp.
- ▲ Fox, J. R. y Bellwood, R. D. 2007. Quantifying herbivory across a coral reef depth gradient. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 339: 49-59.
- ▲ Garduño, S. G., Godinez, O. J. L. y Ortega, M. M. 2005. Distribución geográfica y afinidad por el sustrato de las algas verdes (Chlorophyceae) bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 76: 61-78.
- ▲ Ginsburg, R. N. y Lang, J. C. 2003. Status of coral Reefs in the Western Atlantic: Results of initial surveys. ). Status of coral reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys Atoll research bulletin. No. 246. (AGRRA).
- ▲ Gobler, J. C., Thibault, B., Davis, T. W., Curren, P. B., Peterson, B. J. y Liddle, L. B. 2006. Algal assemblages associated with *Stegastes* sp. territories on Indo-Pacific coral reefs: Characterization of diversity and controls on growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 336:135 – 145.

- ▲ González, G. J. A. G. 1989. Ecología de la ficoflora estacional de los arrecifes coralinos de las islas: La Blanquilla (Peyote), Verde y Sacrificios, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de biología, Universidad Veracruzana. Jalapa Veracruz, México.
- ▲ Gutiérrez, C. D., García, S., Lara, M. y Padilla, C. 1993. Comparación de arrecifes Coralinos de Veracruz y Quintana Roo. Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y aprovechamiento de la Biodiversidad de México y Centro de investigaciones de Quintana Roo. México. Pp. 787-806.
- ▲ Horta, P. G., y Carricart, G. J. P. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y aprovechamiento de la Biodiversidad de México y Centro de investigaciones de Quintana Roo. México. Pp. 66-79.
- ▲ Horta-Puga, G. 2003. Condition of selected reef sites in the Veracruz reef system (stony coral and algae). Status of coral reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys. Atoll research bulletin 246: 361-369.
- ▲ Horta-Puga, G., Vargas-Hernández, y Carricart-Gavinet, J. P. 2007. Reefs Coral. Coral Reef of Southern Gulf of Mexico. Chapter 8. Ed Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.USA.194pp.
- ▲ Horta-Puga, G. 2007. Environmental Impacts. Coral Reef of Southern Gulf of Mexico. Chapter 12. Ed Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.USA. 194pp.

- ▲ Huerta, M. L. 1958. Contribución al conocimiento de las algas de los bajos de la Sonda de Campeche, Cozumel e Isla Mujeres. *Anales Esc. Nac. Ci. Biol. México*. 9 (1-4): 115-123.
- ▲ Huerta, M. L. 1960. Lista de preliminar de las algas marinas del litoral del estado de Veracruz. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 25:39-45
- ▲ Huerta, M. L. 1961. Flora marina de los alrededores de la Isla Pérez, arrecife Alacranes, Sonda de Campeche, México. . *Anales Esc. Nac. Ci. Biol. México*. 10:11-22.
- ▲ Huerta, M. L., Chávez, M. L. y Sánchez-Rodríguez. 1974. Algas marinas de Isla de Enmedio, Veracruz. *Mem. Congr. Nac. Oceanogr. (Guaymas México)*. 5:314-325.
- ▲ Huerta, M. L. y Garza, B. A. 1964. Algas Marinas de la Barra de Tuxpan y de los arrecifes Blanquilla y Lobos. . *Anales Esc. Nac. Ci. Biol. México*. 13:5-21.
- ▲ Huerta, M. L., Rodríguez, S. E. M., y Barrera, C. M. L. 1997. Algas marinas de Isla de Enmedio, Veracruz. *Memorias del V congreso de Oceanografía. México, D. F.* pp. 314-325.
- ▲ Hughes, P. T. 1994. Catastrophes, Phase Shifts, and Large-Scale Degradation of a Caribbean Coral Reef. *Science, New Series*. 265 (5178): 1547:1551.
- ▲ Hughes, T., Szmant, M. A., Steneck, R., Carpenter, R., y Millar, S. 1999. Algal blooms on Coral Reefs: What are the causes? *Limnology and Oceanography*. 44: 6. 1583-1586.
- ▲ Hughes, P. T., Rodrigues, J. M., Bellwood R. D., Ceccarelli, D., Hoegh-Guldberg, O., McCook, L., Moltschaniwskyj, N., Pratchett, S. M.,

- Steneck, S. R., y Willis, B. 2007. Phase Shifts, Herbivory, and the Resilience of Coral Reefs to Climate Change. *Current Biology*. 17: 360-365.
- ▲ Humm, H. J. 1964. Algae of the southern Gulf of Mexico. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 4:202-206.
- ▲ Humm, H. J. y Hildebrand, H. H. 1962. Marine algae from the gulf coast of Texas and Mexico. *Publ. Inst. Mar. Sci.* 8:227-268.
- ▲ Humm, H. J. y Hamm, D. 1976. New records and range extinction of benthic algae in the Gulf of Mexico. *Fla. Sci.* 39 (1): 43- 45.
- ▲ Idjadi, A. J., Lee, C. S., Bruno, F. J., Precht, F. W., Requa, A. L., y Edmunds, J. P. 2006. Rapid Phase-Shift on a Jamaican Coral Reef. *Coral Reefs*. 25: 209-211.
- ▲ Jordán, E. 1993. El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico mexicano. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat Vol. Esp.* 46: 157-175.
- ▲ Kramer, A. P. 2003. Synthesis of Coral Reef Health Indicators for the Western Atlantic: Results of the AGRRA Program (1997-2000). Status of coral reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys. *Atoll research bulletin* 246: 1-55.
- ▲ Lang, C. L. 2003. Status of coral reefs in the Western Atlantic: Results of initial surveys Atlantic a Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) program. *Atoll research bulletin* 246: 1-55.
- ▲ Lapointe, E. B. 1999. Simultaneous Top Down and Bottom-Up Forces Control Macroalgal Blooms on Coral Reefs (Reply to the Comment by Hughes et. al.). *Limnology and Oceanography*. 44 (6): 1586-1592.

- ▲ Lara, M., C. Padilla, C. García y J.J. Espejel. 1992. Coral reefs of Veracruz Mexico I. Zonation and community. Proc. 7th Int.Coral Reef Symp. 1: 535-544.
- ▲ Lehman, L. R. y Tunnel, W. J. 1992. Species Competition and Ecology of the Macroalgae of Enmedio Reef, Veracruz, México. Texas J. Sci. 44 (4):445-457.
- ▲ Lehman, L. R. 2007. Reef Algae. Coral Reef of Southern Gulf of Mexico. Chapter 8. Ed Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.USA. 194pp.
- ▲ Lessios, A. H. 2005. *Diadema Antillarum* populations in Panama twenty years following mass mortality. Coral Reefs. 24: 125-127.
- ▲ Liddel D. W. 2007. Origin and Geology. Chapter 3. Ed Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.USA. 194pp
- ▲ Littler, M. M. y Littler, S. D. 1984. A relative-dominance model for biotic sciences. Proceedings of the Joint Meeting of the Atlantic Reef Committee Society of Reef Studies. Miami, Florida.
- ▲ Littler, M., M., Littler, S., D. y Lapointe, E., B. 1986. Baselines Studies of Herbivory and Eutrophication and Dominant Reef Communities of Looe Key National Marine Sanctuary. NOAA Technical Memorandum, Nos Memd 1. USA.
- ▲ Littler, M. M. y Littler, S. D. 1988. Structure and role of algae in tropical reefs communities. Department of Botany, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D. C.
- ▲ Littler, M. M., Littler, S. D. y Lapointe, B. E. 1993. Modification of tropical reef community structure due to cultural Eutrophication: the southwest

coast of Martinique. Proceedings of the Seventh International Coral Reefs Symposium, Gaum, 1992. 1: 335-343.

- ▲ Lirman, D. 2000. Competition between macroalgae and corals: effects of herbivore exclusion and increased algal biomass on coral survivor slip and growth. *Coral Reefs*. 19: 392-399.
- ▲ Lobban, C. S. and Wynne, M. 1981. *The Biology of Seaweeds*. Botanical Monographs, Volume 17. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- ▲ Lobban, C. S. and Harrison, P., J. 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press. Cambridge England.
- ▲ Lot-Helgueras, A. 1968. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F. 66pp.
- ▲ Mateo C. E., Galicia y Mendoza González. 1996. Algas marinas de Isla verde Veracruz México Departamento de Botánica Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. *Acta Botánica Mexicana* 36:59-7.
- ▲ Mantyka, S. C. y Bellwood, D. R. 2007. Direct evaluation of macroalgal removal by herbivorous coral reef fishes. *Coral Reefs*. 26: 435-442.
- ▲ Marquez, J. C. y Díaz, J. M. 2005. Interacciones entre corales y macroalgas: dependencia de las especies involucradas. *Bol. INVEMAR*. 34 (1).
- ▲ McCook, J. L. 1999. Macroalgae, nutrients and phase shifts on Coral Reefs: Scientific issues and management consequences For the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*. 18: 357- 367.

- ▲ McCook, J. L. 2001a. Competition between corals and algal turfs along a gradient of terrestrial influence in the nearshore central Great Barrier Reef. *Coral Reefs*. 19: 400- 417.
- ▲ McCook, L. J., Jompa, J. y Díaz, P. G. 2001b. Competition between corals and algae on Coral Reefs; a review of evidence and mechanism. *Coral Reefs*. 19: 400-417.
- ▲ McManus, W. J. y Polsenberg, F. J. 2004. Coral-algal phase shifts on coral reefs: ecological and environmental aspects. *Progress in Oceanography*. 60: 263-279.
- ▲ Miller, J. R., Adams, J. A., Ogden, B. N., Ogden, C. J. y Ebersole, P.J. 2003. *Diadema Atiliarum* 17 years after mass mortality: is recovering beginning on St Croix? *Coral Reefs*. 2: 181-187.
- ▲ Mendoza-González, A. C. y Mateo-Cid, E. L. 1992. Algas marinas bénticas de Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Acta Bótanica Méx.* 19:37-61.
- ▲ Mumby, J. P., Hastings, A. y Edwards, J. H. 2007. Thresholds and resilience of Caribbean coral reefs. *Nature*. 450: 98-101
- ▲ Núñez, L. E., C. G. Salas, M. A. R. Zarate, R. H. Landa, E. A. González 2003. Condition of coral reef ecosystem in central-southern Quintana Roo (part 2: reef fishes communities). *Atoll Research bulletin*. AGRRA. 339-353.
- ▲ Purcell, S. W. 1996. A direct method for assessing sediment load epilithic algal communities. *Coral Reef*. 15:211-213

- ▲ Sandin, S. A., Smith, J. E., De Martini, E. E., Dinsdale, E. A., Donner, S.D., *et al.* 2008. Baselines and Degradation of Coral Reefs in the Northern Line Islands. *Plos One*. 3 (2).
- ▲ Steene, R., 1992. *Arrecifes de Coral*. Barcelona, España. Plaza and James Ed. 335 pp.
- ▲ Steneck, S. R. 1994. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos* 69: 476-498.
- ▲ Steneck, S. R., Lang, C., J. 2003. Rapid assesment of México's Yucatán Ref. in 1997 and 1999: Pre-and post-1998 Mass bleaching and Hurricane Mitch (stony corals, Algae and fishes). *Atoll Research bulletin* AGRRA. Pp. 296-318.
- ▲ Strong, E. A., Liu, G., Meyer, J., Hendee, C. J., y Sasko, D. 2004. Coral Reef Watch 2002. *Bulletin of Marine Science* 75(2): 259-268.
- ▲ Szmant, A. M. 2002. Nutrient enrichment coral reefs: it is a major cause of coral reef decline? *Estuaries*. 25 (4b): 743-766.
- ▲ Thacker, W. R., Ginsburg, W. D. and Paul, J. B. 2001. Effects off herbivory exclusion and nutrient enrichment on coral reef macroalgae and cyanobacteria. *Coral Reefs*. 19: 318-329.
- ▲ Tunnell, J. W. 1988. Regional Comparison of southwestern Gulf of Mexico to Caribbean Sea coral reef. *Proceed. 6 International Coral Reef Symposium*. Sidney. Pp. 303-308.
- ▲ Tunnell, J. W., Arias, Ch. E. y Withers, K. 2007. *Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico*. Ed. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. USA. 194pp.

- ▲ Tunnell, J. W. 2007. Reef Distribution. Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico. Chapter 2. Ed. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. USA. 194pp
- ▲ Vargas-Hernández, J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. In: Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 559-575.
- ▲ Villalobos, A. 1971. Estudios ecológicos en un arrecife coralino en Veracruz, México. Symp. Invest. Resour. Caribbean Sea. UNESCO y FAO. Pp. 532-545.
- ▲ Wynne, M. J. 1986. A checklist of benthic algae of the tropical and subtropical Western Atlantic. Can. J. Bot. 64: 2239-2281.
- ▲ Zárate, R. M. A., Hernández, L. C. R., González, S. C., Núñez, L. E., and Arias, G. J. E. 2003. Condition of coral reef ecosystems in central-southern Quintana Roo, México (part 1: Stony corals and algae). Atoll Research Bulletin. AGRRA. Pp. 319-334.
- ▲ [www.agrra.org](http://www.agrra.org)