



**EVALUACION BIOLÓGICA DE LAS COMUNIDADES CORALINO
COSTERAS DE LA BAHIA DE CONOMA Y PERTIGALETE EDO.
ANZOATEGUI, VENEZUELA.**

Por:

Ruiz-Allais, Juan P. (Fundación Costa de Venezuela, Dirección Científica).

Amaro, María E. (Laboratorio de Bentos del Instituto Oceanográfico de Venezuela. U.DO).

Barrios, Jorge. (Laboratorio de Ficología del Instituto Oceanográfico de Venezuela. U.D.O).



Índice

	Pág.
Lista de tablas.....	3.
Lista de figuras.....	4.
Introducción.....	5.
Objetivos.....	7.
Metodología.....	8.
Resultados y discusión.....	15.
Bibliografía.....	58.
Anexos.....	63.



Lista de tablas

	Pág.
1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.....	9.
2. Listado y número total de especies de coral (antozoos) por estación....	18.
3. Clasificación de los estados ambientales en función de los valores de diversidad y equidad de corales en cada estación.....	25.
4. Listado de especies de esponjas por estaciones.....	35.
5. Presencia de las especies y valores de riqueza específica de Demospongiae en las estaciones de muestreo.....	36.
6. Presencia de macroalgas clorofíceas y feofíceas por estación.....	47.
7. Presencia de macroalgas rodofíceas por estación.....	48.
8. Biomasa por especie, dominancia, riqueza específica y número total de especies de algas para la zona de estudio.....	50.



Lista de figuras

	Pág.
1. Mapa de área de estudio.....	8.
2. Porcentaje de cobertura total de coral vivo y muerto por estaciones.	19.
3. Porcentaje de cobertura de las especies de coral más abundantes en la zona I.....	20.
4. Porcentaje de cobertura de las especies de coral más abundantes en la zona II.....	21.
5. Porcentaje de cobertura de las especies de coral más abundantes en la zona III.....	22.
6. Comparación del porcentaje de cobertura (Kruskal-Wallis) de las especies de coral y el coral muerto entre zonas.....	23.
7. Índice de diversidad (Shannon-Weaver) y equidad por estaciones ...	24.
8. Comparación del índice de diversidad y equidad entre zonas (Kruskal-Wallis).....	26.
9. Análisis granulométrico del sedimento en las estaciones de muestreo.....	28.
10. Comparación de fracciones de sedimento más fino (%) entre estaciones (Kruskal-Wallis).....	29.
11. Comparación de la materia orgánica (g. carbono) en sedimentos entre estaciones (Kruskal-Wallis).....	30.
12. Parámetros fisicoquímicos por estaciones.....	32.
13. Porcentaje de cobertura de las especies de Demospongiae.....	37.
14. Diversidad de especies de esponjas y equidad en las estaciones de muestreo.....	38.

Introducción

Los arrecifes coralinos bordean una sexta parte de las costas del mundo y sustentan a cientos de miles de especies animales y vegetales. El 50% de los arrecifes alrededor del mundo han sido reportados como amenazados por las actividades humanas. La agricultura, deforestación y desarrollo habitacional e industrial han introducido grandes cantidades de sedimentos, nutrientes y otros contaminantes a las aguas costeras causando amplia eutrofización y degradación de los hábitats marinos productivos (Roberts et al. 2002).

Existe consenso en que todos los contaminantes que se introducen en el medio marino alteran la biología de este ecosistema. Los estudios ecológicos constituyen una de las principales herramientas para detectar estas alteraciones mediante la evaluación de la calidad ambiental a través del análisis del bentos, principalmente de corales y esponjas (González-Díaz *et al.* 2003).

Por su estrecha dependencia con el lugar que ocupan en el sedimento, el bentos ha sido estudiado con mucho interés para tratar de entender la respuesta de la biota marina ante la contaminación. Los análisis fisicoquímicos pueden ser más precisos en valor absoluto pero carecen de relevancia espacio-temporal porque su valor se limita al sitio y momento en que fue tomada la muestra, mientras que el bentos responde a las tendencias del cambio químico y microbiológico en períodos de tiempo más extensos (Salazar - Vallejo, 1991). Entre los invertebrados bentónicos existen numerosas formas de vida sésil o con limitada capacidad de movimiento, y es esta característica, lo que permite que estos organismos constituyan un grupo idóneo para el estudio del ecosistema litoral y particularmente de los efectos de la contaminación, ya que son sensibles a la perturbación del medio que los rodea como es el caso de los corales y las esponjas marinas. (Mac Connaughey, 1974)



De igual manera, la mayor parte de las macroalgas marinas son bentónicas y crecen en biótupos bien determinados integrando, según sus tipos morfológicos, comunidades bien definidas en sustratos rocosos, arenofangosos y asociadas a comunidades de coral, pastos marinos y manglares (Bold & Wynne, 1985; Van Den Hoek et al., 1995). Las comunidades de macroalgas constituyen una importante fuente de alimentación, refugio y/o sustrato para numerosos invertebrados, tales como crustáceos, poliquetos, moluscos y briozoarios (Barrios & Lemus, 2000), así como, para poblaciones de peces de importancia comercial. Las macroalgas son muy útiles como bioindicadores cuando se estudian ambientes impactados en particular para determinar la presencia de contaminantes orgánicos provenientes de descargas cloacales o industriales lo que hace su estudio, al igual que en el caso de los corales y esponjas, un elemento fundamental en cualquier evaluación de impacto ambiental en áreas marino costeras.

En las últimas tres décadas se ha reportado el declive masivo de los corales formadores de arrecifes en todo el Caribe. La cobertura se ha reducido entre un 50% y un 80%. (Gardner *et al.* 2003). Según el índice internacional de salud para los océanos (Ocean health index, 2012) de un total de 171 países, Venezuela se encuentra en el puesto 142 como consecuencia del alto grado de deterioro de sus ecosistemas marino costeros. Debido a esta delicada situación, existe la imperiosa necesidad de realizar estudios científicos exhaustivos que conduzcan a un conocimiento profundo de la problemática ambiental permitiendo la aplicación de medidas mitigantes efectivas y oportunas.

En este trabajo se realizó una evaluación biológica preliminar del estado actual de los ecosistemas marino-costeros ubicados entre las bahías de Pertigalete y Conoma. Se estudiaron las poblaciones de corales, esponjas marinas y macroalgas, considerados grupos particularmente sensibles a los efectos de la contaminación, sedimentación y a otras perturbaciones ambientales (bioindicadores).

Objetivos

Objetivos específicos:

- Caracterizar los arrecifes coralinos tomando en cuenta la riqueza específica, abundancia de corales, esponjas y macroalgas.
- Calcular los índices de diversidad y equidad para determinar la calidad ambiental en cada una de las áreas de estudio.
- Determinar la granulometría y materia orgánica en sedimentos; además, medir la temperatura, salinidad y transparencia del agua en cada estación de muestreo.

Metodología

Área de Estudio:

Las Bahías de Pertigalete y Conoma se encuentran a 6 km al este de la ciudad de Puerto la Cruz, Edo. Anzoátegui. La bahía de Pertigalete tiene un área aproximada de 4 km² con un perímetro costero de 8 Km. La bahía de Conoma, adyacente a la anterior, presenta un área de alrededor de 2 km² con un perímetro costero de 6 km, desde punta Pertigalete hasta punta Conoma. Hacia el sur de esta bahía están las playas de Conoma y Conomita. Ambas bahías están separadas por un “istmo” en el cual se ubican las instalaciones de una planta cementera.

Para este trabajo se fijaron 13 estaciones de muestreo, abarcando un perímetro de costa de 6 Km, comenzando en la costa oeste de la bahía de Conoma (final de playa Conomita) rodeando punta Pertigalete (al norte) hasta los bosques de manglar en la costa noreste (fig. 1).

Las 13 estaciones fueron agrupadas en tres zonas por sus características ecológicas y geográficas similares para facilitar los estudios estadísticos. La **zona I**: estaciones 1, 2, 3 y 4; **zona II**: 5, 6, 7 y 8; **zona III**: 11, 12 y 13. Las estaciones 9 y 10 correspondientes a la playa, por ser un biotopo diferente, se les dio un tratamiento aparte (tabla 1).

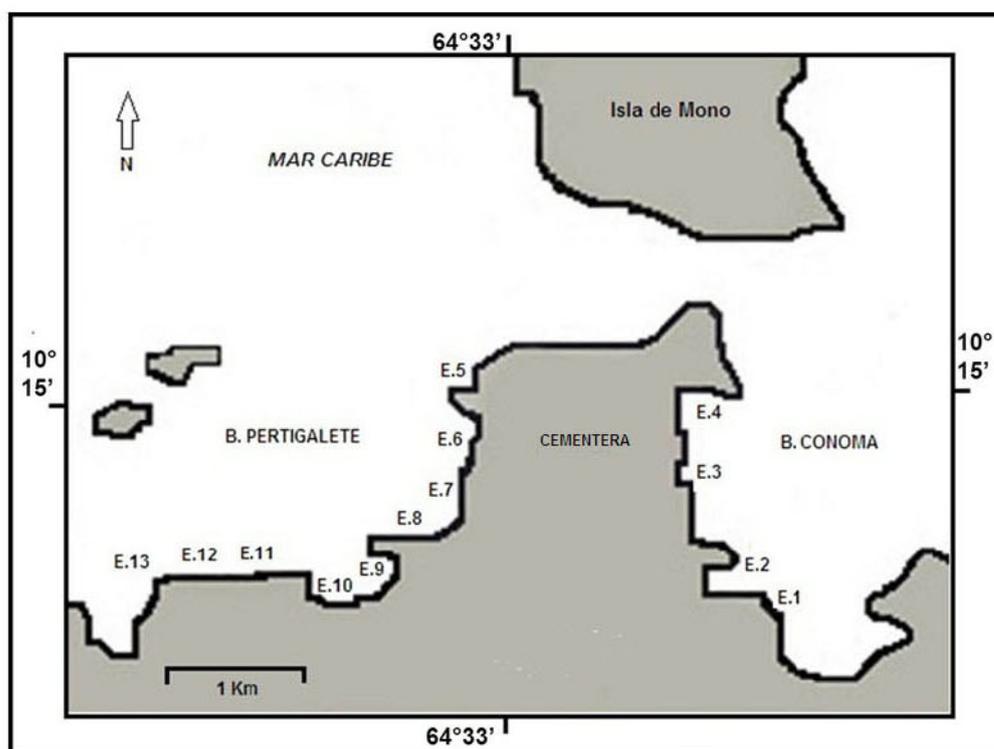


Figura 1. Mapa de la zona de estudio. Estaciones de muestreo (E.1 - E.13).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.

Zona	Estación	Coordenadas
I	1	10°14'20'' N / 64°32'36'' W
	2	10°14'28'' N / 64°32'45'' W
	3	10°14'43'' N / 64°32'50'' W
	4	10°14'55'' N / 64°32'52'' W
II	5	10°14'57'' N / 64°33'24'' W
	6	10°14'48'' N / 64°33'26'' W
	7	10°14'34'' N / 64°33'27'' W
	8	10°14'57'' N / 64°33'27'' W
Playa	9	10°14'57'' N / 64°33'27'' W
	10	10°14'25'' N / 64°33'47'' W
III	11	10°14'25'' N / 64°33'55'' W
	12	10°14'28'' N / 64°34'00'' W
	13	10°14'29'' N / 64°34'10'' W

Trabajo de campo:

Se realizaron seis (6) salidas de campo entre el 15-08-12 y 09-10-12. La recolección de muestras y fotografías se realizaron mediante buceo autónomo y libre. Se hizo un muestreo sistemático lineal ubicando en cada estación un transecto de 30 m. de longitud paralelo a la costa a 2 metros de profundidad. Para obtener los datos de cobertura de las diferentes especies se utilizó un muestreo por fotocuadratas (Coyer & Witman, 1990). En este caso, cada fotografía equivale a un área de 0,4 m². Se tomaron 15 fotocuadratas por estación. Para la toma de las gráficas se utilizó una cámara submarina digital Sea & Sea, DX 800, de 8.2 mega píxeles de resolución. Los especímenes de coral recolectados fueron refrigerados, fijados y transportados para su posterior identificación en los laboratorios respectivos. Para la identificación de las especies de coral se utilizaron como referencias los trabajos de Ramírez (2001) y Humann & Deloach (2006). También se tomaron datos de temperatura, salinidad y transparencia del agua en cada estación e, igualmente, se colectaron muestras de sedimento para análisis granulométrico y materia orgánica.

Esponjas:

Previo a la extracción de las muestras de esponjas, se anotaron *in situ* características externas de los especímenes como la forma, color, consistencia, tipo de superficie y distribución y diámetro de los ósculos. Las muestras fueron extraídas, en forma manual con ayuda de un cuchillo e inmediatamente colocadas en bolsas plásticas transparentes, previamente etiquetadas y refrigeradas en una cava hasta su traslado al laboratorio de Bioactivos Marinos del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, para su posterior identificación.



Para determinar la tipología de los elementos esqueléticos de las esponjas (espículas) se cortaron pequeños trozos ($0,5 \text{ cm}^3$) de los ejemplares, y se colocaron en tubos de ensayo sometidos a ebullición en Baño de María con hidróxido de sodio (NaOH) concentrado para lograr la digestión de la materia orgánica. Se descartó el sobrenadante y se le agregó agua para diluir el NaOH. Se tomó una alícuota del extracto espicular respectivo para su observación en el microscopio. Finalmente, se midió la longitud y diámetro (expresados en micrómetros) de cada uno de los tipos de espículas.

Para observar la configuración espacial de las espículas en el esqueleto del ectosoma y coanosoma en cada ejemplar, se cortaron pequeños trozos ($0,5 \text{ cm}^3$) perpendiculares a la superficie de la esponja. Estos fragmentos fueron sometidos a un proceso de congelación. Una vez formados los bloques de hielo, se hicieron cortes finos con una hojilla.

Se midió el grosor de tractos espiculares, fibras de espongina (médula y vaina) y cortezas, así como diámetro de canales y mallas, Ramírez (2011).

Se llevó a cabo un registro fotográfico de las espículas y del esqueleto del ectosoma y endosoma mediante una cámara digital Casio Exilim EX-Z110 adaptada a un microscopio de luz convencional; este registro se utilizó para elaborar dibujos a escala.

La identificación de ejemplares se realizó hasta la categoría de especie, empleando descripciones de Wiedenmayer (1977), Van Soest (1978, 1980, 1984), Green & Gómez (1986), Zea (1987), Hubbard (1990), Pauls (1998), Lehnert & Van Soest (1998), Hooper & Van Soest (2002), Muricy & Hajdu (2006) entre otras.

Algas:

El muestreo para el inventario florístico se efectuó en la zona intermareal y la zona submareal somera hasta una profundidad de 1 metro, colectándose las macroalgas fijadas a cualquier tipo de sustrato manualmente y las algas desprendidas presentes en la playa. El material colectado se depositó en bolsas plásticas y se refrigeró en cavas con hielo hasta su traslado al laboratorio, en donde se limpió para eliminar materiales extraños y se preservó con formalina al 4% en agua de mar (Aponte, 1985), depositándose en frascos de boca ancha con sus respectivos datos. En el caso de algas con el talo demasiado delgado y frágil, se usó alcohol al 30% (Ramírez, 1995).

Las muestras de algas para los análisis comunitarios se colectaron utilizando una cuadrata de 0,25 m² dispuesta al azar sobre el sustrato rocoso o equivalente (escombros, objetos sumergidos, etc.) denudándose la totalidad de las algas presentes en el área delimitada por la cuadrata (Boudouresque, 1971). La biomasa final por estación se extrapola a un metro cuadrado.

Actividades de Laboratorio:

La revisión taxonómica se hizo mediante el estudio de especímenes completos y cortes histológicos, los cuales se procesaron según la técnica modificada de Womersley (Ramírez, 1995), en la que se utiliza una tinción previa de pequeñas porciones de la planta con anilina azul al 1%, acidificada con ácido clorhídrico al 1%, los cortes se realizaron a mano alzada con una hojilla, una vez obtenidos estos, se elaboraron laminillas microscópicas con miel de maíz (conocido comercialmente como KARO) a concentraciones consecutivas de 30, 50 y 80%. Las láminas fueron examinadas con ayuda de un microscopio binocular Kioga Medilux-12. Para la identificación de las especies se emplearon las claves artificiales de Taylor (1960), Joly (1967), Lemus (1979, 1984) y Aponte (1985), entre otras obras de referencia; la clasificación taxonómica está referida al trabajo de Wynne (2011).

Con la información obtenida se elaboró un inventario florístico hasta la categoría taxonómica de especie de las macroalgas presentes en la zona de estudio.



Las algas de las muestras para los estudios cuantitativos fueron lavadas para eliminar restos de sustrato y separadas por especie, posteriormente se secaron en una estufa a 105-110 °C por 24 horas (Romero, 1984) y se pesaron con una balanza analítica para obtener la biomasa en peso seco. La información de la biomasa y el número de especies por muestra se utilizó para calcular los índices comunitarios:

Análisis de sedimentos:

- *Granulometría:* Se determinó la granulometría del sedimento por el método del tamizado en una columna (Caraballo, 1968). Las muestras de sedimento fueron secadas en una estufa marca Memmert a 60°C por 48 horas, posteriormente fueron colocadas en una tamizadora marca Siev Shover constituidas por una serie de baterías (4,0 mm; 2,0 mm; 850 µm; 500 µm; 250 µm; 125 µm; 63 µm y fondo).

- *Materia Orgánica:* Se calculó el contenido de materia orgánica por el método de Bernal y Betancourt (1996) con recomendaciones de Rodríguez (1972) y Holme y McIntyre (1971) en esta metodología, fundamenta en la mineralización total de la materia orgánica contenida en los sedimentos marinos. De cada zona de estudio se tomaron tres réplicas de las muestras de sedimento y se colocaron en crisoles de porcelana previamente pesados. Las muestras fueron secadas a 60 °C en una estufa marca Mehmet por 24 horas y pesadas en una balanza digital marca Zero de 0,01g de apreciación.

Posteriormente, las muestras secas se incineraron en una mufla marca Furnace 6000 a 450 °C por 24 horas y fueron nuevamente pesadas, después de enfriados los crisoles. La determinación de materia orgánica se obtuvo por diferencia de peso para obtener fracción de materia orgánica libre de cenizas. Los gramos de carbono se obtuvieron siguiendo la metodología de Salazar-Vallejo (1980).

Análisis de los datos:

La información de la cobertura de los corales y esponjas; biomasa en el caso de las macroalgas, además del número de especies por muestra, fueron la base para calcular los siguientes índices comunitarios: **riqueza específica** (número de especies por estación); **diversidad** (Shannon-Wiener, 1949) y **equidad** (Lloyd & Ghelardi, 1964). Estos índices se calcularon mediante el programa Primer 5.

Análisis estadísticos:

Se realizaron análisis de varianza no paramétricos (Kruskal-Wallis) para determinar diferencias entre la abundancia (cobertura %) específica y las diferentes variables estudiadas. Los análisis se hicieron con el programa STATGRAPHIC plus versión 4.1.

Resultados y Discusión

Zona I: comprende las estaciones 1, 2, 3 y 4, en la costa oeste de la bahía de Conoma. La costa es principalmente rocosa con algunas pequeñas playas en donde se observan parches de manglar (*Rhizophora mangle*) poco desarrollados y en general muy contaminados con plásticos (botellas, bolsas etc.). La vegetación de los cerros adyacentes es principalmente xerófila.

Los arrecifes costeros (frangeantes) entre 0,5 y 4 m de profundidad poco desarrollados con algunos parches coralinos dispersos a algunos metros de la costa. La principal especie estructuradora del arrecife es el hidrocoral *Millepora alcicornis*, además, de algunas especies de corales pétreos (escleractíneos) poco abundantes. Igualmente, se destaca la gran cobertura de la gorgonia incrustante *Erythropodium caribaeorum* (octocoral) creciendo sobre coral muerto y vivo. Esta especie es dominante en las estaciones 1,2 y 4.

También se observó la presencia de una especie de coral blando exótico (invasor) que se encuentra ampliamente esparcida en las estaciones 2, 3 y 4, siendo la especie dominante en la estación 3. Este coral alcionaceo originario del Indo-Pacífico presenta un patrón de dispersión bastante agresivo y crece indiscriminadamente sobre distintos tipos de sustratos: coral vivo y muerto, arena, fango, cauchos y basura submarina en general (Ruiz-Allais et al. 2014).

Otra característica resaltante de esta zona fue la gran cantidad de desechos, presumiblemente provenientes de la empresa cementera, que se observaron esparcidos por el fondo de la estación 3. Estos incluyen innumerables cauchos de distintos tamaños, carretes de cables industriales, restos de bandas transportadoras, entre otros elementos metálicos menos conspicuos. Un aspecto característico de esta zona fue el alto grado de sedimentación y porcentaje de coral muerto observados, sobre todo, en la estación 2 que, es la más afectada por el deslave de sedimentos. En esta área, existe un amplio camino de tierra despejado de vegetación que conecta la parte alta del cerro y desemboca directamente en la playa. Durante la época de lluvia esta es la principal vía por la que son acarreados los

sedimentos que finalmente se depositan en la costa afectando negativamente a los arrecifes. Todos estos factores determinan el acusado deterioro ambiental observado en esta zona.

La estación 1, cercana a Conomita, se encuentra influenciada por la quebrada que descarga en esta playa y por un manantial submarino que aporta agua dulce al arrecife, lo que también podría estar afectando el crecimiento y diversidad de los corales (**Anexo 1,2 ,3 y 4**).

Zona II: conformada por las estaciones 5, 6, 7 y 8 ubicadas al norte, bordean toda la instalación industrial de la cementera. Se caracteriza por una costa principalmente rocosa con arrecifes costeros poco densos y someros, entre 1 y 3 metros de profundidad. Las especies de coral dominantes, al igual que en la zona 1, fueron *M. alcicornis* y *E. caribaeorum* (gorgoniáceo) con la excepción de la estación 8 en donde domino el coral cerebro *Diploria strigosa*. Aquí, la estación 5 fue la que se encontró en mejores condiciones ambientales generales, probablemente por estar en un área un poco alejada de las instalaciones industriales. Las estaciones 6, 7 y 8 presentaron pobres niveles ambientales como consecuencia, principalmente, de las descargas de sedimentos provenientes presumiblemente de la cementera que provocan la turbiedad del agua y tapizado de los corales (**Anexo 5, 6, 7 y 8**).

Playa: en esta área se ubicaron las estaciones 9 y 10. Es una playa de arena oscura con altos contenidos de materia orgánica y en donde no existen formaciones coralinas. Se caracteriza por presentar un agua bastante turbia como consecuencia de la descarga de quebradas provenientes del área boscosa inundable (cocotales) que cubre la línea costera. En la estación 9, hay dos quebradas que desembocan en la playa. En el extremo oeste, estación 10, también existe una quebrada relativamente grande que desemboca en el mar.

Zona III: formada por las estaciones 11, 12 y 13, se ubica al noroeste de la planta. La estación 11, presenta arrecife costero poco profundo dominado por las especies de coral blando (zoantidos) *Palythoa caribaeorum* y *Zoanthus* sp., además del octocoral incrustante *E. caribaeorum*, que cubren la mayor parte del sustrato. Estas especies son oportunistas y colonizan áreas



impactadas (sobre coral muerto y otros sustratos inertes) siendo muy abundantes en zonas con bajos niveles ambientales. Las estaciones 12 y 13, se encuentran en el área de manglares en donde se observa la típica zonación mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en la línea costera, pradera de pasto marino (*Thalassia testudinum*) en la zona somera y corales hacia la zona más profunda (hasta 4 m de profundidad). Aquí, igualmente, encontramos bajos niveles ambientales, aunque no parecen muy impactados por la sedimentación, es probable que existan otros factores como descargas de aguas negras, anclaje de embarcaciones, actividades pesqueras etc. que estén afectando negativamente a los corales. El área de pastos marinos se encuentra aparentemente en buenas condiciones, al igual que los manglares costeros, con excepción de las grandes cantidades de basura plástica que se observaron en las raíces de los mismos (**Anexo 11, 12 y 13**).

Corales:

Riqueza específica y abundancia:

En total se registraron 24 especies de corales (antozoos), pertenecientes a 12 familias y 20 géneros, incluyendo corales escleractíneos (pétreos) octocorales (gorgonias) y anemonas (actinias). La zona 1, con 15 especies, presentó la riqueza específica más baja, seguida de la zona 3 (17 especies) y la zona 2 que presentó el mayor número con 20 especies, esto debido a la mayor riqueza específica de la estación 5. Las estaciones con menor diversidad específica fueron la 3, 8 y 13 respectivamente. Las estaciones 6, 7, 11 y 12 fueron las de mayor riqueza específica (Tabla 1). Estos valores son bajos en comparación con lo observado por Sant (1999), quien reportó 40 especies de coral en ecosistemas coralinos equivalentes del Parque Nacional Mochima. En el parque nacional Morrocoy, (Cayo Sombrero) Bone *et al.* (2001), señalan una alta biodiversidad de corales pétreos con más de 20 especies descritas. Igualmente, Llansó & Díaz (2002) en Cuba, reportan 62 especies de coral en arrecifes considerados en buenas condiciones de conservación.

Tabla 2. Listado y número total de especies de coral (antozoos) por estación.

Familia	Especie	Estaciones											
		1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	
Anthothelidae	Erythropodium caribaeorum	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Milleporidae	Millepora alcicornis	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gorgoniidae	Pseudopterogorgia americana					x	x	x	x				
Plexauridae	Pseudoplexaura sp.					x							
“ “	Eunicea fusca					x	x	x				x	
“ “	E. calculata						x	x				x	
“ “	E. mammosa					x	x				x		
Faviidae	Colpophyllia natans	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
“ “	Diploria strigosa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
“ “	Montastraea annularis	x			x	x	x						x
“ “	Montastraea cavernosa	x				x	x	x					
Siderastreidae	Siderastrea radians	x		x	x		x	x	x				
“ “	S. siderea			x				x					
Mussidae	Isophyllia sinuosa	x	x		x		x	x		x			
Poritidae	Porites astreoides		x		x					x	x	x	x
	P. porites								x	x	x	x	x
Zoanthidae	Palythoa caribaeorum	x	x		x	x			x	x	x	x	x
“ “	P. grandis									x	x		
“ “	Zoanthus sp.	x	x						x	x			
Actiniidae	Lebrunia danae					x							
“ “	Condylactys gigantea	x		x	x		x	x		x	x	x	x
“ “	Bartholomea annulata												
“ “	Epicystis crucifer	x											x
“ “	Stichodactyla helianthus								x	x	x		
Xeniidae	Coral blando*		x	x	x								
Meandrinidae	Dichocoenia stokesi						x	x					
Total		12	9	7	11	12	14	13	9	13	13	9	9

(*) Especie no identificada.

La abundancia de corales se midió en función del porcentaje de cobertura de las especies en cada estación. La cobertura total de corales escleractineos vivos fue menor en la **zona I**, siendo la estación 3 la que presento el porcentaje de cobertura más bajo (9%). Coincidentemente, la cobertura de coral muerto fue también mayor en esta zona, aquí, la estación 2 presento el valor más alto (35%). En la **zona II** se observó la mayor abundancia de coral vivo; aquí, la estación 6 presento el porcentaje de cobertura más alto (37%) y la estación 8 el menor (13%). En esta área, la mayor proporción de coral muerto se observó también en la estación 6 (13%). La **zona III** presenta valores similares a la anterior, siendo la estación 12 la de mayor porcentaje de cobertura (32%) y la 11 la de menor (5%). En esta zona el mayor porcentaje de coral muerto se vio en la estación 12 (22%), **Fig.2**.

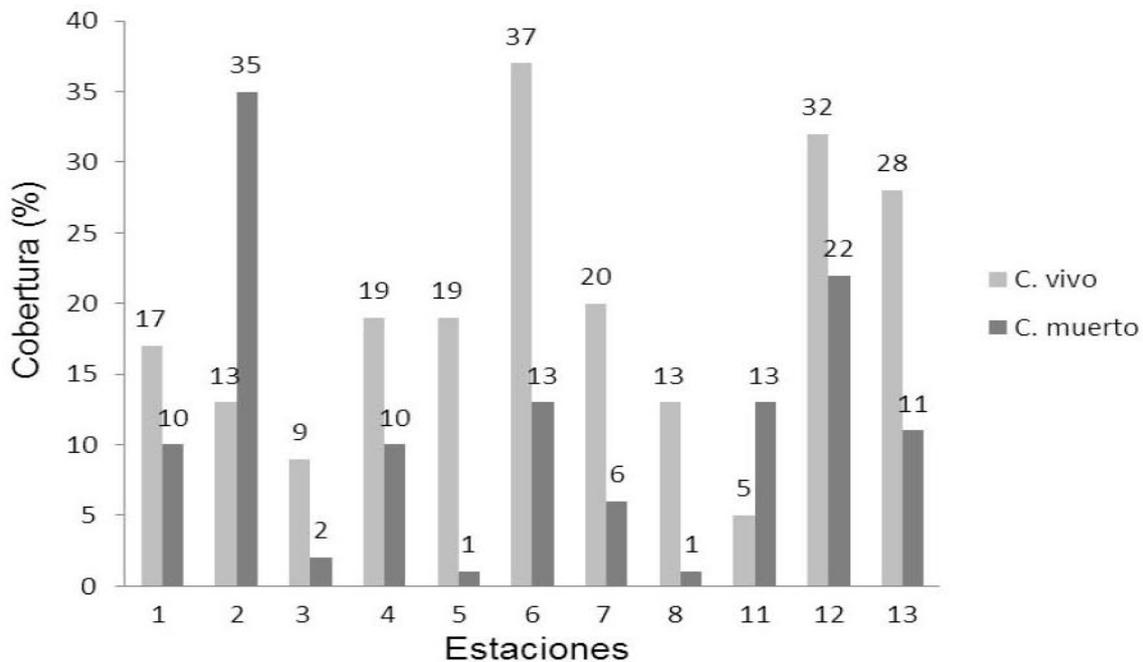


Figura 2. Porcentaje de cobertura (%) total de coral vivo y muerto por estaciones.

La cobertura de coral vivo en la mayoría de las estaciones fue baja si se comparan con otras zonas del país y el Caribe. Según Bone *et al.* (2001), la cobertura promedio de corales pétreos en Morrocoy (Cayo Sombrero y Playa Caimán) varía entre 35 y 40%. En arrecifes con alta diversidad como por ejemplo los de Puerto Rico 43%; Curazao 36%; Colombia 35% y Bonaire 30%. Aunque estos ecosistemas coralinos no tengan exactamente las mismas características de los aquí estudiados, pueden considerarse como una referencia válida ya que pertenecen a la misma zona biogeográfica.

En la **zona I**, las especies dominantes fueron *E. caribaeorum* y *M. alcornis* y la especie de coral blando invasor no identificada (Xeniidae). Esta última, fue la especie más abundante en la estación 3 y la segunda en importancia en la estación 4 (**Fig.3**).

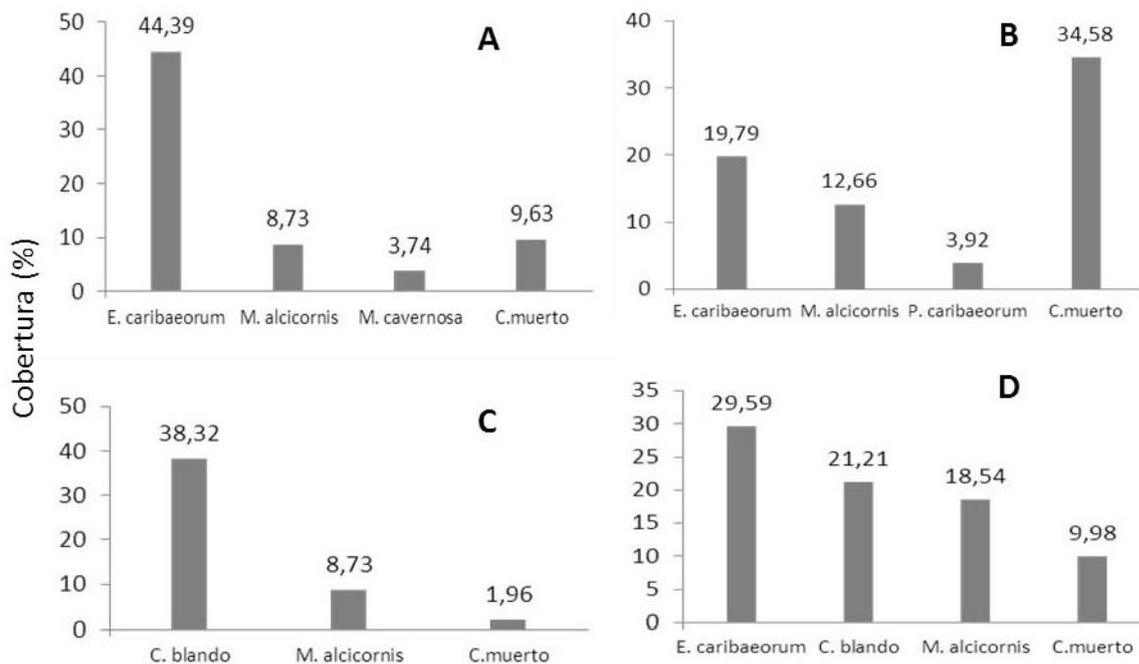


Figura 3. Porcentaje de cobertura de las especies de coral más abundantes en la zona I: estaciones 1(A), 2(B), 3(C) y 4(D).

En la **zona II**, las especies dominantes igualmente fueron *E. caribaeorum* y *M. alcornis* con excepción de la estación 3 en la cual la mayor cobertura fue de *Diploria strigosa* y *Palythoa caribaeorum*, respectivamente (**Fig. 4**).

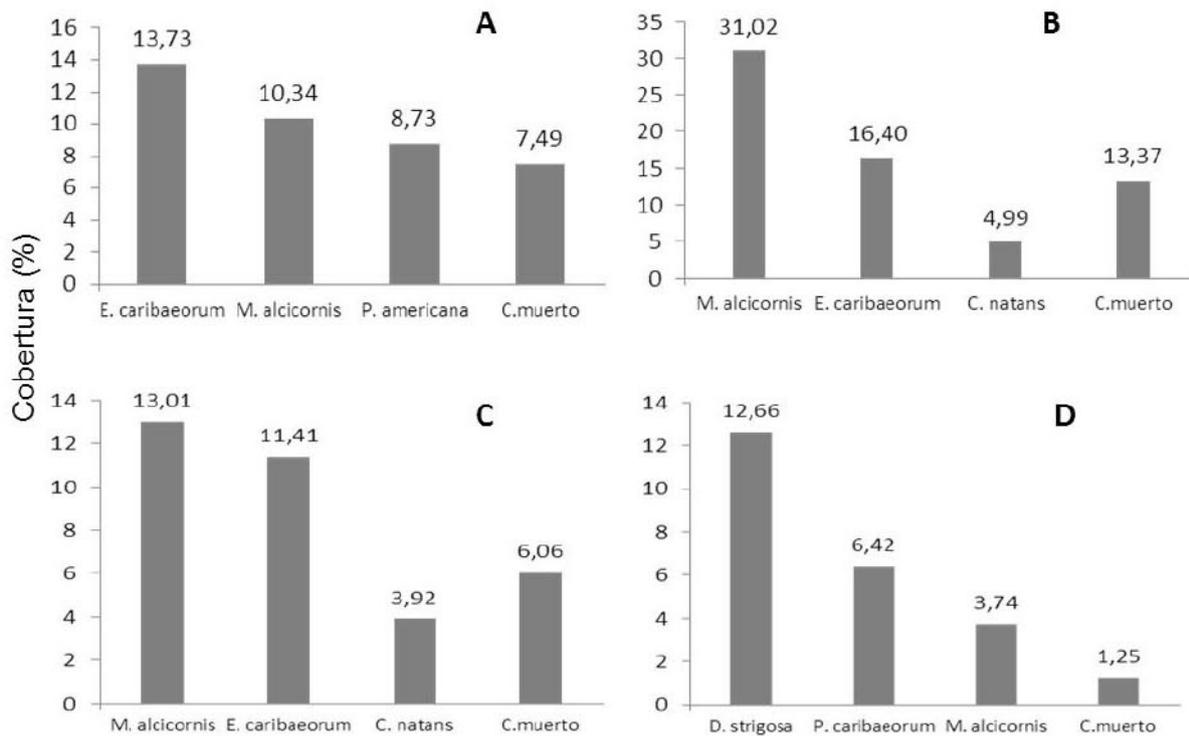


Figura 4. Porcentaje de cobertura de las especies de coral más abundantes en la zona II: estaciones 5(A), 6(B), 7(C) y 8(D).

En la **zona III**, se observó una alta dominancia de los zoantidos *P. caribaeorum* y *Zoanthus* sp., sobre todo en la estación 11. Las estaciones 12 y 13 siguen el mismo patrón de dominancia general de todas las zonas de estudio, siendo *E. caribaeorum* y *M. alcornis* las especies más abundantes (**Fig.5**).

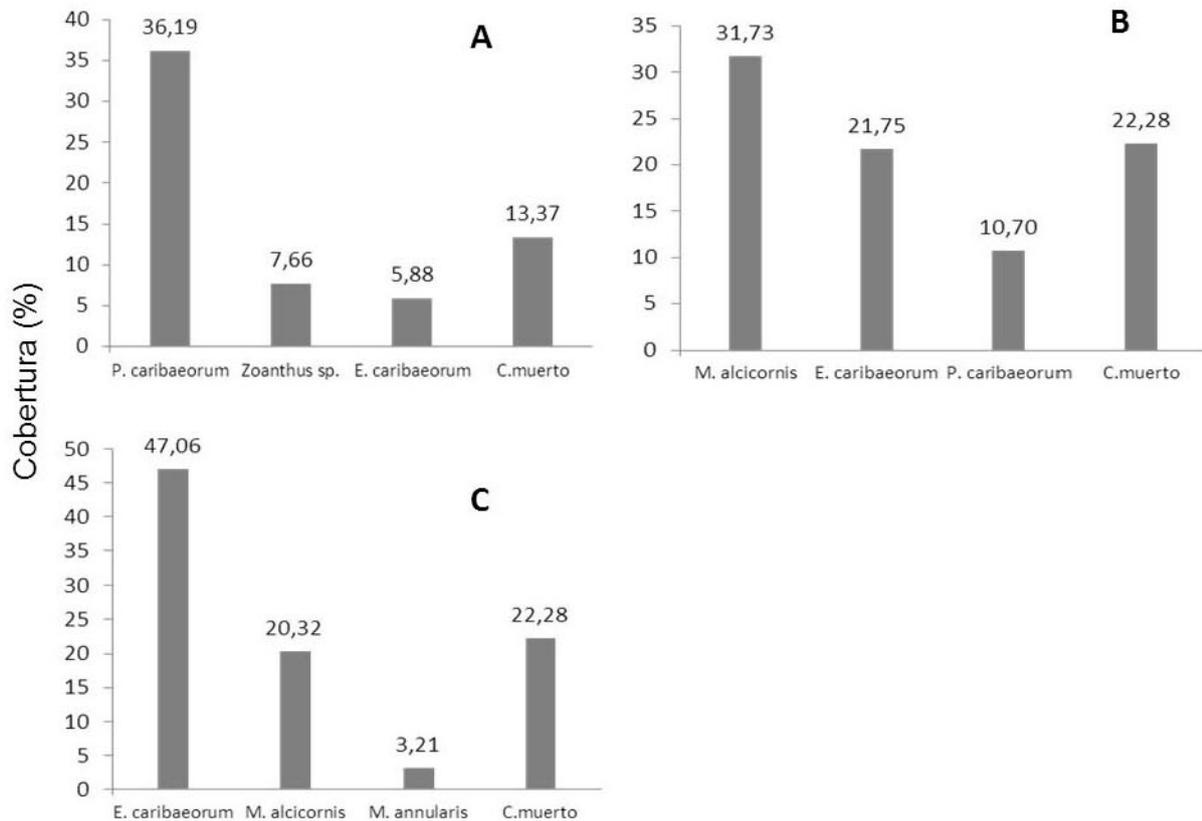


Figura 5. Porcentaje de cobertura de las especies de coral más abundantes en la zona III: estaciones 11(A), 12(B) y 13(C).

Las especies de coral incrustantes como *E. caribaeorum*, *P. caribaeorum* y *Zoanthus* sp., se pueden considerar como indicadores biológicos característicos de arrecifes con pobres condiciones ecológicas. Estos organismos son resistentes y se adaptan bien a condiciones adversas; colonizan rápidamente sustratos degradados y compiten más eficientemente por el espacio desplazando a otras especies sensibles. Según Kinzie (1973), al contrario de la mayoría de las gorgonias, *E. caribaeorum* no requiere un sustrato estable para su desarrollo; el crecimiento membranoso y su adherencia plástica le permite colonizar exitosamente sustratos inestables. También se ha reportado que esta especie es capaz de crecer agresivamente sobre corales vivos a una tasa de 3.9 cm/año (Karlson, 1980).

De igual manera, el hidrocoral *M. alicornis* es una especie típica de ambientes contaminados con valores bajos de diversidad y equidad (Herrera, 1991). Tiene la capacidad de recuperarse rápidamente de eventos de blanqueamiento y sedimentación, por lo que es más resistente a la pérdida de hábitat y degradación de los arrecifes. Estas características lo hacen muy competitivo en comparación con otras especies de corales pétreos (escleractineos) más susceptibles a presiones antropogénicas.

Al comparar estadísticamente (Kruskal-Wallis) el porcentaje de cobertura de las especies de corales cerebro formadoras de arrecife, *Diploria strigosa* y *Colpophyllia natans*, con la abundancia de *E. caribaeorum* y el porcentaje de coral muerto, se obtuvo una relación inversa muy significativa ($p < 0,05$) entre las zonas. Las **zonas I y III**, con mayor abundancia de *E. caribaeorum* y coral muerto, presentaron los valores de cobertura más bajos de corales escleractineos, al contrario de lo observado en la **zona II**, en donde *D. strigosa* y *C. natans* son más abundantes (**Fig.6**).

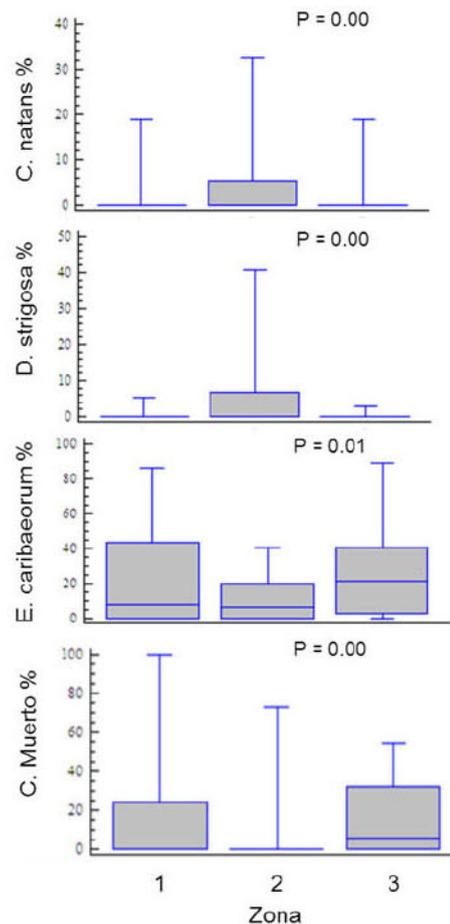


Fig.6. Comparación del porcentaje de cobertura (%) de especies de coral y coral muerto entre zonas (Kruskal-Wallis, $p < 0,005$).

Estos resultados hacen inferir que la dominancia de especies incrustantes es una respuesta a la reducción de las poblaciones de corales pétreos que son más sensibles a la sedimentación, contaminación, cambios ambientales y presiones antrópicas en general.

Índices de diversidad y equidad:

Al igual que las otras variables comunitarias, el índice de diversidad (Shannon-Weaver) presentó niveles bastante bajos (con excepción de la estación 5) en comparación con otras áreas de Mochima, reflejando condiciones de evidente deterioro ambiental (**Fig.7**). En estudios realizados por Sant *et al.* (2006) en el Parque Nacional Mochima (Cautaro) reporta valores altos de diversidad y equidad para corales ($H' = 3,55$ bits/ind; $J = 0,70$). Igualmente, para el Golfo de Cariaco: Turpialito ($H' = 3,64$ bits/ind; $J = 0,22$) y Ensenada Grande el Obispo ($H' = 3,35$ bits/ind; $J = 0,91$) respectivamente.

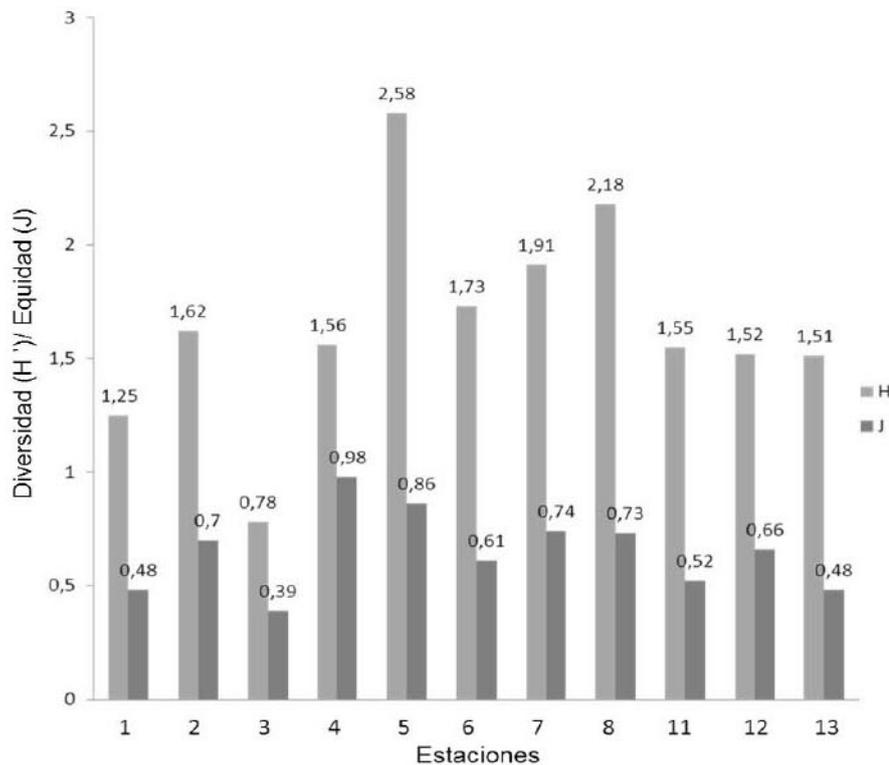


Figura 7. Índice de diversidad (Shannon-Weaver) y equidad (Pielot) por estaciones.

Para clasificar los estados ambientales de cada zona y estaciones se utilizó el diagrama propuesto por Alcolado (1992). Según esta clasificación, se pueden determinar 11 estados ambientales en función de combinaciones de los valores de diversidad (H') y equidad (J) utilizando a los corales como bioindicadores (**Anexo 14**). Al comparar nuestros resultados con esta escala de valores se obtuvo lo siguiente: **la zona I**, varió entre las estaciones 1 y 2, con la clasificación ambiental más baja (estado ambiental 1 y 2, respectivamente) y la estación 4, con un estado ambiental (5). En **la zona II**, la estación 6, se ubicó en el estado ambiental más bajo (3), mientras que la estación 5 con los valores más altos de todas las estaciones, se clasificó dentro del estado (10). En **la zona III**, observamos que todas las estaciones presentaron valores muy bajos ubicándose en un estado ambiental (3), **Tabla 2**.

Tabla 3. Clasificación de los estados ambientales en función de los valores de Diversidad (H') y Equidad (J) en cada estación de estudio.

Zona	Estación	H'	J	Estado ambiental
1	1	1.25	0.48	1.- Fuerte y constantemente severo.
	2	1.62	0.70	2.- Severo y casi constante.
	3	0.78	0.39	1.- Fuerte y constantemente severo.
	4	1.56	0.98	5.- Severo y constante.
2	5	2.58	0.86	10.- Favorable y constante.
	6	1.73	0.61	3.- Severo y no pronosticable.
	7	1.90	0.74	2.- Severo y casi constante.
	8	2.18	0.73	2.- Severo y casi constante.
3	11	1.55	0.52	3.- Severo y no pronosticable
	12	1.53	0.66	
	13	1.51	0.48	

Al comparar estadísticamente (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) los valores de diversidad se consiguieron diferencias significativas ($p = 0,03$) entre zonas. Se agrupan, la **zona I y III** con valores más bajos en contraste con la **zona II**, que presentó una mayor diversidad. Sin embargo, la mayor diversidad en esta última, se debe a la influencia de la estación 5 (control) ya que, en general, las condiciones ambientales de esta zona son igualmente pobres. En cuanto a la equidad, no se observaron diferencias estadísticas entre zonas ($p = 0,28$), siendo bajas para todas las estaciones (**Fig. 8**).

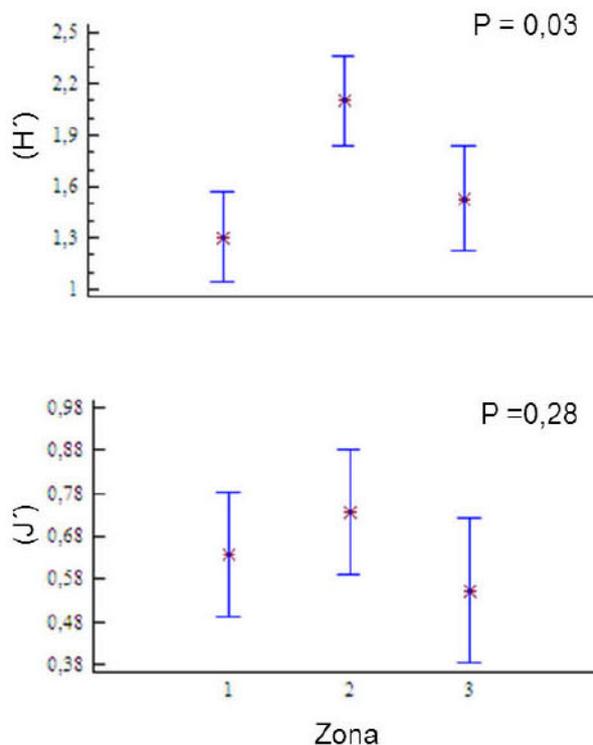


Figura 8. Comparación del índice de diversidad de Shannon y Equidad (J') entre zonas (Kruskal-Wallis $p < 0,05$).

La estimación de índices comunitarios en ecosistemas coralinos, como riqueza específica, diversidad, equidad permiten hacer una evaluación bastante precisa de las condiciones ambientales de estos ecosistemas en un momento determinado. Los resultados obtenidos en las zonas estudiadas se correlacionan bien con el estado de deterioro observado *in situ* durante el trabajo de campo. Los bajos índices de diversidad y equidad se deben principalmente a la dominancia de pocas especies de coral en la mayoría de



los arrecifes. Los valores bajos de riqueza específica, diversidad y equidad, con altos valores de dominancia específica, son característicos de comunidades sometidas a disturbios ambientales (naturales o antropogénicos). Contrariamente, elevados valores de riqueza específica, diversidad y equidad, con una dominancia específica baja, caracterizan comunidades bien organizadas con una alta sensibilidad ambiental.

Sedimentos (granulometría y materia orgánica):

El análisis granulométrico del sedimento (**Anexo 15 y Fig. 9**) indica que en la **zona I** las fracciones sedimentarias de grano más fino (entre arena fina y arcilla) son las que presentan mayor porcentaje. Aquí, observamos que en la estación 2 las fracciones de arena muy fina, limo y arcilla son predominantes, posiblemente, debido a la cantidad de sedimentos que son descargados en el área a través de la carretera que comunica con la costa. En la **zona II**, las estaciones 5, 7 y 8 presentan una granulometría parecida con proporciones altas de arena gruesa y media, sin embargo, también se observan arenas muy finas, limos y arcillas en las capas superficiales. La estación 6, es la que presentan los porcentajes más altos de fracciones sedimentarias de grano fino, con altos porcentajes de arena muy fina, limos y arcillas. Esta área está afectada por los sedimentos que son acarreados desde la planta de cemento.

En general, la zona costera norte, en mayor o menor medida, se encuentran afectadas por sedimentos provenientes de las operaciones de producción, almacenamiento o transporte de cemento o sus componentes. La playa también tiene un alto porcentaje de fracciones sedimentarias finas ya que está sometida a diversas descargas de agua que transportan material particulado directamente desde las quebradas y arroyos provenientes del área de cocotales. En la **zona III**, la estación 11 presenta altos porcentajes de fracciones de grano fino debido probablemente a los sedimentos que son transportados desde la playa por las corrientes marinas. Las estaciones 12 y 13, también tienen porcentajes significativos de sedimentos finos característicos de áreas adyacentes a bosques de manglares y quebradas, como es el caso.

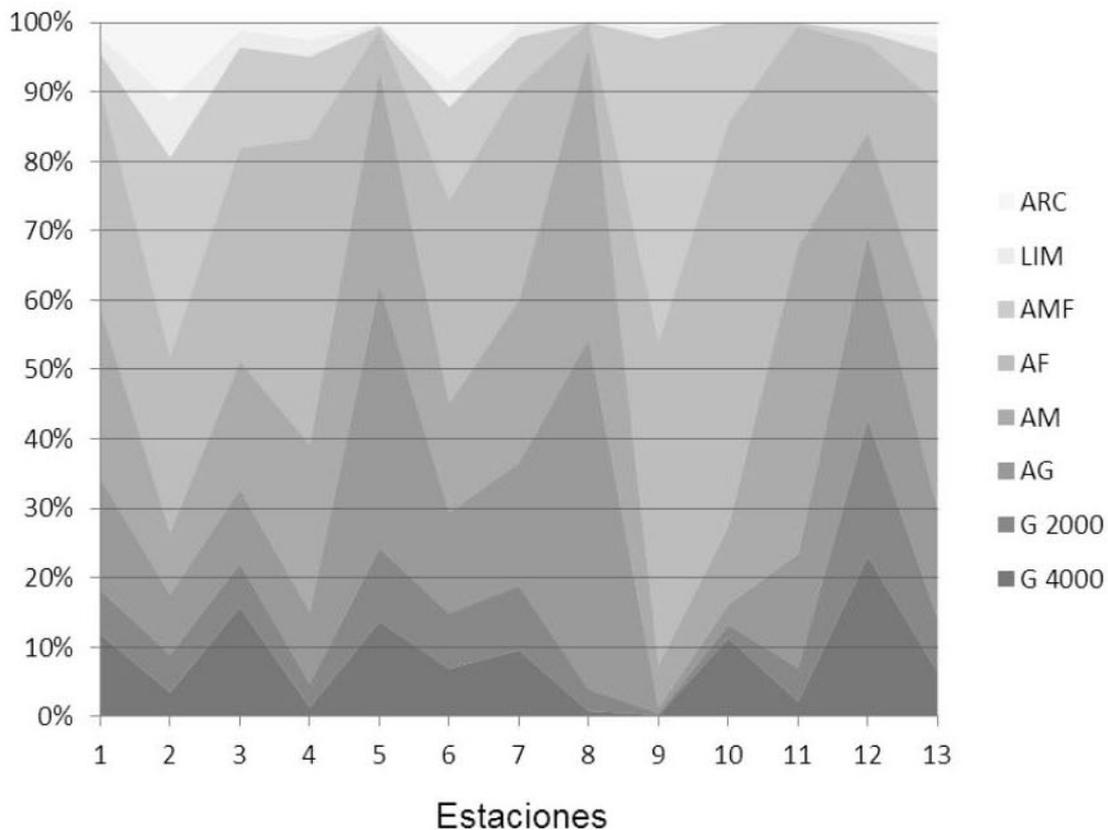


Figura 9. Análisis granulométrico del sedimento en las estaciones de muestreo. **G.** grava; **AG.** arena gruesa; **AM.** arena media; **AF.** arena fina; **AMF.** arena muy fina; **LIM.** limo; **ARC.** arcilla.

Al hacer la comparación estadística (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) para las fracciones arena muy fina, limo y arcilla (**Fig. 10**) se encontraron diferencias significativas entre estaciones ($p=0.01$). Las estaciones 2 y 6 se agrupan con los porcentajes más altos de sedimentos finos. La estación 9 (playa), se destaca por presentar un alto porcentaje de arena muy fina mientras que, las estaciones restantes presentan patrones más o menos similares para estas fracciones sedimentarias. Sin embargo, las estaciones 5, 11 y 12, tienen proporciones similares en las fracciones sedimentarias gruesas.

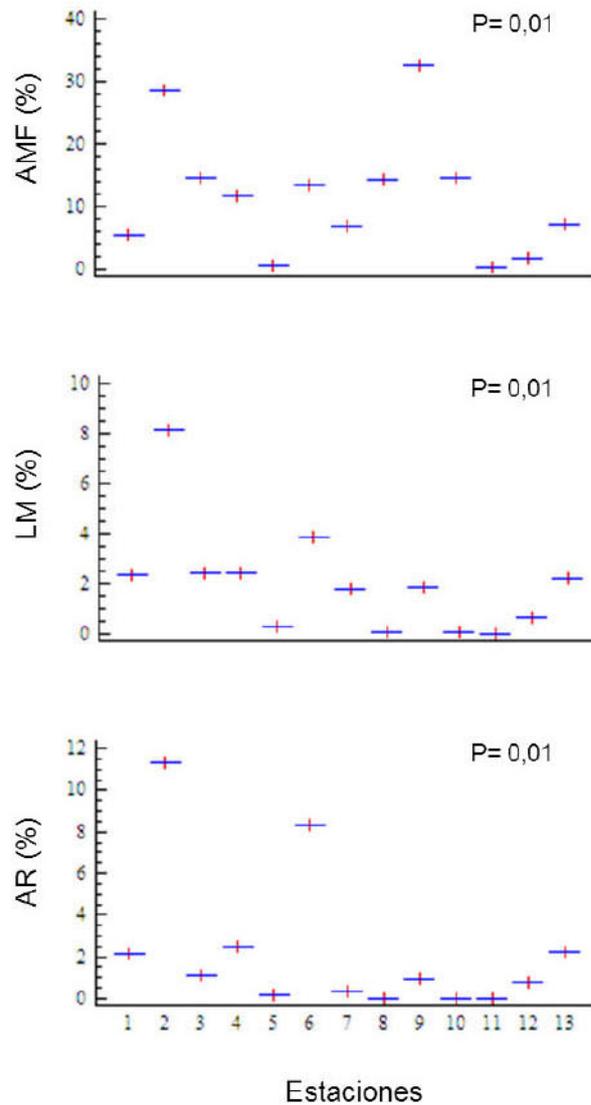


Figura 10. Comparación de fracciones de sedimento más fino (%) entre estaciones (Kruskal-Wallis $p < 0,05$). **AR**= Arcilla, **LM**= Limo; **AMF**= Arena muy fina.

Las concentraciones de materia orgánica en sedimento fueron altas para todas zonas y estaciones, indicando una posible fuente de contaminación orgánica de origen antropogénico (descargas de aguas negras, hidrocarburos etc.). Según Salazar-Vallejo (1991), la materia orgánica expresada en gramos de carbono por 100 g de sedimento, puede oscilar entre 2 y 15 g C en una zona contaminada mientras que en una zona no impactada suelen ser menores a 0,4 g C.

La **zona I** fue la que presentó las mayores concentraciones de materia orgánica, al igual que las estaciones 5, 6 y 12 con valores por encima de los 4 g carbono. Las diferencias estadísticas entre estaciones fueron significativas ($p=0.01$) para las concentraciones de materia orgánica en sedimentos (**Fig.11**),

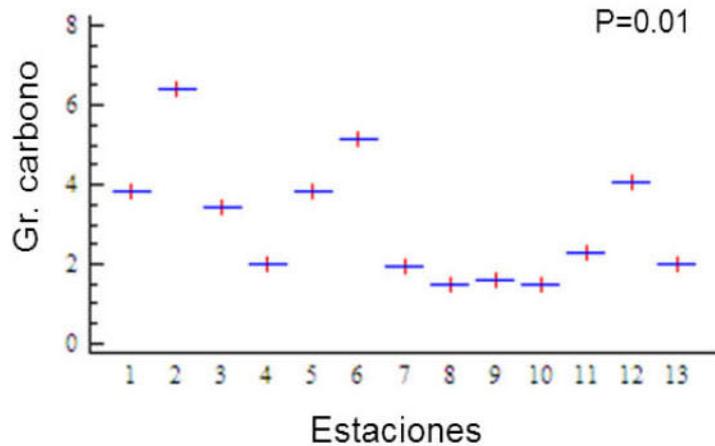


Figura 11. Comparación de la materia orgánica en sedimentos (g Carbono) entre estaciones (Kruskal-Wallis $p < 0,05$)

Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que los altos niveles sedimentación y concentraciones altas de materia orgánica son una de las principales causas del deterioro observado en los arrecifes, sin embargo, no se descarta la influencia negativa de otros contaminantes no identificados y/o actividades dañinas como el anclaje de embarcaciones, actividades turísticas, pesca y extracción de especies coralinas. El efecto sinérgico de altas concentraciones de nutrientes y sedimentos, en asociación con otros factores como tormentas, altas temperaturas y especies invasoras se consideran una de las causas del extendido deterioro de los arrecifes coralinos a nivel mundial (Devlin & Brodie, 2005). Numerosos estudios han demostrado que los sedimentos de origen terrestre con altas concentraciones de materia orgánica están asociados a altas mortalidades y a bajos porcentajes de cobertura de coral (Begin *et al.* 2012). Los sedimentos arrastrados por las escorrentías desde tierra firme reducen el reclutamiento y disminuyen la calcificación de los corales. Igualmente, limitan la distribución de las poblaciones de coral a zonas someras debido a la turbiedad del agua alterando la composición de especies y



generando pérdida de biodiversidad. Los arrecifes costeros sometidos a altas tasas de sedimentación tienen una capacidad menor para recuperarse de impactos ambientales, episodios de blanqueamiento y ataques de depredadores que aquellos que se encuentran en aguas más claras y limpias. Por todo esto, actualmente, la sedimentación se considera como la perturbación de origen antropogénico más extendida y dañina para los arrecifes a nivel mundial (ISRS, 2004).

Parámetros fisicoquímicos:

La temperatura varió entre 30 y 28 °C. Este rango de temperatura es típico de la época del año. La salinidad fluctuó entre 32 y 37 ‰ siendo la estación 1, la que presentó la menor salinidad, esto debido a la descarga de agua dulce de un manantial submarino que se encuentra en el área. En cuanto a la transparencia, en la mayoría de las estaciones estuvo por debajo de los 5 metros, reflejando la alta turbiedad como consecuencia de las descargas de sedimentos en la costa. La estación 2 y la playa fueron las áreas con mayor turbiedad. La estación 1 y 5 presentaron las aguas más claras. La turbiedad del agua reduce la penetración de la luz y esta frecuentemente asociada a la resuspensión de sedimentos o al aumento de la productividad en la columna de agua (eutrofización), esto afecta directamente a los corales que dependen de la fotosíntesis de sus algas simbios (zooxantelas) para su crecimiento además de aumentar el costo metabólico que implica la eliminación constante de sedimentos de sus tejidos.

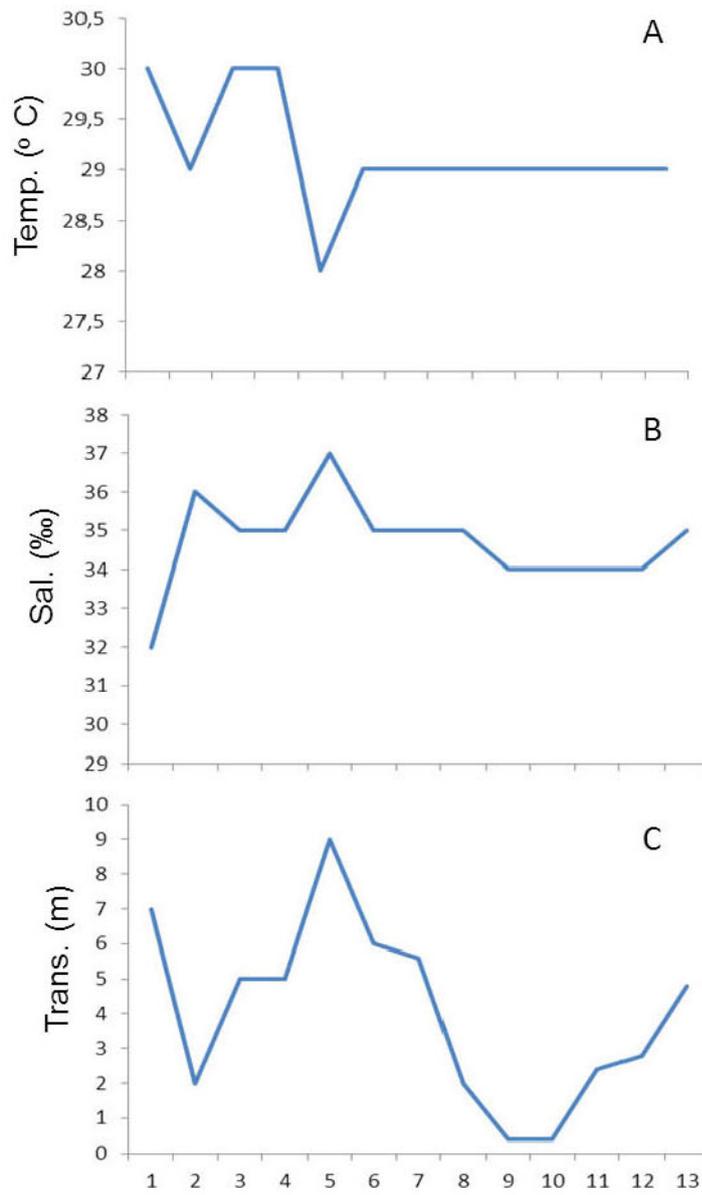


Fig.12. Parámetros fisicoquímicos por estaciones. **(A)** temperatura; **(B)** salinidad y **(C)** transparencia del agua.



Esponjas:

En las 13 estaciones estudiadas se registraron un total de 15 especies de esponjas agrupadas en una sola clase (Demospongiae), dos subclases, cinco órdenes y 12 familias.

Orden Taxonómico de las especies de esponjas recolectadas

Phylum Porifera Grant, 1836

Clase Demospongiae Bowerbank, 1864

Subclase Tetractinomorpha Levi, 1953

Orden Hadromerida Topsent, 1894

Familia Spirastrellidae Ridley & Dendy, 1866

Género *Spirastrella* Schmidt, 1868

1.- *S. hartmani* Boury-Esnault, Klautau, Wulff & Solé-Cava, 1999

Sub-Clase Ceractinomorpha Lévi, 1953

Orden Poecilosclerida Topsent, 1928

Familia Mycalidae Lundbeck, 1905

Género *Mycale* Gray, 1867

2.- *M. (Carmia) microsigmatosa* Arndt, 1927

3.- *M. laevis* (Carter, 1881)

Familia Tedaniidae Ridley & Dendy, 1886

Género *Tedania* Gray, 1867

4.-*T. ignis* (Duchassaing & Michelotti, 1864)

Familia Coelosphaeridae Dendy, 1922

Género *Lissodendoryx* Topsent, 1892

5.- *L. isodictyalis* (Carter, 1882)

Familia Iotrochotidae Dendy, 1922

Género *Iotrochota* Ridley, 1884

6.- *I. birotulata* (Higgin, 1877)

Familia Desmacididae Schmidt, 1870

Género *Desmapsamma* Burton, 1934

7.- *D. anchorata* (Carter, 1882)



Orden Haplosclerida Topsent, 1928

Familia Niphatidae Van Soest, 1980

Género *Amphimedon* (Duchassaing & Michelotti, 1864)

8.- *A. viridis* Duchassaing & Michelotti, 1864

Género *Niphates* (Duchassaing y Michelotti, 1864)

9.- *N. erecta* Duchassaing y Michelotti, 1864

Familia Callyspongiidae de Laubenfels, 1936

Género *Callyspongia* (Duchassaing y Michelotti, 1864)

10.- *C. vaginalis* (Lamarck, 1814)

Familia Petrosiidae Van Soest, 1980

Género *Xestospongia* de Laubenfels, 1933

11.- *X. carbonaria* (Lamarck, 1814)

Orden Dictyoceratida Minchin, 1900

Familia Dysideidae Gray, 1867

Género *Dysidea* Johnston, 1842

12.- *D. etheria* de Laubenfels, 1936

Familia Thorectidae Bergquist, 1978

Género *Ircinia* Nardo, 1833

13.- *I. strobilina* (Lamarck, 1816)

Orden Verongida Bergquist, 1978

Familia Aplysinidae Carter, 1875

Género *Aplysina* Nardo, 1834

14.- *Aplysina fistularis*

15.- *Aplysina lacunosa*



Tabla 4. Listado de especies de esponjas y estaciones donde fueron recolectadas.

FAMILIA	ESPECIES	ESTACIONES	FRECUENCIA DE APARICIÓN
Spirastrellidae	<i>Spirastrella hartmani</i>	3, 7, 13	3
Mycalidae	<i>Mycale (Carmia) microsigmatosa</i>	3	1
Mycalidae	<i>Mycale laevis</i>	7	1
Tedaniidae	<i>Tedania ignis</i>	2, 7	2
Coelosphaeridae	<i>Lissodendoryx isodictyalis</i>	7, 8	2
Iotrochotidae	<i>Iotrochota birotulata</i>	7	1
Desmacididae	<i>Desmapsamma anchorata</i>	4, 7	2
Niphatidae	<i>Amphimedon viridis</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13	10
Niphatidae	<i>Niphates erecta</i>	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13	8
Callyspongiidae	<i>Callyspongia vaginalis</i>	1	1
Petrosiidae	<i>Xestospongia carbonaria</i>	2, 3, 6, 7, 8, 12, 13	7
Dysideidae	<i>Dysidea etheria</i>	4	1
Thorectidae	<i>Ircinia strobilina</i>	3	1
Aplysinidae	<i>Aplysina fistularis</i>	1, 5, 6, 11, 13	5
Aplysinidae	<i>Aplysina lacunosa</i>	4	1



Estructura comunitaria:

Riqueza específica

El valor máximo (9 especies) se obtuvo en la estación 7 y los mínimos en la estaciones (11 y 12) con un valor de 2 especies. Las estaciones 9 y 10 no se observaron esponjas ya que el sedimento presente en esa estación fue areno-fangoso.

Tabla 5. Presencia de las especies (+) y valores de riqueza específica de Demospongiae en cada una de las estaciones muestreadas.

	ESTACIONES										
ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13
<i>Spirastrella hartmani</i>			+				+				+
<i>Mycale(Carmia) microsigmatosa</i>			+								
<i>Mycale laevis</i>							+				
<i>Tedania ignis</i>		+					+				
<i>Lissodendoryx isodictyalis</i>							+	+			
<i>Iotrochota birotulata</i>							+				
<i>Desmapsamma anchorata</i>				+			+				
<i>Amphimedon viridis</i>	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
<i>Niphates erecta</i>	+		+	+	+	+	+	+			+
<i>Callyspongia vaginalis</i>	+										
<i>Xestospongia carbonaria</i>		+	+			+	+	+		+	+
<i>Dysidea etheria</i>				+							
<i>Ircinia strobilina</i>			+								
<i>Aplysina fistularis</i>	+				+	+			+		+
<i>Aplysina lacunosa</i>				+							
Riqueza específica	4	3	6	5	3	4	9	3	2	2	5

Porcentaje de cobertura

El valor mayor de cobertura por estación lo presentó la estación 7 con 43,12 % y el menor la estación 12 con 0,38 % (**Fig. 13**). En cuanto a la cobertura de cada especie, *X. carbonaria* y *A. fistularis* presentaron los valores mayores (73,75 y 34,07 %, respectivamente) y *T. ignis* y *M. laevis* los menores (0,13 y 0,14 %, respectivamente).

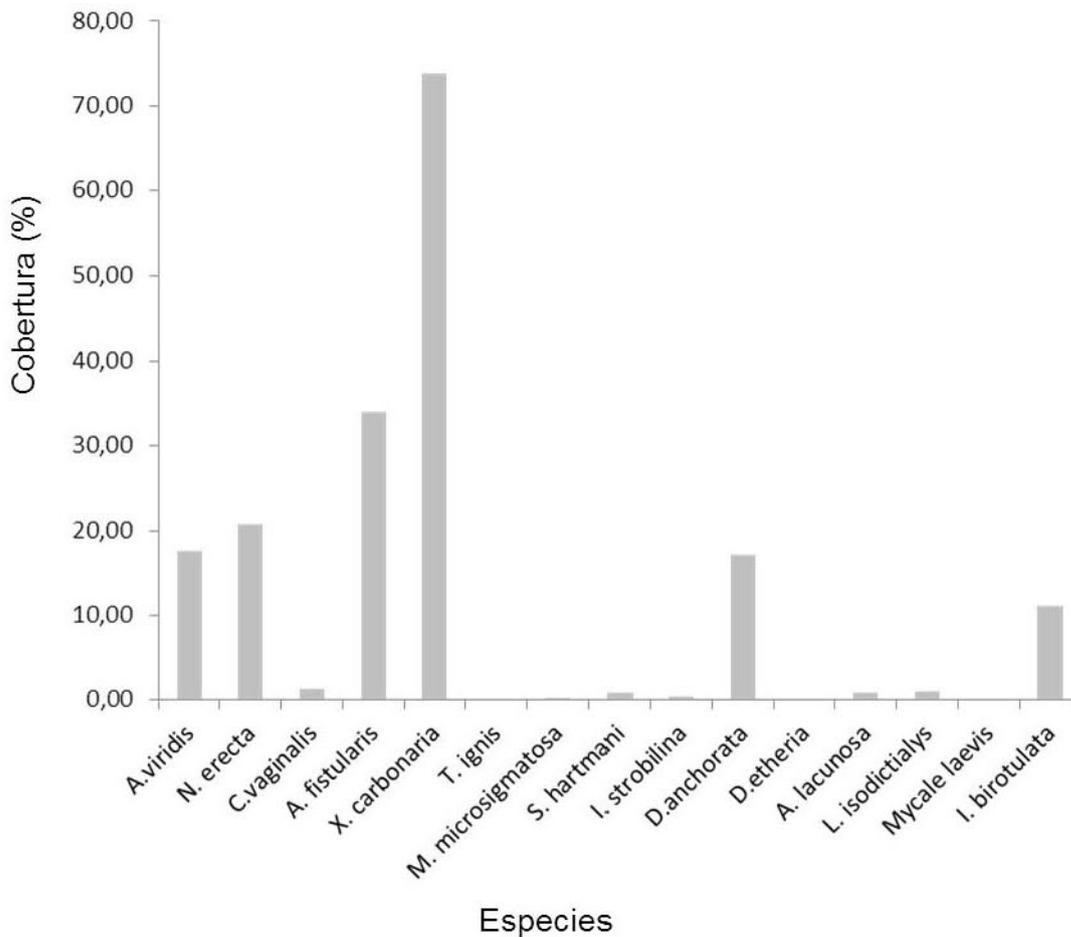


Figura. 13. Porcentaje de cobertura de las especies de Demospongiae.

Diversidad y equidad:

El índice de diversidad y equidad se calculó utilizando el porcentaje cobertura, de cada especie. La estación 7 presento el valor más alto (2,3 bits/ind) y los valores más bajo se obtuvieron en las estaciones 2 y 12 con 0,82 bits/ind, respectivamente. En cuanto a la equidad, la estación 11 fue la que presentó el valor mayor (0,95) y la estación 13 el menor (0,40) (**Fig. 14**).

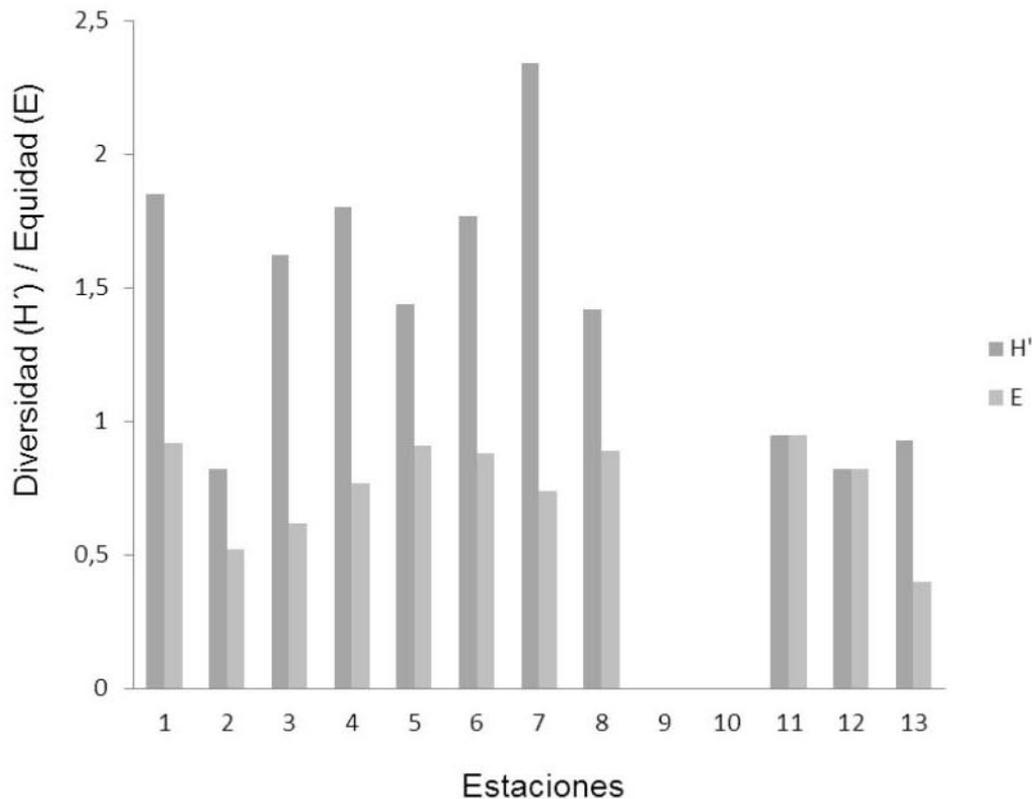


Figura 14. Diversidad de especies y equidad en las estaciones de muestreo.

El número de especies de esponjas identificadas en esta investigación fue menor en comparación con lo reportado por otros autores para la zona nororiental de Venezuela. En un estudio realizado por Amaro y Liñero-Arana (2006), identificaron 22 especies para la Bahía de Mochima, igualmente, Alvizu (2006) identificó un total de 33 especies de esponjas en dos parches coralinos en la Isla Cubagua; y Amaro y Ramírez (2011), reportaron un total de 19 especies para el Golfo de Cariaco en diferentes tipos de substratos.



A pesar de que esta investigación abarcó un número representativo de estaciones (13), se observó una baja riqueza específica en comparación con otros ecosistemas equivalentes del parque nacional Mochima. Esta característica posiblemente sea una consecuencia de la contaminación observada en la mayoría de las áreas (desechos industriales, plásticos etc.), al igual que el alto contenido de materia orgánica de los sedimentos que afectan la reproducción, el asentamiento larval y el crecimiento de las esponjas (Alcolado & Herrera-Moreno, 1987). Es de resaltar que las esponjas descritas son especies muy resistentes a la contaminación y a altas tasa de sedimentación, además, cabe mencionar que predominaron los individuos de pequeño tamaño, a excepción de algunas especies como *X. carbonaria*, *A. fistularis*, *N. erecta* y *D. anchorata* que en ocasiones alcanzaron mayores dimensiones.

Pese a que existe un alto grado de sedimentación y una elevada contaminación la **zona I** fue la que presentó el mayor número de especies de esponjas (12 especies) y una cobertura del 22,85 %. En la **zona II** la riqueza fue de 10 especies y el porcentaje de cobertura fue mayor (60,6 %), esto se debe a la forma de crecimiento masivo de las especies *D. anchorata*, *I. birotulata* y *A. viridis* presentes en la estación 7. La **zona III** presentó la riqueza específica más baja (5 especies) y el porcentaje de cobertura menor (39,7 %), ya que las especies presentes en estas estaciones casi todas eran de tipo incrustante.

La mayoría de las esponjas que viven en aguas someras pueden tolerar intensa iluminación e incluso fuerte agitación de las aguas y sedimentación moderada; sin embargo, cuando la sedimentación es muy alta las poblaciones pueden ser afectadas (Alcolado y Gotera, 1985). Aunque esto generalmente es así, un caso atípico se observó en la **zona I**, que a pesar de tener una sedimentación muy alta presentó más especies de esponjas que en las otras zonas (**II y III**). Estos resultados coinciden con un estudio reciente realizado por Bégin *et al.* (2012), quienes sugieren que la sedimentación juega un papel fundamental en la formación de comunidades de arrecifes de coral y que el número de especies de esponjas pueden aumentar en zonas con altas tasa de sedimentación desplazando a los corales. Igualmente, Carballo *et al.* (1996),

indican que algunas especies de esponjas se han adaptado a altas tasas de sedimentación logrando dominar sobre otros organismos del bentos.

La diversidad específica fue bastante baja, en la **zona I** y **III**, debido a la dominancia de una o dos especies, esto coincide con lo expresado por Margalef (1980) quien afirma que en las comunidades que son dominadas por pocas especies, los valores de diversidad tienden a ser bajos. Los valores bajos de riqueza específica, diversidad y equidad, con altos valores de dominancia específica, son característicos de comunidades sometidas a disturbios ambientales (naturales o antropogénicos). Por el contrario, la estación 7, en la **zona II**, presentó un “alto” valor de diversidad (2,32 bits/ind.) lo que es un resultado inesperado ya que esta área se encuentra sometida a un gran estrés debido a la constante acumulación de polvo (cemento y/o “clinker,”) en el sustrato. Según la literatura, uno de los compuestos químicos que posee este polvo es el bióxido de silicio, probablemente las esponjas presentes en esa estación no tengan un gasto energético muy grande para fabricar sus esqueleto de silicio ya que el medio se lo proporcionaría en cantidades suficientes. Tomando esto en consideración, es recomendable determinar la presencia de este compuesto para verificar si está influyendo en el desarrollo de las poblaciones de esponjas.

La estaciones 11, 1 y 5, presentaron los valores más altos de equidad, lo cual se debió a la distribución más homogénea en la cobertura de las especies.

Entre las esponjas se observó la dominancia de *Amphimedon viridis* y *Niphates erecta*, mientras que otras especies típicas del arrecife como *Xestospongia carbonaria* y *Spirastrella hartmani*, presentaron una baja dominancia. Es posible que estas especies sean más sensibles a la contaminación orgánica y a la sedimentación. Como se mencionó anteriormente, el sedimento fino influye negativamente en el crecimiento de las esponjas y corales, debido a la abrasión, daño mecánico y al gasto energético que implica para las colonias su expulsión de los tejidos. Así mismo, el bloqueo de la intensidad de luz como consecuencia de los sedimentos suspendidos en el agua, interrumpe la fotosíntesis de las microalgas simbiotas (zooxantelas)



limitando el desarrollo y debilitando la capacidad de recuperación natural (resiliencia) del ecosistema coralino en general (Alcolado, 1984).

Algas:

Se identificaron un total de 74 especies de macroalgas en todas las estaciones, de las cuales el mayor porcentaje (56,8%) corresponde a las Rhodophyta, seguidas por 32,4% de las Chlorophyta y 10,8% de las Phaeophyceae. Las categorías taxonómicas (ver inventario anexo) distribuidas por División según el esquema Orden-Familia-Género-especie, es el siguiente: Chlorophyta (4-9-10-24), Phaeophyceae (4-4-5-8) y Rhodophyta (40-20-34-42).

LISTADO DE MACROALGAS

Phylum Chlorophyta

Clase Ulvophyceae

Orden Ulvales

Familia Ulvaceae

Ulva chaetomorphoides (Børgesen) Hayden, Blomster, Maggs, Silva, Stanhope & Waaland

Ulva fasciata Delile

Ulva flexuosa subsp. *flexuosa* Wulfen

Ulva intestinalis Linnaeus

Ulva reticulata Forsskål

Ulva rigida C. Agardh

Orden Cladophorales

Familia Cladophoraceae

Chaetomorpha brachygona Harvey

Cladophora brasiliiana Martens

Cladophora ruchingeri (C. Agardh) Kützing

Cladophora vagabunda (Linnaeus) C. Hoek



Orden Siphonocladales

Familia Boodleaceae

Phyllodictyon anastomosans (Harvey) Kraf & Wynne

Phyllodictyon sp.

Familia Siphonocladaceae

Ernodermis verticillata (Kützing) Børgesen

Familia Valoniaceae

Valonia macrophysa Kützing

Valonia ventricosa J. Agardh

Clase Bryopsidophyceae

Orden Bryopsidales

Familia Bryopsidaceae

Bryopsis pennata var. *segunda* (Harvey) Collins & Hervey

Bryopsis plumosa (Hudson) C. Agardh

Bryopsis sp.

Familia Derbesiaceae

Derbesia sp.

Familia Codiaceae

Codium taylorii Silva

Familia Caulerpaceae

Caulerpa racemosa (Forsskål) J. Agardh var. *racemosa*

Caulerpa sertularioides (S.G. Gmelin) Howe forma *brevipes* (J. Agardh)

Svedelius

Caulerpa sertularioides forma *longiseta* (Bory) Svedelius

Caulerpa verticillata J. Agardh

Phylum Heterokontophyta



Clase Phaeophyceae

Orden Dictyotales

Familia Dictyotaceae

Dictyota bartayresiana Lamouroux

Dictyota pulchella Hörnig & Schnetter

Padina boergesenii Allender & Kraft

Padina gymnospora (Kützing) Sonder

Orden Sphacelariales

Familia Sphacelariaceae

Sphacelaria novae-hollandiae Sonder

Sphacelaria sp.

Orden Fucales

Familia Sargassaceae

Sargassum vulgare C. Agardh

Orden Ectocarpales

Familia Acinetosporaceae

Hinckesia mitchelliae (Harvey) Silva

Phyllum Rhodophyta

Subphyllum Rhodellophytina

Clase Rhodellophyceae

Orden Stylonematales

Familia Stylonemataceae

Stylonema alsidii (Zanardini) Drew

Subphyllum Metarhodophytina

Clase Compsopogonophyceae

Orden Erythropeltidiales

Familia Erythrotrichiaceae

Erythrotrichia carnea (Dillwyn) J. Agardh



Clase Florideophyceae

Subclase Hildenbrandiophyceae

Orden Hildenbrandiales

Familia Hildenbrandiaceae

Hildebrandia rubra (Sommerfelt) Meneghini

Orden Corallinales

Familia Hapalidiaceae

Subfamilia Melobesioideae

Lithothamnion sp.

Familia Corallinaceae

Subfamilia Mastophoroideae

Hydrolithon farinosum (Lamouroux) Penrose & Chamberlain

Neogoniolithom sp.

Subfamilia Corallinoideae

Jania capillacea Harvey

Subfamilia Lithophylloideae

Amphiroa currae Ganesan

Amphiroa fragilissima (Linnaeus) Lamouroux

Subclase Nemaliophycidae

Orden Acrochaetiales

Familia Acrochaetiaceae

Acrochaetium microscopicum (Nägeli ex Kützinger) Nägeli

Orden Colaconematales

Familia Colaconemataceae

Colaconema hypneae (Børgesen) Santos & Moura

Orden Nemiales

Familia Galaxauraceae



Dichotomaria marginata (Ellis & Solander) Lamarck

Tricleocarpa cylindrica (Ellis & Solander) Husiman & Borowitzka

Subclase Rhodymeniophycidae

Orden Ceramiales

Familia Ceramiaceae

Centroceras clavulatum (C. Agardh) Montagne

Ceramium cimbricum Petersen

Ceramium dawsonii Joly

Ceramium diaphanum (Lightfod) Roth

Ceramium nitens (C. Agardh) J. Agardh

Familia Delesseriaceae

Taenioma nanum (Kützing) Papenfuss

Familia Rhodomelaceae

Acanthophora spicifera (Vahl) Børgesen

Bostrychia pilulifera Montagne

Bostrychia tenella (Lamouroux) J. Agardh

Herposiphonia secunda (C. Agardh) Ambronn

Laurencia microcladia Kützing

Murrayella pericladus (C. Agardh) Schmitz

Palisada perforata (Bory) Nam

Polysiphonia atlantica Kapraun & Norris

Familia Wrangeliaceae

Wrangelia argus (Montagne) Montagne

Orden Gelidiales

Familia Gelidiaceae

Gelidium pusillum (Stackhouse) Le Jolis

Pterocladia capillaceae (Gmelin) Santelices & Hommersand

Familia Gelidiellaceae

Gelidiella sp.



Orden Gigartinales

Familia Cystocloniaceae

Hypnea cervicornis J. Agardh

Hypnea musciformis (Wulfen) Lamouroux

Hypnea spinella (C. Agardh) Kützing

Hypnea sp.

Hypneocolax stellaris Børgesen

Familia Phylloporaceae

Gymnogongrus tenuis J. Agardh

Familia Solieraceae

Agardhiella subulata (C. Agardh) Kraft & Wynne

Orden Gracilariales

Familia Gracilariaceae

Hydropuntia caudata (J. Agardh) Gurgel & Fredericq

Orden Halymeniales

Familia Halymeniaceae

Grateloupia filicina (Lamouroux) C. Agardh

Orden Peyssonneliales

Familia Peyssonneliaceae

Peyssonnelia rubra (Greville) J. Agardh

Orden Rhodymeniales

Familia Lomentariaceae

Caratodictyon variabile (J. Agardh) Norris

En la **tablas 6 y 7** se presentan los datos de presencia por estación de todas las especies colectadas en este trabajo.

Tabla 6. Presencia de macroalgas clorofíceas y feofíceas por estación.

Especies/Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chlorophyta												
<i>Ulva chaetomorphoides</i>	x	x	x	x							x	
<i>Ulva fasciata</i>	x	x		x			x	x	x			x
<i>Ulva flexuosa</i>			x	x			x		x	x	x	x
<i>Ulva intestinalis</i>	x	x		x	x			x	x	x		
<i>Ulva reticulata</i>	x	x		x	x		x	x		x	x	x
<i>Ulva rigida</i>			x	x						x		
<i>Chaetomorpha brachygona</i>			x					x				x
<i>Cladophora brasiliiana</i>	x	x	x	x		x	x				x	x
<i>Cladophora ruchingeri</i>		x						x	x	x		x
<i>Cladophora vagabunda</i>		x							x			x
<i>Phyllocladon anastomosans</i>			x	x		x				x		x
<i>Phyllocladon sp.</i>		x										x
<i>Ernodesmis verticillata</i>												x
<i>Valonia macrophysa</i>												x
<i>Valonia ventricosa</i>	x		x	x		x					x	x
<i>Bryopsis pennata</i>		x								x	x	x
<i>Bryopsis plumosa</i>			x	x			x					
<i>Bryopsis sp.</i>				x	x					x		x
<i>Derbesia sp.</i>											x	
<i>Codium taylorii</i>			x									
<i>Caulerpa racemosa</i>	x	x	x		x						x	x
<i>Caulerpa sertularioides</i>		x	x	x	x	x	x		x	x	x	
<i>Caulerpa verticillata</i>									x	x		
Phaeophyceae												
<i>Dictyota bartayresiana</i>										x		
<i>Dictyota pulchella</i>			x							x		
<i>Padina boergesenii</i>	x		x	x	x		x					x
<i>Padina gymnospora</i>		x	x									x
<i>Sphacelaria novae-hollandiae</i>			x			x		x				x
<i>Sphacelaria sp.</i>	x	x	x									
<i>Sargassum vulgare</i>				x								
<i>Hincksia mitchelliae</i>			x					x				



Tabla 7. Presencia de macroalgas rodofíceas por estación

Especies/Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rhodophyta												
<i>Stylonema alsidii</i>		X		X						X	X	X
<i>Erythrotrichia carnea</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Hildebrandia rubra</i>		X	X			X					X	
<i>Lithothamnion sp.</i>	X	X			X					X	X	
<i>Hydroolithon farinosum</i>		X		X	X			X		X	X	X
<i>Neogoniolithon sp.</i>	X	X		X	X				X		X	X
<i>Jania capillacea</i>	X		X	X				X			X	X
<i>Amphiroa currae</i>		X								X		
<i>Amphiroa fragilissima</i>			X		X	X					X	X
<i>Acroch. microscopicum</i>		X								X		
<i>Colaonema hypneae</i>												X
<i>Dichotomaria marginata</i>												X
<i>Tricleocarpa cylindrica</i>			X									
<i>Centroceras clavulatum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>Ceramium cimbricum</i>								X			X	X
<i>Ceramium dawsonii</i>	X			X			X			X		X
<i>Ceramium diaphanum</i>			X	X	X							
<i>Ceramium nitens</i>		X	X									
<i>Taenioma nanum</i>			X							X	X	
<i>Acanthophora spicifera</i>	X	X		X	X			X				X
<i>Bostrychia pilulifera</i>												X
<i>Bostrychia tenella</i>												X
<i>Herposiphonia secunda</i>	X	X						X		X		
<i>Laurencia microcladia</i>	X	X			X						X	X
<i>Murrayella pericladus</i>												X
<i>Palisada perforata</i>			X	X		X						
<i>Polysiphonia atlantica</i>		X			X		X		X	X	X	X
<i>Wrangelia argus</i>		X	X	X	X	X	X		X	X	X	
<i>Gelidium pusillum</i>	X	X	X	X					X	X	X	X
<i>Pterocladella capillaceae</i>	X	X										
<i>Gelidiella sp.</i>			X			X						X
<i>Hypnea cervicornis</i>									X	X		
<i>Hypnea musciformis</i>	X	X	X	X				X	X			
<i>Hypnea spinella</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Hypnea sp.</i>		X	X	X		X						
<i>Hypneocolax stellaris</i>			X	X								X
<i>Gymnogongrus tenuis</i>		X						X				
<i>Agardhiella subulata</i>				X								
<i>Hydropuntia caudata</i>		X		X			X					
<i>Grateloupia filicina</i>	X			X								
<i>Peyssonnelia rubra</i>	X			X	X				X		X	
<i>Caratodictyon variabile</i>			X	X		X	X		X			X



En la **tabla 8** se resumen todos los datos de biomasa por especie y total (g/m^2), dominancia, riqueza específica, diversidad, equidad y el número total de especies de macroalgas (sumatoria de los diferentes grupos de algas en las tablas 6 y 7) por estación para este estudio. El mayor número de especies se observó en la estación 12 (39), contrastando con las estaciones 6 y 7 que presentaron solo 15 especies. Las especies dominantes fueron las rodofíceas *Centroceras clavulatum*, *Gelidium pusillum* e *Hypnea spinella*, predominando todas en dos estaciones cada una, las otras especies dominaron una sola vez en las restantes estaciones: *Ulva fasciata*, *Acanthophora spicifera*, *Wrangelia argus*, *Hypnea musciformis*, *Hydropuntia caudata* y *Ceratodictyon variable*.

Los valores de biomasa total fueron máximos en la estación 6 y 8, con 98,08 y 26,88 (g/m^2), respectivamente. Por otro lado, la riqueza específica varió de 6 a 16 especies por estación. Los valores de equitatividad variaron entre 0,48 (estación 11) y 0,86 (estación 9). La diversidad más alta se encontró en la estación 4 (3,16 bits/ind) y la mínima en la estación 11 (1,67 bits/ind), obteniéndose una diversidad promedio para la totalidad de las estaciones de 2,41 bits/ind (**Tabla 8**).

En este trabajo, se tiene luego de una revisión de las referencias pertinentes a la distribución de algas en el Parque Nacional Mochima, que ninguna de las especies identificadas se había registrado para esta área del parque (Ganesan, 1989, Silva *et al.*, 2003, Barrios *et al.* 2003a, 2003b y Barrios y Díaz, 2005).

Tabla 8. Biomasa por especie y total ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) dominancia (cuadro en negrita) riqueza específica, diversidad, equidad y número total de especies de macroalgas por estación (Sumatoria tablas 1 y 2) para la zona en estudio.

Especies/Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Ulva fasciata</i>	0,40						1,00	1,20	0,97			
<i>Ulva flexuosa</i>			0,02				0,01			0,03	0,13	
<i>Ulva intestinalis</i>	0,27				0,06			0,02	0,33			
<i>Ulva reticulata</i>	0,33	1,53		0,26	0,24		3,78					
<i>Ulva rigida</i>			0,56				0,02					
<i>Chaetomorpha brachyгона</i>								0,21				0,03
<i>Cladophora brasiliana</i>			0,03	0,01		0,12	0,01				0,08	0,03
<i>Cladophora ruchingeri</i>								0,02	0,04			0,04
<i>Cladophora vagabunda</i>									0,32			0,08
<i>Phyllocladon anastomosans</i>			0,01	0,05		0,32						
<i>Phyllocladon sp.</i>												0,12
<i>Ernodermis verticillata</i>												0,02
<i>Valonia ventricosa</i>						0,17						
<i>Bryopsis pennata</i>											0,03	
<i>Bryopsis sp.</i>				0,46						0,25		0,01
<i>Derbesia sp.</i>											0,01	
<i>Codium taylorii</i>			0,04									
<i>Caulerpa sertularioides</i>		0,16		0,27	0,08	1,97	0,63		0,61			
<i>Padina boergesenii</i>			0,52		0,09		0,58					0,05
<i>Sphacelaria novae-hollandiae</i>						0,10		0,01				0,04
<i>Hinckesia mitchelliae</i>			0,02									
<i>Stylonema alsidii</i>				0,01								0,01
<i>Eritrotrychia carnea</i>			1,01				0,01			0,01		
<i>Jania capillacea</i>				0,44								0,09
<i>Amphiroa fragilissima</i>						0,69						
<i>Centroceras clavulatum</i>	3,85		1,56	0,02	0,02	0,25	0,01	0,47	0,87		0,21	0,10
<i>Ceramium cimbricum</i>								0,01			0,01	0,03
<i>Ceramium dawsonii</i>	0,10									0,03		
<i>Ceramium diaphanum</i>			0,01									
<i>Taenioma nanum</i>											0,04	
<i>Acanthophora spicifera</i>	0,30	0,51			0,10			0,91				0,52
<i>Herposiphonia secunda</i>								0,02				
<i>Laurencia microcladia</i>					0,04						0,50	
<i>Palisada perforata</i>			0,01			1,73						
<i>Polysiphonia atlantica</i>								0,02		0,04		0,06
<i>Wrangelia argus</i>			0,03	0,10	0,01				0,09	0,38	3,40	
<i>Gelidium pusillum</i>				0,59		0,74			2,04	0,42	0,17	
<i>Gelidiella sp.</i>						1,68						0,23
<i>Hypnea musciformis</i>	0,93	1,52	0,22					1,39	0,86			
<i>Hypnea spinella</i>		0,08	0,42	0,53	1,09	2,71	0,17		0,65	0,48	0,28	
<i>Hypnea sp.</i>				0,39		2,34						
<i>Gymnogongrus tenuis</i>								0,80				
<i>Hydropuntia caudata</i>		2,49					0,51					
<i>Grateloupia filicina</i>	0,46											
<i>Ceratodictyon variable</i>			0,49	0,58		11,85						
Biomasa Total	26,52	25,2	19,84	14,84	6,84	98,08	6,72	26,88	27,12	6,56	19,4	5,88
Riqueza Específica	8	6	15	13	9	13	11	12	10	8	11	16
Diversidad	2,06	2,03	2,78	3,16	1,85	2,57	1,97	2,53	2,86	2,30	1,67	3,15
Equitatividad	0,69	0,79	0,71	0,85	0,85	0,69	0,57	0,71	0,86	0,77	0,48	0,79
Total especies	23	35	35	35	19	15	15	16	18	26	26	39



En las zonas rocosas fue notable la presencia de *Gelidium pusillum*, la cual se encontró en las áreas más expuestas al oleaje formando cojinetes junto a otras especies como *Centroceras clavulatum* e *Hypnea spinella*. Estas algas epifitas de pequeño tamaño, al retener partículas de arena y agua, crean condiciones adecuadas para la supervivencia de invertebrados asociados como anfípodos, crustáceos decápodos y micro-moluscos. Esta comunidad se extiende desde la zona intermareal media a la submareal inmediata, en donde es sustituida o se superpone en zonas más protegidas con parches algales de *Dictyota pulchella*, *Acanthophora spicifera*, *Jania capillacea* y otras. En general, cuanto más variada es la topografía superficial, hay una mayor diversidad de alga intermareales (Seapy & Littler, 1979).

A pesar de la cantidad de especies halladas, el efecto de la sedimentación disminuye su biomasa en áreas con abundante deposición de sedimentos, creando en ocasiones zonas con sustrato blando poco adecuado a su fijación. Bégin *et al.* (2012) hallaron en varias islas del caribe que la excesiva sedimentación disminuía la cobertura de corales y macroalgas. La mayor parte de las especies son de estructura filamentosa, rápido crecimiento y de muy pequeño tamaño, típicas de estrategias de supervivencia oportunistas, adecuadas a estas condiciones de alta sedimentación. Un factor que puede estar jugando a favor del crecimiento de varias especies de algas en algunas áreas es la alta renovación de las aguas marinas por tratarse de áreas abiertas, lo que dispersa los contaminantes y sedimentos más finos, mejorando las condiciones en la columna de agua.

En muchas áreas, ya en aguas más profundas, se observó la presencia de formaciones arrecifales dominadas por *Millepora alcicornis*, *Palythoa caribaeorum*, *Zoanthus sp* y un coral blando no identificado, donde se encontraron ocasionalmente a *Laurencia microcladia* y con mayor frecuencia algas verdes del género *Caulerpa*. Ocultas en grietas se puede observar a *Valonia ventricosa*. Las algas asociadas a arrecifes coralinos presentan varias estrategias que les permiten sobrevivir en condiciones de fuerte herbivoría y competencia por espacio y su presencia incrementa la diversidad observada en estas costas (Barrios *et al.*, 2003a). Sin embargo, la mayor parte de las algas se hallaron fijas a coral muerto y a objetos de origen humano sumergidos como cauchos, tuberías, y escombros.



En general, el valor promedio de la diversidad para todas las estaciones (2,41 bits/ind) es bastante elevado para el grupo de las macroalgas. Sin embargo, es importante destacar que el muestreo estuvo restringido a las pocas zonas donde éstas eran más evidentes, sin importar la naturaleza del substrato, fuera roca, escombros o cauchos.

Se observaron algas que se consideran indicadoras o tolerantes a la contaminación como: *Ulva fasciata*, *Hypnea musciformis* y *Centroceras clavulatum*. No obstante, los valores de biomasa bajos y la presencia de otras especies poco tolerantes como *Gelidium pusillum*, además, de varias especies del género *Laurencia*, junto a valores de diversidad relativamente altos, son indicio de zonas con agua poco contaminación por desechos orgánicos disueltos. En general, se observaron algas poco tolerantes a la contaminación y parámetros comunitarios características de áreas con aguas poco contaminadas en las zonas I y III; sin embargo, en esta última, se encontraron algunas especies indicadoras de contaminación con biomásas bastantes altas como *Ulva reticulata*, además, de *Hypnea musciformis* y *Centroceras clavulatum*, por lo que hay evidencias de que existe algún proceso de afectación ambiental. Las algas verdes del grupo de las Ulvales, están consideradas como indicadoras de contaminación (Aguilar & Pacheco, 1989).

Las estaciones que se vieron más comprometidas en relación a efectos antrópicos (posible descarga de aguas negras) fueron las de la zona III, observándose la presencia de especies indicadoras como *Ulva reticulata* con una elevada biomasa (esta especie forma densos mantos en el fondo en algunas zonas).

Se puede concluir que, la zona estudiada en general es bastante vulnerable a los efectos de contaminación antrópica, observándose impactos de moderados a fuertes hacia las cercanías de la fábrica de cemento (**zona II**) por lo que se hace necesario un control más efectivo de los elementos perturbadores de la calidad ambiental, en particular, una disposición más adecuada de las aguas servidas y reducción de la sedimentación.

Bibliografía

AGUILAR, L.E. y I. PACHECO. 1989. Influencia de desechos municipales-industriales sobre macroalgas del Norte de Baja California. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 28 (1y2):77-84.

ALCOLADO, P. 1979. Estructura ecológica de la comunidad de esponjas en un perfil costero de Cuba. *Cienc. Biol.* 3: 105-127.

ALCOLADO, P. 1984. Utilidad de algunos índices ecológicos estructurales en el estudio de las comunidades marinas de Cuba. *Cien. Biol.* 11: 61-77.

ALCOLADO, P. 1990. General features of Cuban sponge communities, p. 351-357. In K. Rützler (ed.). *New Perspective in Sponge Biology*. Smithsonian, Washington D.C., EEUU.

ALCOLADO, P. 1992. Sobre la interpretación del medio marino mediante el empleo de los índices de diversidad y equitatividad. *Cienc. Biológ.*, 24: 124-127.

ALCOLADO, P. 1999. Comunidades de esponjas de los arrecifes del archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Bol. Invest. Mar Cost.* 28: 95-124.

ALCOLADO, P. 2007. Reading the code of coral reef sponge community composition and structure for environmental biomonitoring: some experiences from Cuba. En M. R. Custódio, G. Lôbo-Hajdu, E. Hajdu & G. Muricy (Eds.), *Porifera research-biodiversity, innovation and sustainability* (pp. 3-10). Río de Janeiro, Brazil: IMOS Gráfica e Editora.



ALCOLADO, P. y A. HERRERA-MORENO. 1987. Efectos de la contaminación sobre las comunidades de esponjas en el litoral de La Habana, Cuba. *Rep. Invest.Inst. Ocean.*, 68, 1-17.

ALCOLADO, P. y G. GOTERA. 1985. *Estructura de las comunidades de esponjas en arrecifes cubanos*. Ponencia presentada en el Simposio de Ciencias del Mar y VII Jornada Científica del Instituto de Oceanología XX Aniversario.1, 11-15. La Habana, Cuba.

ÁLVAREZ, B. y M. DÍAZ. 1985. *Las esponjas de un arrecife coralino en el Parque Nacional Archipiélago de los Roques: Taxonomía y Ecología*. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

ALVIZU, A. 2006. Estructura comunitaria de esponjas asociadas a dos parches coralinos en la Isla de Cubagua, Venezuela, durante el año 2005. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Biología Marina. Universidad de Oriente. Boca del Río, Venezuela, 71 pp.

AMARO, M. y I. LIÑERO-ARANA. 2006. Esponjas más comunes en ambientes someros (Porifera: Demospongiae) de la Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 45 (2): 109-125.

AMARO, M. y I. RAMÍREZ. 2011. Nuevos registros de Esponjas (Porifera) para el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 50 (2): 3-17.

APONTE, M. 1985. *Evaluación taxonómica de las algas marinas de la costa noreste de la Isla de Margarita*. Trabajo de Maestría, mención Biología Marina. Universidad de Oriente, Instituto Oceanográfico, Cumaná. Venezuela. 381 pp.

BARNES, D. 1999. High diversity of tropical intertidal zone sponges in temperature, salinity and current extremes. *African J. Ecol.* 37(1): 424–434.



BARRIOS J., B. MÁRQUEZ y M. JIMÉNEZ. 2003b. Macroalgas asociadas a *Rhizophora mangle* L. en el golfo de Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 42(1-2): 37-45.

BARRIOS, J. y O. DÍAZ. 2005. Algas epífitas de *Thalassia testudinum* en el Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol. (Universidad del Zulia)*. 39(1): 1-14.

BARRIOS, J. y A. LEMUS. 2000. Estructura y dinámica de comunidades asociadas a cultivos de *Gracilariopsis tenuifrons* (Gracilariales) en Chacopata, Sucre, Venezuela. I: Inventario Faunístico. *Rev. Biol. Trop.* 48 Sup. 1: 137-143.

BARRIOS, J., S. SANT., E. MENDEZ y L. RUIZ. 2003a. Macroalgas asociadas a arrecifes coralinos en el Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Saber* 15(1-2): 28-32.

BÉGIN, C., WURZBACHER, J. & I. CÔTÉ. Variation in benthic communities of eastern Caribbean coral reefs in relation to surface sediment composition. *Mar Biol.* DOI 10.1007/s00227-012-2092-5. Aceptada el 05 de octubre.

BOLD, H. y M. WYNNE. 1985. Introduction to the algae. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 720 pp.

BONE, D., A. CROQUER., E. KLEIN y D. PÉREZ. 2001. Programa

CARICOMP: monitoreo a largo plazo de los ecosistemas marinos del parque nacional Morrocoy, Venezuela. INCI v 26 n 10 Caracas.

CARBALLO, J., NARANJO, S. y J. GRACÍA-GÓMEZ. 1996. Use of marine sponge as stress indicators in marine ecosystems at Algeciras Bay (southern Iberian Peninsula). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 135(1): 109-122.

CLARKE, K. y R. GORLEY. 2001. PRIMER v5: User Manual Tutorial, Primer-e, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK.



COLLIN, R., M. DIAZ., J. NORENBURG., R. ROCHA., J. SANCHEZ., A. SCHULZE., M. SCHWARTZ y A. VALDES. 2006. Photographic identification some common marine invertebrates of Bocas del Toro, Panamá. *Carib. J. Sci.* 41: 638-707.

COYER, J. y J. WITITMAN. 1990. *The underwater catalog: A guide to methods in underwater research*. Shoals marine laboratory and New York sea grand program. Cornell University. 270 pp.

DEVLIN, M y B. BRODIE. 2005. Terrestrial discharge into the Geate Barrier Reef Lagoon: nutrients bahavior in coastal waters. *Mar. Poll. Bull.* 51: 9-22.

DÍAZ, H., M. BEVILLACQUA y D. BONE. 1985. *Esponjas en mangles del Parque Nacional Morrocoy*. Editorial Científica Venezolana, Coro, Venezuela.

DÍAZ, M. y K. RÜTZLER. 2001. Sponge: an essential component of Caribbean coral reefs. *Bull. Mar. Sci.* 69: 535-546.

DÍAZ, M., R.W.M. VAN SOEST y S. POMPONI. 1993. A systematic revision of the Central Atlantic Halichondrids (Demospongiae, Porifera). Part. II. Description of valid species. *Sci. Mar.* 57: 283-306.

DÍAZ-PIFERRER, M. 1970. Adiciones a la flora marina de Venezuela. *Carib. J. Sci.* 10:159-193.

GANESAN, E. K. 1989. *A catalog of benthic marine algae and seagrasses of Venezuela*. Fondo Editorial CONICIT. Ex-Libris, Caracas. 237 pp.

GARDNER, T., I. COTE., J. GIL. Y A. GRANT. 2003. Long-term region-wide decline in Caribbean corals. *Science*. Vol. 301.

GESSNER, F. y L. HAMMER. 1967. Die litorale algen vegetation an den Küsten von Ost-Venezuela. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol*, 52: 657-692.



GONZÁLEZ-DÍAZ, P., E. DE LA GUARDIA y G. GONZÁLEZ-SANSÓN. 2003. Efecto de efluentes terrestres sobre las comunidades bentónicas de arrecifes coralinos de ciudad de la Habana, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 24(3):193-204.

GREEN, G. y P. GÓMEZ. 1986. Estudio taxonómico de las esponjas de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Ann. Centro Cienc. del Mar y Limnol.* 13: 73-300.

HAMMER, L. y F. GESSNER. 1967. La taxonomía de la vegetación marina en la costa oriental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 6: 186-265.

HERRERA, A. 1991. *Efectos de la contaminación sobre la estructura ecológica de los arrecifes coralinos en el litoral habanero*. Tesis doctoral. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Oceanología, Cuba. pp 110.

HOOPER, J. y R.W.M. VAN SOEST. 2002. *Systema Porifera*. A Guide to the Classification of Sponges. Plenum, Nueva York, EEUU.

HUBBARD, R. 1990. Sponges (Porifera) of the Order Dictyoceratida, Dendroceratida, and Verongiida (Class Demospongiae) from Trinidad and Tobago. *Carib. Mar. Studies* 1: 54-67.

ISRS. 2004. The effects of terrestrial runoff of sediments, nutrients and others pollutants on coral reefs. Briefing Paper 3, International Soc. for Reef Studies. pp 18.

JOLY, A.B. 1967. *Géneros de algas marinhas da costa atlântica latino-americana*. Edit. Universidad de São Paulo, Brasil. 461 pp.

KARLSON, R. 1980. Alternative competitive strategies in a periodically disturbed hábitat. *Bull. Mar. Sci.* 30(4).

KINZIE, R. 1973. Zonation of West Indian gorgonians. Discovery bay laboratory. Jamaica W. I.



LEHNERT, H. y R.W.M. VAN SOEST. 1998 Shallow water sponges of Jamaica. *Beaufortia* 48: 71-103.

LEMUS, A. J. 1979. Las algas marinas del Golfo de Paria, Venezuela. I. Chlorophyta y Phaeophyta. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 18: 17-36.

LEMUS, A. J. 1984. Las algas marinas del Golfo de Paria, Venezuela. II. Rhodophyta. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 23(1-2): 55-112.

LIVINGSTON, R.J., R.S. LLOYD y M.S. ZIMMERMAN. 1976. Determination of sampling strategy for benthic macrophytes in polluted and unpolluted coastal areas. *Bull. Mar. Sci.*, 26 (4): 569- 575.

LLANSO, E. y S. DÍAZ. 2002. Comunidad bentónica en arrecifes coralinos de Punta del este y Cayo largo, archipiélago de los Canareos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 23(3):185-194.

LLOYD, M. y R. GHELARDI. 1964. A table for calculating the «equitability» component of species diversity. *J. Anim. Ecol.*, 33: 217-225.

MARGALEF, R. 1972. El Ecosistema. En: R. Margalef (ed). *Ecología Marina*. Dossat, S.A. Madrid, España. p. 377-453.

MCLEAN, E. y P. YOSHIOKA. 2008. Substratum effects on the growth and survivorship of the sponge *Desmapsamma anchorata*. *Carib. J. Sci.* 44: 83-89.

MURICY, G. & E. HAJDU. 2006. *Guia de identificação das esponjas marinhas mais comuns do Sudeste do Brasil*. Eclesiarte Editora, Rio de Janeiro, 104 pp.

Ocean Health Index. 2012. <http://www.oceanhealthindex.org/>.

OLIVARES, M. 1976. *Estudio taxonómico de algunas Desmospongas (Porifera) de la Bahía de Mochima, Sucre, Venezuela*. Trabajo de Ascenso, Universidad de Oriente, Margarita, Venezuela.



PAULS, S. 1998. *Estudio sistemático y biodiversidad de Porifera y Cnidaria en la Bahía Ciénega de Ocumare de la Costa, Parque Nacional Henri Pittier*. Trabajo de Ascenso, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

PORTER, J. 1972. Patterns of species diversity in Caribbean reefs coral. *Ecology* 53: 745-748.

RAMÍREZ, M.A. 1995. Recolección y colecciones científicas de macroalgas marinas. En: *Manual de Métodos Ficológicos*. K. Alveal, M E. Ferrario, E. C. Oliveira y E. Sar. (eds). Universidad de Concepción. Chile. pp. 417 - 428.

REISWIG, H. 1973. Population dynamics of three Jamaican Desmospongiae. *Bull. Mar. Sci.* 23: 191-226.

RÍOS, N. R. 1965. Lista de algas macroscópicas de la Bahía de Mochima (Venezuela). *Lagena* 8:41-50.

RÍOS, N. R. 1972. Contribución al estudio sistemático de las algas macroscópicas de la costa de Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 7:219-324.

ROBERTS, C., C. MC CLEAN., J. VERON., J. HAWKINS y G. ALLAN. 2002. Marine biodiversity hotpots and conservation priorities for tropical reefs. *Science*. Vol 295.

RODRÍGUEZ, G. 1972. *Las comunidades bentónicas*. En: *Ecología Marina*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Editorial Dossat S.A. Caracas, Venezuela. Págs. 563-660.

ROGERS, C. 1990. Responses of coral reefs and reefs organisms to sedimentation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 62: 185-202.

ROMERO, J. 1984. Biomasa de comunidades de algas bentónicas de las islas Medes (Girona). *Oecol. Agua.*, 5: 87 - 93.



RUIZ-ALLAIS, J.P., AMARO, E., MACFADDEN, C., HALASZ, A. & BENAYAHU, Y. 2014. The first incidence of an alien soft coral of the family Xeniidae in the Caribbean, an invasion in eastern Venezuelan coral communities. *Coral reefs* (2014).

RÜTZLER, K. 1978. Sponges in coral reefs, p. 299-313. In D. Stoddard & R. Johannes (eds.). *Coral Reefs: Research Methods. Monogr. Oceanogr. Method.* 5. UNESCO, Paris, Francia.

RÜTZLER, K. 2004. Sponges on coral reefs: A community shaped by competitive cooperation. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova* 68: 85-148.

SALAZAR-VALLEJO, S. I. 1991. *Contaminación Marina: Contaminación Orgánica. Métodos de Evaluación Biológica.* Primera edición. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, México. Págs. 16-20.

SANT, S. 1999. *Ecología de comunidades coralinas en el estado Sucre, Venezuela.* Trabajo de Grado (Maestría). Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. de Oriente, Sucre. pp 101.

SANT, S., A. PRIETO y E. MENDEZ. 2006. Cambios en la composición y estructura de una comunidad coralina después de un fenómeno de mar de fondo en Cautaro, Parque Nacional Mochima, estado Sucre, Venezuela. *Ciencia* 12 (1). pp 1-12.

SARA, M. & M. VACELET. 1973. *Ecologie des Demosponges*, 462-576. In P.P. Grassé (ed.), *Traite de Zoologie. Anatomie, Systematique, Biologie.* Masson & Cie., Paris, Francia.

SEAPY, R. R., y M. M. LITTLER. 1979. The distribution, abundance, community, structure, and primary productivity of macroorganisms from two central California rocky intertidal habitats. *Pac. Sci.*, 32: 293-314.

SHANNON, C. y W. WEAVER. 1949. *The mathematical theory of communication.* Urbana Univ. Illinois Press. pp 11

SILVA, S., L. BRITO y A. LEMUS. 2003 Nuevas adiciones de algas marinas para el Parque Nacional Mochima, Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 51 (Supl. 4): 159-165.

TAYLOR, W.R. 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas*. Lord Baltimore Press, INC., Universidad de Michigan. 870 pp.

TAYLOR, W.R. 1976. A check-list of Venezuelan marina algae. *Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat.* 22: 71-101

VAN DEN HOEK, C., D .G. MANN y H. M. JAHNS. 1995. *Algae: Introduction to Phycology*. University Press, Cambridge. 563 pp.

VAN SOEST, R.W.M. 1978. Marine sponges from Curaçao and other Caribbean localities. Part I. Keratosa. *Stud. Fauna Curaçao Carib. Isl.* 56: 124.

VAN SOEST, R.W.M. 1980. Marine sponges from Curaçao and other Caribbean localities. Part II . Haposclerida. *Stud. Fauna Curaçao Carib. Isl.* 62: 172.

VAN SOEST, R.W.M. 1984. Marine sponges from Curaçao and other Caribbean localities. Part II . Poecilosclerida. *Stud. Fauna Curaçao Carib. Isl.* 66: 187.

VERA B. 1993. Contribución al conocimiento de las macroalgas asociadas a las praderas de *Thalassia testudinum* König. *Acta Bot. Venez.* 16(2-4): 19-28.

WIEDENMAYER, F. 1977. *Shallow-water sponges of the Western Bahamas*. Birkhäuser, Basel, Stuttgart, Alemania.

WILKINSON, C. & J. VACELET. 1979. Trasplatación de esponjas marinas a diferentes condiciones de luz y corriente. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 37: 91-104.



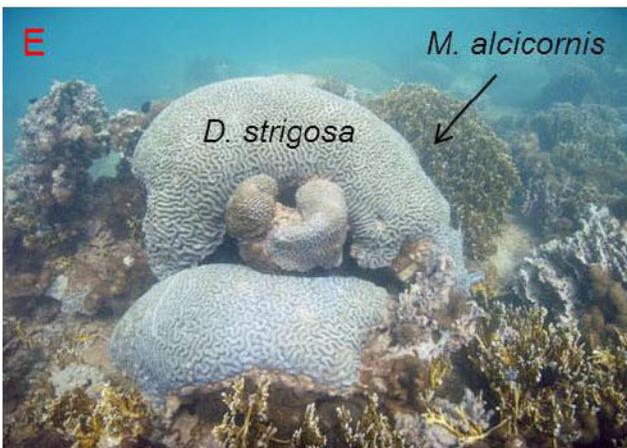
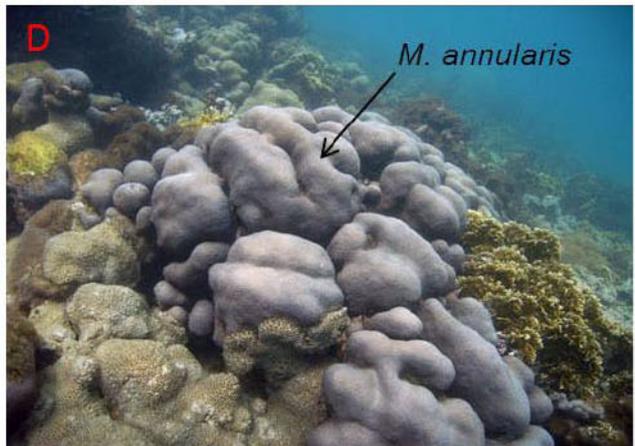
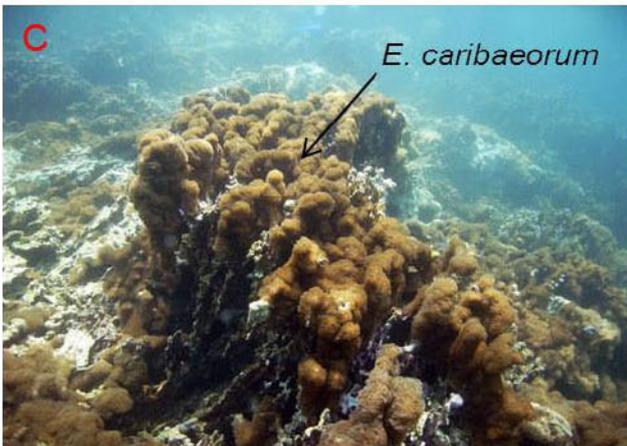
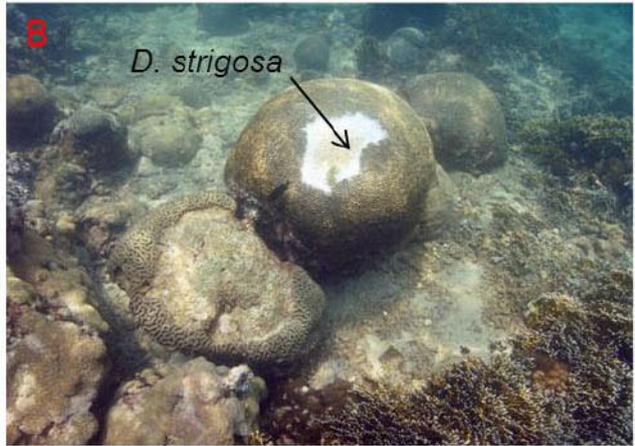
WYNNE, M. J. 2011. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: Third revision. *Nova Hedwigia*, 140: 1-166.

ZEA, S. 1987. *Esponjas del Caribe colombiano*. Dictyoceratida, Dendroceratida, Verongida, Haplosclerida, Poecilosclerida, Halichondrida, Axinellida, Desmophorida y Homosclerophorida. Editorial Catálogo Científico, Bogotá, Colombia.

ZEA, S. 2001. Patterns of sponge (Porifera, Demospongiae) distribution in remote, oceanic reef complexes of the southwestern Caribbean. *Rev. Acad. Col. Cien.* 25: 579-592.



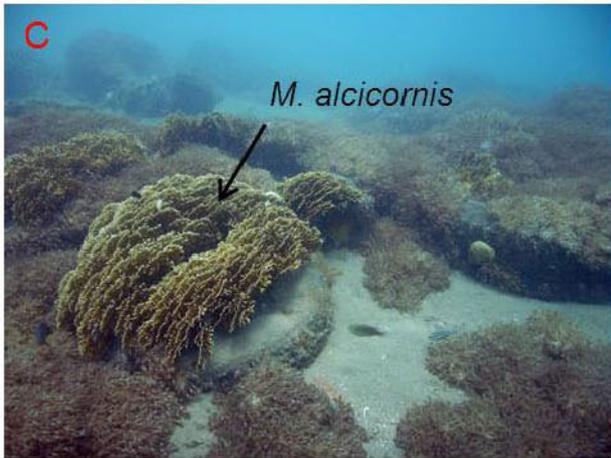
Anexos



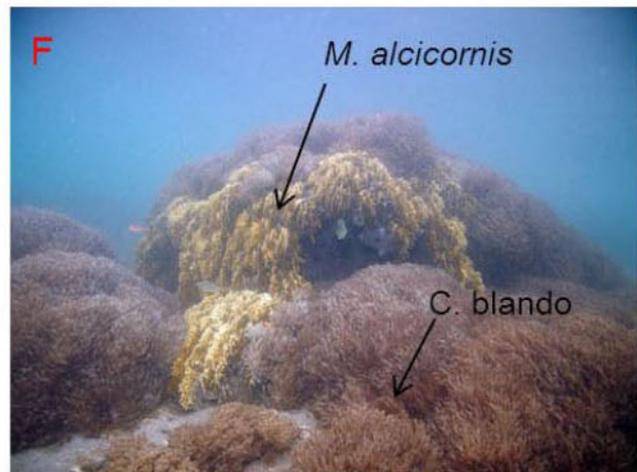
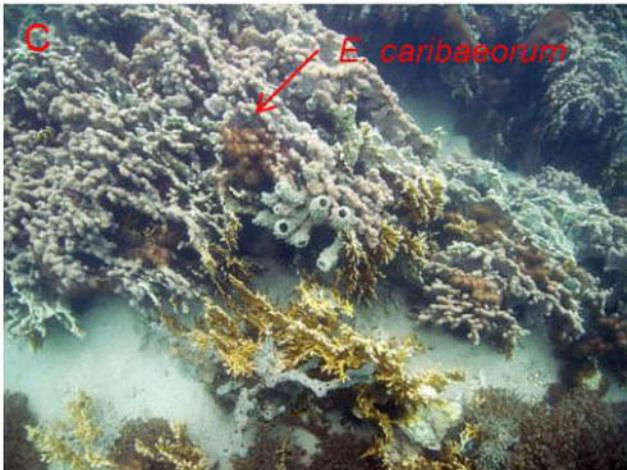
Anexo 1. Estación de muestreo 1: Línea de costa (A); especies representativas y características del arrecife (B, C, D, E y F). Fotos: Juan P. Ruiz Allais.



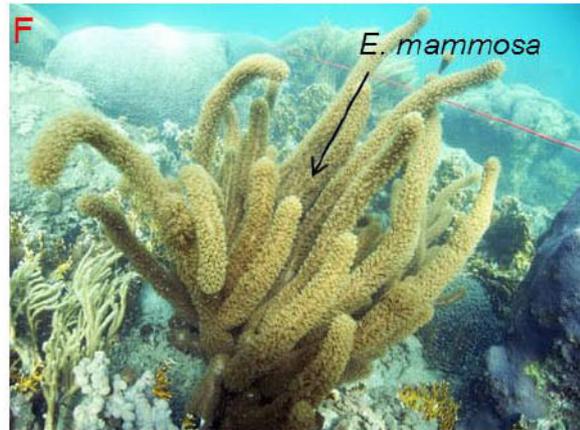
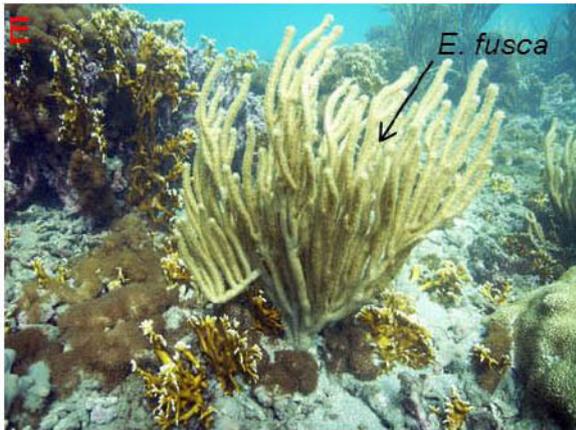
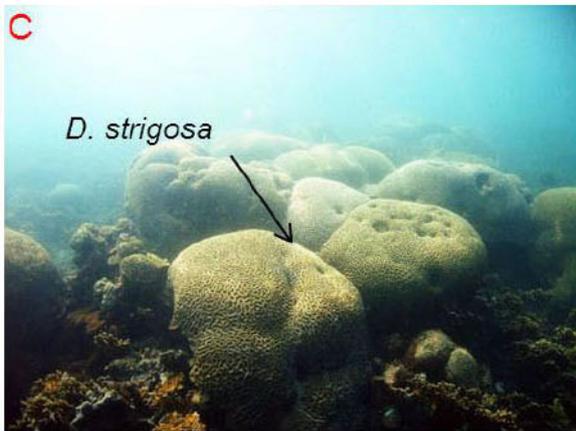
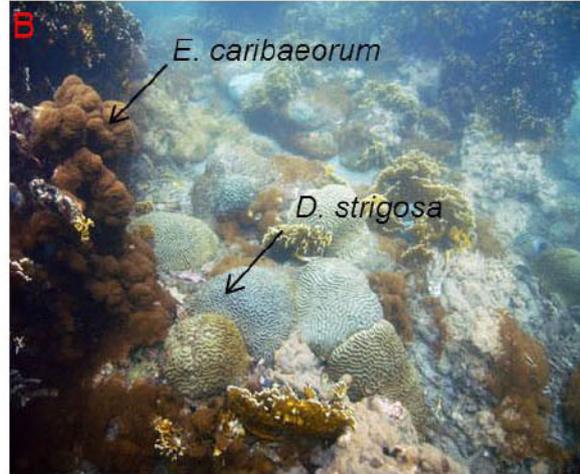
Anexo 2. Estación de muestreo 2: Línea de costa (origen de los sedimentos) (A); especies representativas y características del arrecife (B, C, D, E y F). Fotos: Juan P. Ruiz Allais.



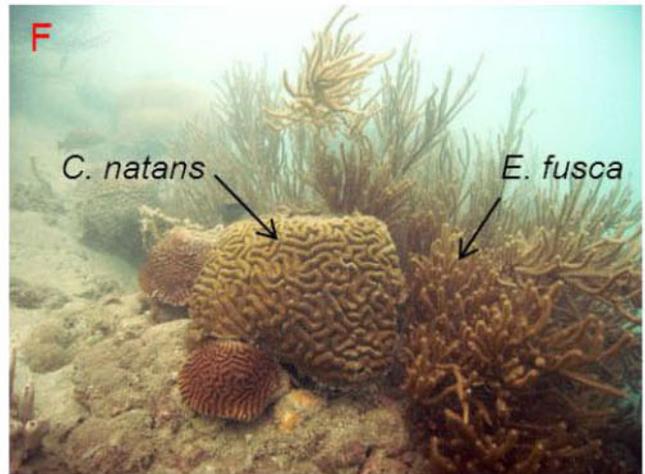
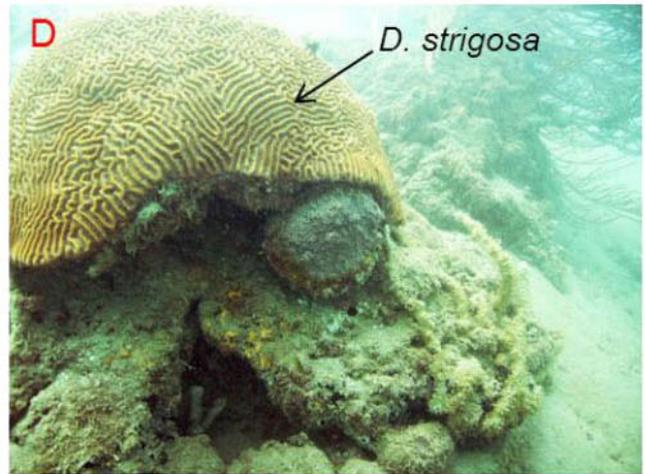
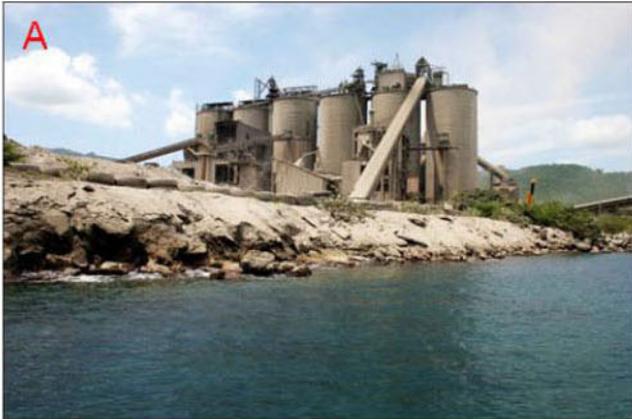
Anexo 3. Estación de muestreo 3: Línea de costa (A). Desechos industriales depositados en el fondo del arrecife: Carrete (B); cauchos (C, D y E) banda de caucho (F) .Fotos: Juan P. Ruiz Allais.



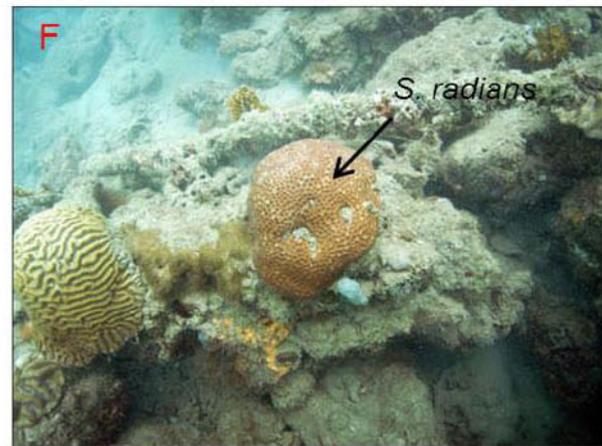
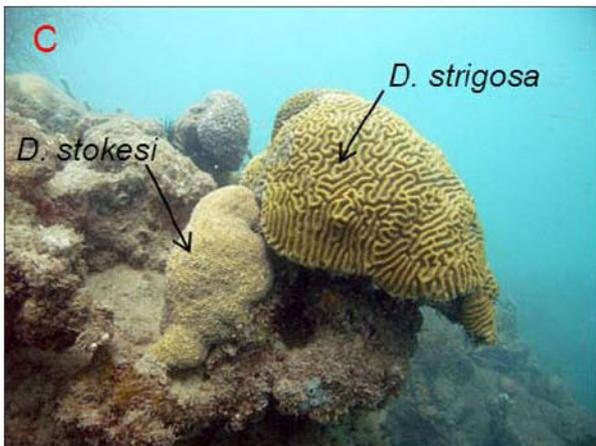
Anexo 4. Estación de muestreo 4: Línea de costa (A y B) especies representativas y características del arrecife (C,D,E y F). **Fotos: Juan P. Ruiz Allais**



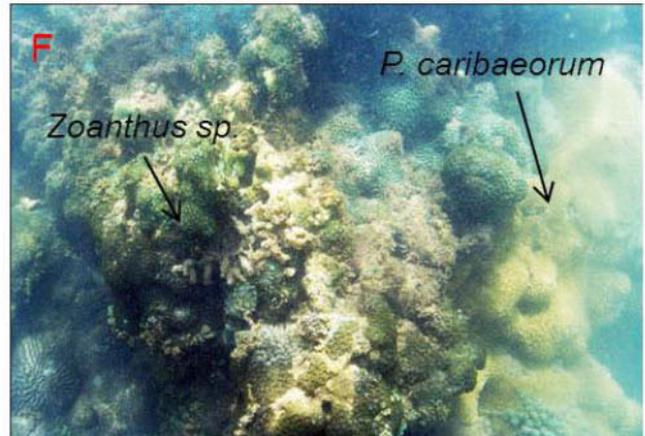
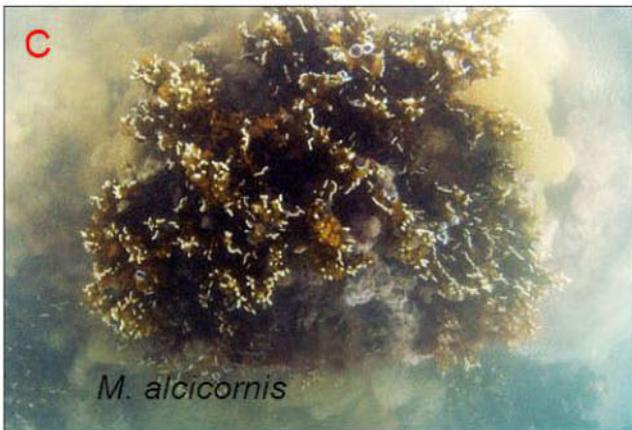
Anexo 5. Estación de muestreo 5: Línea de costa (A); especies representativas y característica del arrecife (B, C, D, E y F). Fotos: Juan P. Ruiz Allais.



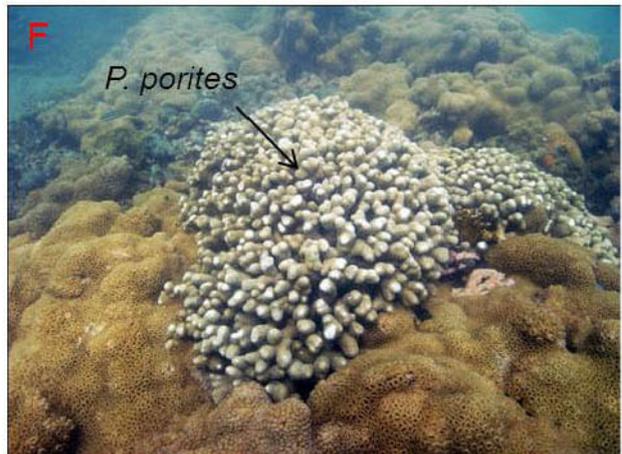
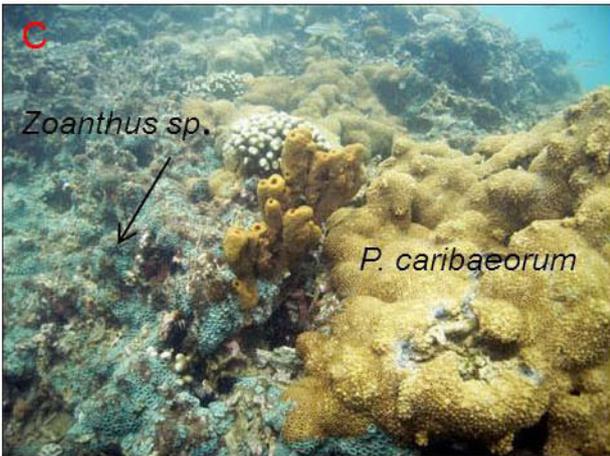
Anexo 6. Estación de muestreo 6: Línea de costa (A y B); especies representativas y característica del arrecife (C, D, E y F). Fotos: Juan P. Ruiz Allais.



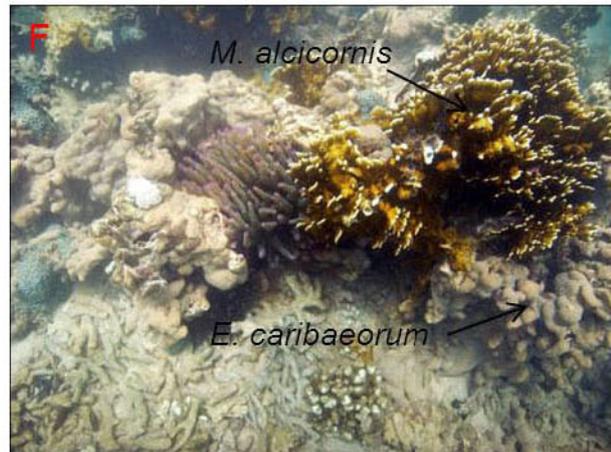
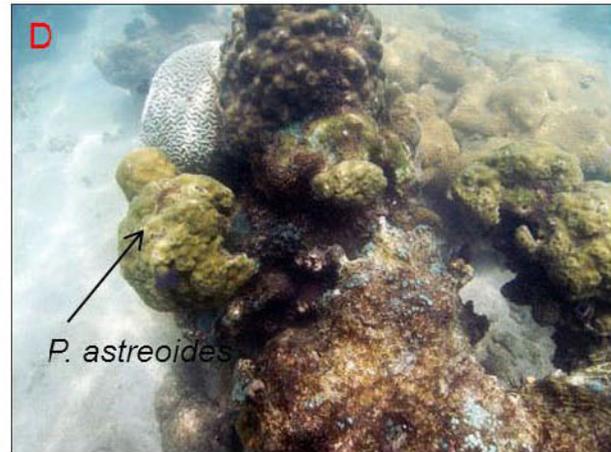
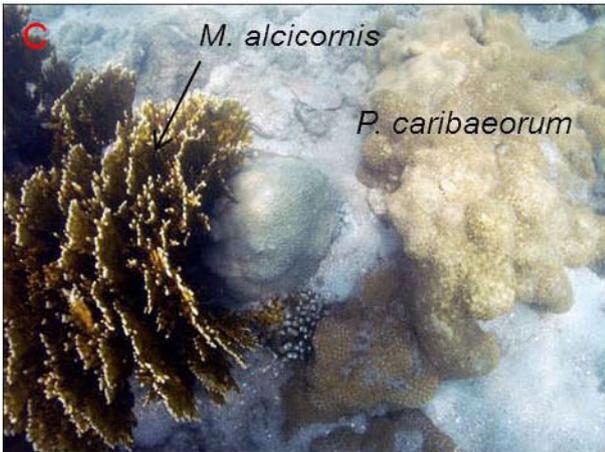
Anexo 7. Estación de muestreo 7: Línea de costa (A y B); especies representativas y características del arrecife (C, D, E y F) . Fotos: Juan P. Ruiz Allais.



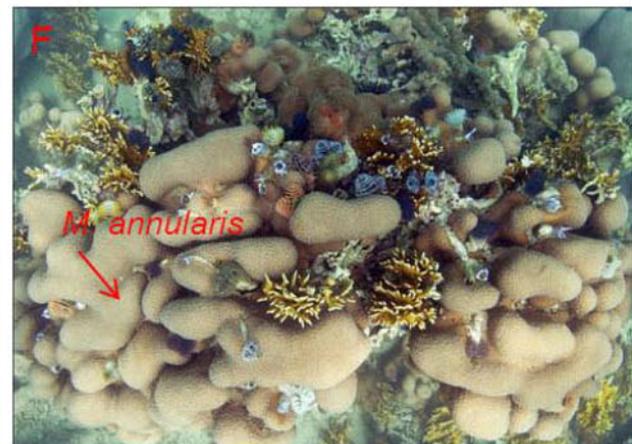
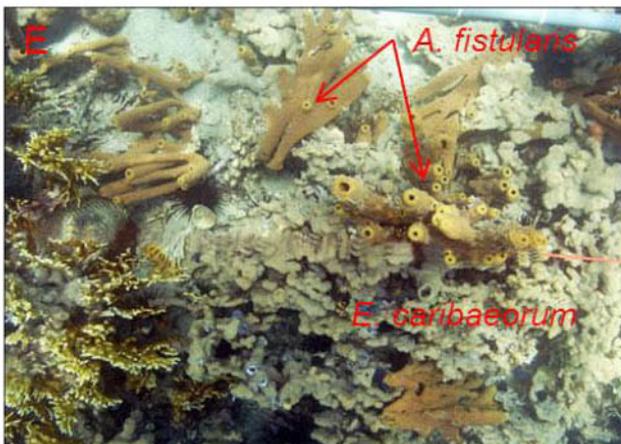
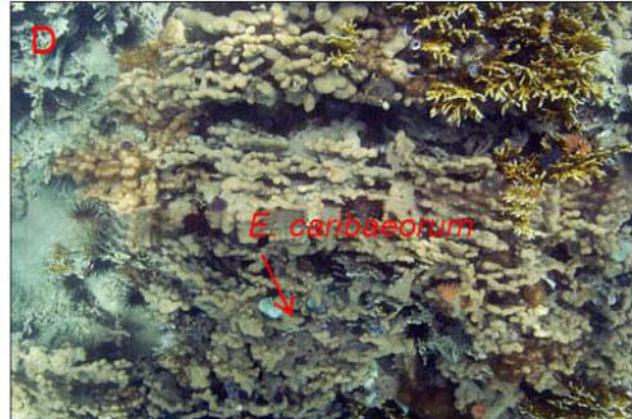
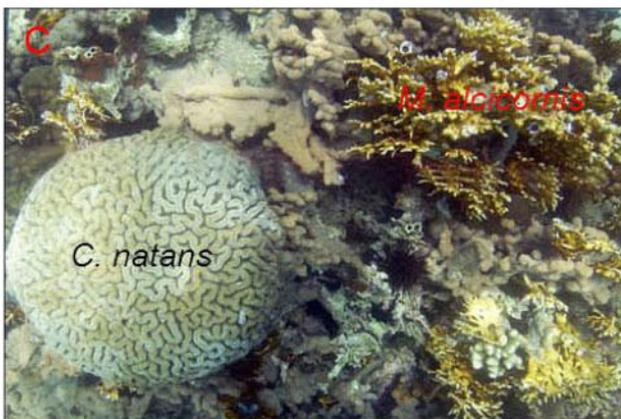
Anexo 8. Estación de muestreo 8: Línea de costa (A y B); especies representativas y características del arrecife (C, D, E y F). Fotos: Juan P. Ruiz Allais .



Anexo 11. Estación de muestreo 11: Línea de costa (A y B); especies representativas y características del arrecife (C, D, E y F). Fotos: Juan P. Ruiz Allais.



Anexo 12. Estación de muestreo 12: Línea de costa (A); especies representativas y características del arrecife (B, C, D, E y F). Fotos: Juan P. Ruiz Allais .



Anexo 13. Estación de muestreo 13: Línea de costa (A); especies representativas y características del arrecife (B, C, D, E y F). **Fotos:** Juan P. Ruiz Allais.



Anexo 14. .- Clasificación propuesta por Alcolado (1992) para inferir el estado ambiental de un ecosistema utilizando combinaciones de los valores de H' y J' .

Estado ambiental	Características	Relación H'/J'
1	Fuerte y constantemente severo con pulsos de tensión aún más fuertes e impredecibles	($H'= 0-1.3$; $J'= 0-0.5$)
2	Muy severo y no pronosticable	($H'= 0-1.3$; $J'= 0.5-0.69$)
3	Severo y no pronosticable	($H'= 1.3-2.0$; $J'= 0.5-0.69$)
4	Severo y casi constante	($H'= 1.3-2.0$; $J'= 0.7-0.8$)
5	Severo y constante	($H'= 1.3-2.0$; $J'= 0.8-1.0$)
6	Algo severo y no pronosticable	($H'= 2.0-2.5$; $J'= 0.5-0.69$)
7	Algo severo y casi constante	($H'= 2.0-2.5$; $J'= 0.7-0.8$)
8	Algo severo y constante	($H'= 2.0-2.5$; $J'= 0.8-1.0$)
9	Favorable y casi constante	($H'= 2.5-2.9$; $J'= 0.7-0.8$)
10	Favorable y constante	($H'= 2.5-2.9$; $J'= 0.8-1.0$)
11	Muy favorable y constante	($H' > 2.9$; $J'= 0.8-1.0$)

Tomado de: Alcolado, P.M. 1992. Sobre la interpretación del medio marino mediante el empleo de los índices de diversidad y equitatividad. *Ciencias Biológicas*, 24: 124-127.

Anexo 15. Granulometría (%) y materia orgánica (gr. carbón) del sedimento en las estaciones de estudio. **MO**= materia orgánica; **G**= grava; **AG**= arena gruesa, **AM**= arena media; **AF**= arena fina, **AMF**= arena muy fina; **LM**= limo; **AR**= arcilla-

<i>Zona</i>	<i>Estación</i>	<i>MO</i>	<i>G 4000</i>	<i>G 2000</i>	<i>AG</i>	<i>AM</i>	<i>AF</i>	<i>AMF</i>	<i>LM</i>	<i>AR</i>
1	1	3.84	11.88	6.35	16.04	24.42	31.46	5.33	2.34	2.18
1	2	6.38	3.51	5.41	8.69	8.88	25.42	28.62	8.16	11.32
1	3	3.44	15.17	6.3	10.72	18.39	30.68	14.57	2.44	1.14
1	4	2.0	1.35	3.46	10.27	24.12	44.06	11.81	2.42	2.50
2	5	3.84	13.69	10.55	38.01	30.59	6.24	0.48	0.26	0.18
2	6	5.17	6.91	8.01	14.50	15.68	29.28	13.40	3.87	8.36
2	7	1.92	9.58	9.28	17.71	23.41	30.98	6.95	1.76	0.33
2	8	1.5	11.32	1.91	2.89	11.20	58.16	14.43	0.1	0.00
Playa	9	1.61	0.28	0.28	0.94	7.36	55.81	32.53	1.83	0.96
Playa	10	1.5	11.32	1.91	2.89	11.20	58.16	14.43	0.1	0.00
3	11	2.3	2.13	4.91	16.39	44.22	31.97	0.39	0.00	0.00
3	12	4.08	23.11	19.78	26.4	14.89	12.65	1.69	0.67	0.8
3	13	2.0	7.64	7.64	15.68	24.14	34.54	7.13	2.22	2.19