

Artículo original

Caracterización estructural de las formaciones coralinas en la región de San Antero, Córdoba, Caribe colombiano

Structural characterization of the coral formations in the San Antero region, Córdoba, Colombian Caribbean

✉ Royerín Ruidíaz-Ruidíaz¹, ✉ Jorge A. Quirós-Rodríguez^{1*}, ✉ Nestor H. Campos-Campos²

¹ Grupo de Investigación Química de los Productos Naturales, PRONAT, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia

² CECIMAR, Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe, Isla de San Andrés, Colombia

Resumen

En este estudio se caracterizó el estado de las formaciones coralinas en la región de San Antero, Caribe colombiano, con base en la cobertura de los principales componentes bentónicos: macroalgas, esponjas, zoantídeos, sustrato duro y corales. Para ello, en febrero y agosto de 2014 se muestrearon tres sectores y siete estaciones localizadas en la región. Para determinar la composición y cobertura de cada componente bentónico se empleó el método de fototransecto utilizando el programa Coral Point Count (CPCe.v4.1). Las fotografías fueron tomadas sobre cuadrantes de 0,25 x 0,25 m colocados consecutivamente a lo largo de bandas de 20 x 0,25 m. Se registraron 16 especies de corales (15 escleractinios y un milleporino). El coral fue la categoría más importante en términos de cobertura (45,4 %), seguido de macroalgas (24,3 %) y sustrato abiótico (20,4 %). Los sectores que registraron las mayores coberturas coralinas fueron Punta Bello (51,8 %) y Punta Bolívar (44,4 %), en tanto que la cobertura más baja de coral y mayor dominancia de macroalgas se presentó en Playa Blanca, con 29,3 y 31,5 %, respectivamente. Los resultados indicaron que el estado de las formaciones coralinas en la región de San Antero era bueno, a pesar del bajo número de especies registradas. Además, las formaciones de Punta Bello y Punta Bolívar estaban en mejor estado que la comunidad coralina de Playa Blanca.

Palabras clave: Categorías bentónicas; Cobertura; Composición; Ecosistemas marinos; Formaciones coralinas.

Abstract

We characterized the state of the coral formations in the region of San Antero, Colombian Caribbean, based on the coverage of the main benthic components such as macroalgae, sponges, zoanths, hard substrate, and corals. For this, in February and August 2014, three sectors and seven stations located in the region were sampled. To determine the composition and coverage of each benthic component, we used the phototransect method using the Coral Point Count program (CPCe.v4.1). The photographs were taken on 0.25 x 0.25 m quadrants placed consecutively along 20 x 0.25 m bands. We registered 16 species of corals (15 scleractinians and one milleporin). Coral was the most important category in terms of coverage (45.4%), followed by macroalgae (24.3%) and abiotic substrate (20.4%). The highest coral coverage was registered in Punta Bello (51.8%) and Punta Bolívar (44.4%) while the lowest (29.3%) corresponded to Playa Blanca where also the highest macroalgae dominance occurred (1.5%). Our results indicated that coral formations in the San Antero region were in a good state, despite the low number of registered species, and that the Punta Bello and Punta Bolívar formations were in better condition than the coral community of Playa Blanca.

Keywords: Benthic categories; Composition; Coral formations; Coverage; Marine ecosystems.

Citación: Ruidíaz-Ruidíaz R, Quirós-Rodríguez JA, Campos-Campos NH. Caracterización estructural de las formaciones coralinas en la región de San Antero, Córdoba, Caribe colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 45(176):709-720, julio-septiembre de 2021. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1296>

Editor: Jaime Ricardo Cantera

***Correspondencia:**

Jorge A. Quirós Rodríguez;
jquiros@correo.unicordoba.edu.co

Recibido: 31 de agosto de 2020

Aceptado: 3 de mayo de 2021

Publicado: 17 de septiembre de 2021



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Introducción

La plataforma continental del Caribe colombiano presenta varias áreas con condiciones ambientales favorables para el asentamiento y desarrollo de comunidades coralinas (**Prahl & Erhardt**, 1985; **Díaz, et al.**, 1996; **Díaz, et al.**, 2000a; **López-Victoria & Díaz**, 2000), las cuales se caracterizan por presentar desde coberturas dispersas hasta inmensos complejos arrecifales formadores de islas (**Márquez**, 1996; **Díaz, et al.**, 2000a). El área de mayor extensión arrecifal corresponde a la ubicada en la parte central de la plataforma continental, constituida por un cordón discontinuo de islas y bajos de origen diapírico que se extiende por más de 165 km en la porción sur-central de la plataforma colombiana; también se incluyen en esta zona algunos arrecifes costeros, parches coralinos de escasa profundidad y las formaciones alrededor de las islas del Rosario, San Bernardo, Fuerte y Tortuguilla (**Díaz, et al.**, 1996; **Díaz, et al.**, 2000a; **Díaz, et al.**, 2000b; **López-Victoria & Díaz**, 2000).

En las últimas décadas, se ha producido un deterioro de los ambientes coralinos en todo el mundo, que se ha visto incrementado por la interacción de factores de estrés antropogénico y climático (**Hollock, et al.**, 1993; **Brown**, 1997; **Knowlton**, 2001; **Buddemeier, et al.**, 2004). Las consecuencias incluyen el colapso generalizado de las poblaciones de coral, aumento acelerado de algas marinas, brotes de blanqueamiento y enfermedades de los corales, y su incapacidad de recuperarse de las perturbaciones naturales como los huracanes. En el Caribe colombiano se han visto especialmente afectadas las áreas de San Andrés, las islas del Rosario, las islas de San Bernardo y la región de Santa Marta (**Garzón-Ferreira & Kielman**, 1994; **Garzón-Ferreira**, 1997; **Díaz, et al.**, 2000a; **Garzón-Ferreira, et al.**, 2001; **Garzón-Ferreira & Díaz**, 2003). En esta última región, los cambios en la composición coralina, la mortalidad en masa de los organismos de los arrecifes, la reducción en el número de especies de corales y la cobertura de corales han sido más evidentes a causa de los factores ambientales ya mencionados (**Werding & Sánchez**, 1988; **Martínez & Acosta**, 2005).

En la actualidad, no existe información con respecto a las formaciones coralinas en la región de San Antero; por ello en el presente estudio nos propusimos caracterizar esta comunidad en términos de su diversidad, cobertura coralina y otras categorías ecológicas asociadas, con el fin de recomendar áreas prioritarias para aplicar algunas medidas de manejo y conservación.

Materiales y métodos

La región de San Antero se encuentra en la parte norte del departamento de Córdoba, a orillas del mar Caribe, en la desembocadura del río Sinú, y hace parte de la ecorregión de Morrosquillo (**CVS-INVEMAR**, 2010). Esta región está rodeada por manglares, pastos marinos, macroalgas y litoral rocoso de origen coralino que se distribuyen a lo largo de toda la costa, proporcionando los materiales calcáreos que se encuentran en las playas (**Patiño & Flórez**, 1993; **Molina, et al.**, 1994; **Sánchez, et al.**, 2005). El régimen climático es bimodal biestacional, con una precipitación promedio de 1.337,4 mm y una temperatura anual promedio entre 28 y 32 °C (**Cortés-Castillo & Rangel-Ch**, 2011).

En febrero y agosto de 2014 se muestrearon siete estaciones localizadas en la región de San Antero: dos en las formaciones de Punta Bello (PBEL), dos en Punta Bolívar (PBOL) y una en Playa Blanca (PBLA) (**Figura 1**). Para la selección de los sectores de muestreo se tuvo en cuenta la información sobre la geomorfología y dinámica marina del golfo de Morrosquillo de **Patiño & Flórez** (1993) y de **Molina, et al.** (1994), la ubicación del desarrollo coralino en profundidades entre 2 y 10 m (**Tabla 1**), la localización en zonas expuestas y no expuestas al oleaje durante el período de vientos alisios y la influencia antropogénica (e.g., playas turísticas, centros urbanos, la influencia del río Sinú o de otros afluentes).

Para la caracterización de la composición coralina se utilizó el método de fototransecto (**Hill & Wilkinson**, 2004): en cada estación se evaluó un transecto en banda de 20 m de largo y 0,25 m de ancho (5 m²) utilizando una cámara digital GoPro Hero 3 dentro de una carcasa hasta cubrir toda su área. En cada toma fotográfica la cámara se ubicó sobre un

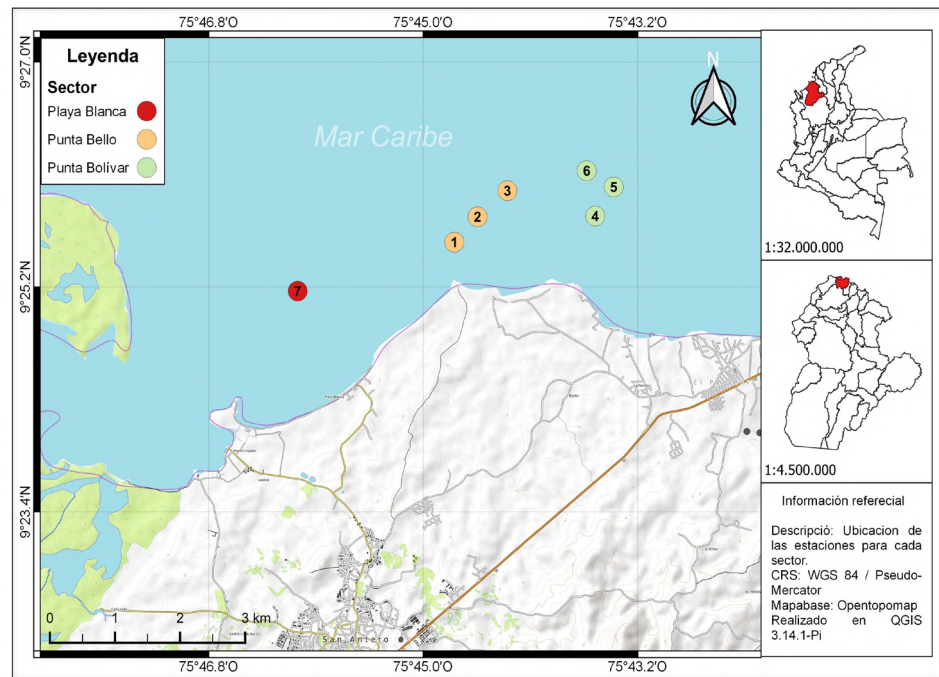


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo en San Antero, Caribe colombiano. Punta Bello: 1, 2 y 3; Punta Bolívar: 4, 5 y 6; Playa Blanca: 7

Tabla 1. Sector y estaciones de muestreo con su respectiva profundidad y posición geográfica

Sector	Sigla	Estación	Profundidad (m)	Coordenadas (GPS)
Punta Bello	PBEL	Est-1	4	9° 25' 33,3" N - 75° 44' 44,3" W
		Est-2	4	9° 25' 45,7" N - 75° 44' 32,6" W
		Est-3	3	9° 25' 58,2" N - 75° 44' 17,6" W
Punta Bolívar	PBOL	Est-4	5	9° 25' 46,0" N - 75° 43' 33,4" W
		Est-5	7	9° 26' 19,1" N - 75° 43' 24,1" W
		Est-6	6	9° 26' 07,8" N - 75° 43' 37,7" W
Playa Blanca	PBLA	Est-7	3	9° 25' 10,0" N - 75° 46' 03,2" W

trípode elaborado con tubos de PVC para proporcionar estabilidad y mantener una distancia fija de 1 m del fondo. La base del trípode era un cuadrado de 0,25 x 0,25 m que se utilizó como área de referencia (Kohler & Gill, 2006). En cada estación se extendió un transecto, se colocaron 80 cuadrantes, se tomaron 160 fotos y se muestrearon 5 m². Todos los muestreos se realizaron a profundidades mayores de 2 m utilizando buceo con equipo SCUBA.

Utilizando el programa Coral Point Count con Excel CPCe.v4.1® (Kohler & Gill, 2006), se escogieron aleatoriamente 25 puntos específicos de cada foto. En cada punto se determinó su correspondencia con un componente de sustrato vivo: coral, macroalgas, esponjas o zoantídeos, o no vivo: arena, cascajo, roca o esqueletos de coral, según lo propuesto por Díaz, *et al.* (1995). Una vez determinado cada componente se digitalizó en el programa y se estimó el promedio de cobertura (%) de cada componente o especie en cada sector de estudio (Kohler & Gill, 2006). La determinación taxonómica de los corales escleractínios e hidrocorales hasta el nivel de especie se basó en la descripción y las ilustraciones proporcionadas por Humann & DeLoach (2002) y Reyes, *et al.* (2010) mediante el programa Coralpedia v 2.0.

Para ordenar espacialmente la comunidad coralina y determinar cuáles especies son responsables de la formación de los grupos de estaciones, se elaboró un dendrograma de doble vía. El análisis se efectuó a partir de la presencia y ausencia de especies, empleando el coeficiente de similitud de Jaccard, la técnica de agrupamiento y el algoritmo de promedio de grupos con el programa PC-ORD.6 (McCune & Mefford, 1999).

Resultados

En la región de San Antero el sustrato vivo estuvo compuesto por coral (escleractínios e hidrocorales), macroalgas (frondosas, filamentosas y costrosas), esponjas (incrustantes y erectas), zoantídeos y otros organismos, en tanto que el sustrato abiótico estuvo conformado por roca, arena, cascajo y coral muerto. El promedio de cobertura de todas las estaciones indicó en la región de San Antero casi la mitad del sustrato estaba cubierto por coral ($45,4 \% \pm 3,16$), seguido de macroalgas ($24,3 \% \pm 3,38$), sustrato abiótico ($20,4 \% \pm 3,86$) y esponjas ($8,8 \% \pm 1,71$), mientras que otros organismos y zoantídeos presentaron coberturas menores al 1 % (Figura 2).

En el componente biótico se identificaron 15 especies de corales escleractínios pertenecientes a 11 géneros y siete familias. La familia más abundante fue Faviidae, con cinco especies, seguida por Poritidae con tres, Meandrinidae y Siderastreidae con dos y Astrocoeniidae, Agariciidae y Montastraeidae con una sola especie cada una. Además, se observó una especie de hidrocoral perteneciente a la familia Milleporidae (Tabla 2). Las especies de corales duros más abundantes en términos de cobertura fueron *Siderastrea siderea* ($61,8 \% \pm 2,77$), *Porites astreoides* ($12 \% \pm 3,01$), *S. radians* ($5,7 \% \pm 0,62$) y *Pseudodiploria clivosa* ($4 \% \pm 0,99$). En contraste, seis especies registraron coberturas inferiores al 1 % (Figura 3).

Al comparar los componentes del sustrato entre sectores, los valores de cobertura coralina fluctuaron entre 29,3 % (PBLA) y 51,8 % (PBEL). Este último valor se determinó por la presencia de coberturas extensas de *S. siderea* y *P. astreoides* a lo largo de la mayoría del transecto. Por otra parte, la cobertura de las macroalgas alcanzó un valor mínimo de 18,9 % (PBEL) y uno máximo de 31,5 % (PBLA). En cuanto al sustrato abiótico, las estaciones PBLA y PBEL mostraron las mayores coberturas, con 32,5 % y 23,6 %, respectivamente, en tanto que PBOL registró la menor, con 13,1 %. Las esponjas alcanzaron un valor mínimo de cobertura de 5,4 % en la estación PBEL, mientras el

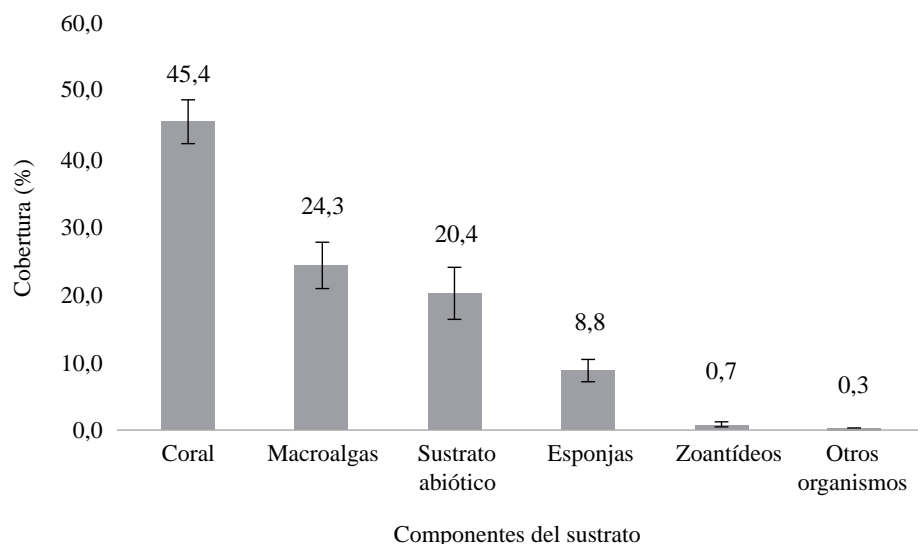


Figura 2. Promedio y error estándar de la cobertura de los principales componentes del sustrato en la región de San Antero

Tabla 2. Lista de corales escleractinios y milleporinos registrados en la región de San Antero (Caribe colombiano)

Familia	Especie	Formaciones coralinas de San Antero		
		Punta Bello	Punta Bolívar	Playa Blanca
Milleporidae	<i>Millepora squarrosa</i> (Lamarck, 1816)	1	1	
Agariciidae	<i>Agaricia tenuifolia</i> (Dana, 1846)	1	1	
Siderastreaeidae	<i>Siderastrea radians</i> (Pallas, 1766)	1	1	1
	<i>Siderastrea siderea</i> (Ellis & Solander, 1786)	1	1	1
Montastraeidae	<i>Montastraea cavernosa</i> (Linnaeus, 1767)		1	
Astrocoeniidae	<i>Stephanocoenia intersepta</i> (Esper, 1795)	1	1	1
Meandrinidae	<i>Dichocoenia stokesii</i> (Milne Edwards & Haime, 1849)		1	
	<i>Meandrina meandrites</i> (Linnaeus, 1758)		1	
Poritidae	<i>Porites astreoides</i> (Lamarck, 1816)	1	1	1
	<i>Porites divaricata</i> (Le Sueur, 1820)	1	1	1
	<i>Porites furcata</i> (Lamarck, 1816)	1	1	
Faviidae	<i>Favia fragum</i> (Esper, 1795)	1	1	
	<i>Diploria labyrinthiformis</i> (Linnaeus, 1758)	1		
	<i>Pseudodiploria clivosa</i> (Ellis & Solander, 1786)	1	1	
	<i>Pseudodiploria strigosa</i> (Dana, 1846)		1	
	<i>Isophyllia sinuosa</i> (Ellis & Solander, 1786)	1	1	
Total		12	15	5

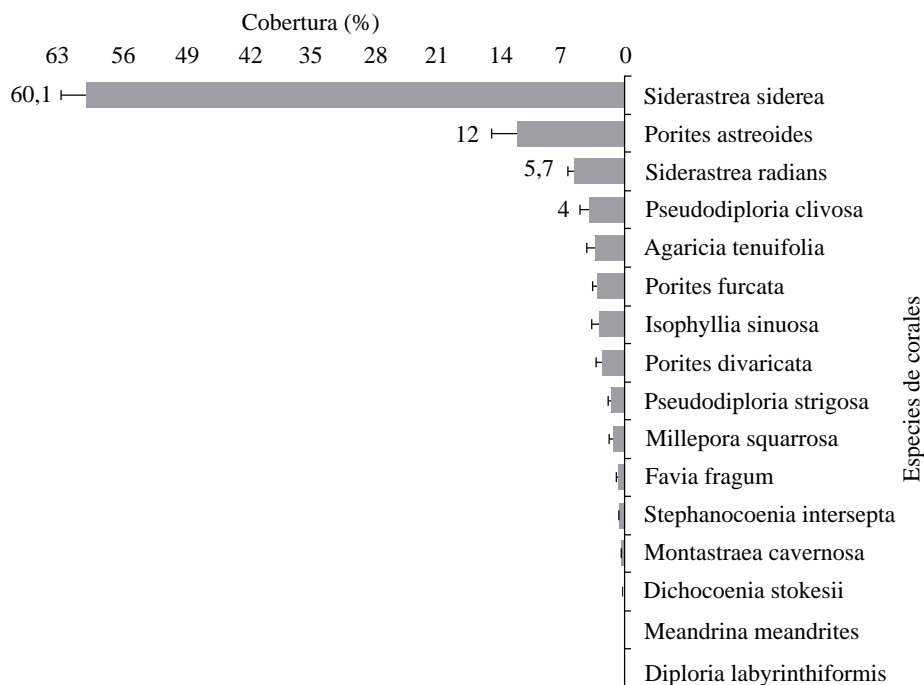


Figura 3. Promedio y error estándar de la cobertura de las especies de corales registradas en el área de estudio

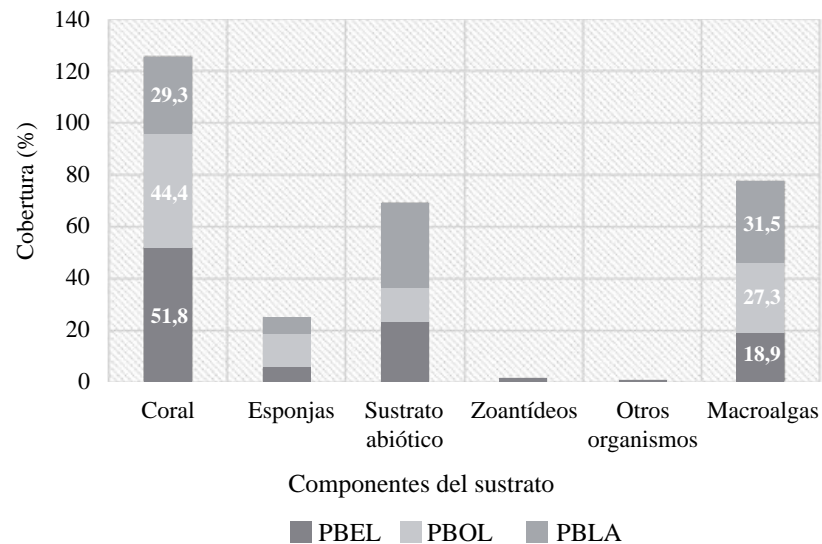


Figura 4. Porcentaje de cobertura promedio de los principales componentes del sustrato en el área de estudio. PBEL: Punta Bello, PBOL: Punta Bolívar, PBLA; Playa Blanca

valor máximo se presentó en PBOL (12,9 %). Se observaron dos especies de zoantídeos, *Palythoa caribaeorum* (72,8 %) y *Parazoanthus* sp. (27,2 %). No se registró la presencia de zoantídeos en las estaciones PBEL y PBLA, y su cobertura máxima se observó en PBOL (1,7 %) (**Figura 4**).

El dendrograma de dos vías permitió definir en los muestreos la formación de dos grupos: uno conformado por las localidades de PBEL y PBOL, y otro correspondiente a PBLA. En el grupo (PBEL-PBOL) las especies características fueron siete (7): *Agaricia tenuifolia*, *P. clivosa*, *Porites furcata*, *Isophyllia sinuosa*, *Favia fragum* y el hidrocoral *Millepora squarrosa*, registrando el rango de distribución coralina más amplio en la región. El grupo de (PBLA) compartió cinco especies con el resto de localidades: *S. radians*, *S. siderea*, *P. divaricata*, *P. astreoides* y *Stephanocoenia intersepta*. Por otro lado, se registraron especies exclusivas como *Pseudodiploria strigosa*, *Dichocoenia stokesii*, *Meandrina meandrites* y *Montastraea cavernosa* en Punta Bolívar, en tanto que *Diploria labyrinthiformis* lo fue para PBEL (**Figura 5**).

Discusión

Los resultados indican que en la región de San Antero se registraron 15 de las 57 especies de corales escleractinios reportadas en el Caribe colombiano (**Figura 6**), según la recopilación de **Reyes, et al.** (2010). El reducido número de especies de corales obtenido (15 escleractinios y un milleporino) puede ser el resultado de la turbidez del agua y, quizás, de la elevada tasa de sedimentación proveniente del río Sinú durante la mayor parte del año, lo que restringiría la fijación de las larvas y el crecimiento y desarrollo de los corales (**Pinzón, et al., 1998; López-Victoria, et al., 2000a; Birrell, et al., 2005**). No obstante, en estudios realizados en otras áreas coralinas de la plataforma continental del Caribe colombiano se ha registrado una riqueza similar o ligeramente mayor: 14 especies en Isla Arena (**Pinzón, et al., 1998**), 19 en Bahía Portete (**Solano, 1994**), 21 en Isla de Barú (**Solano, et al., 1995**), 21 en Isla Tortuguilla (**López-Victoria, et al., 2000b**) y 27 Isla Fuerte (**Díaz, et al., 1996**).

Los datos de cobertura obtenidos muestran que en el momento del estudio el coral vivo y las macroalgas eran los componentes de mayor importancia en el área de estudio. Este patrón coincide con los resultados de varios estudios realizados en la última década en otras áreas del Caribe colombiano (**Rodríguez-Ramírez & Garzón-Ferreira, 2003**;

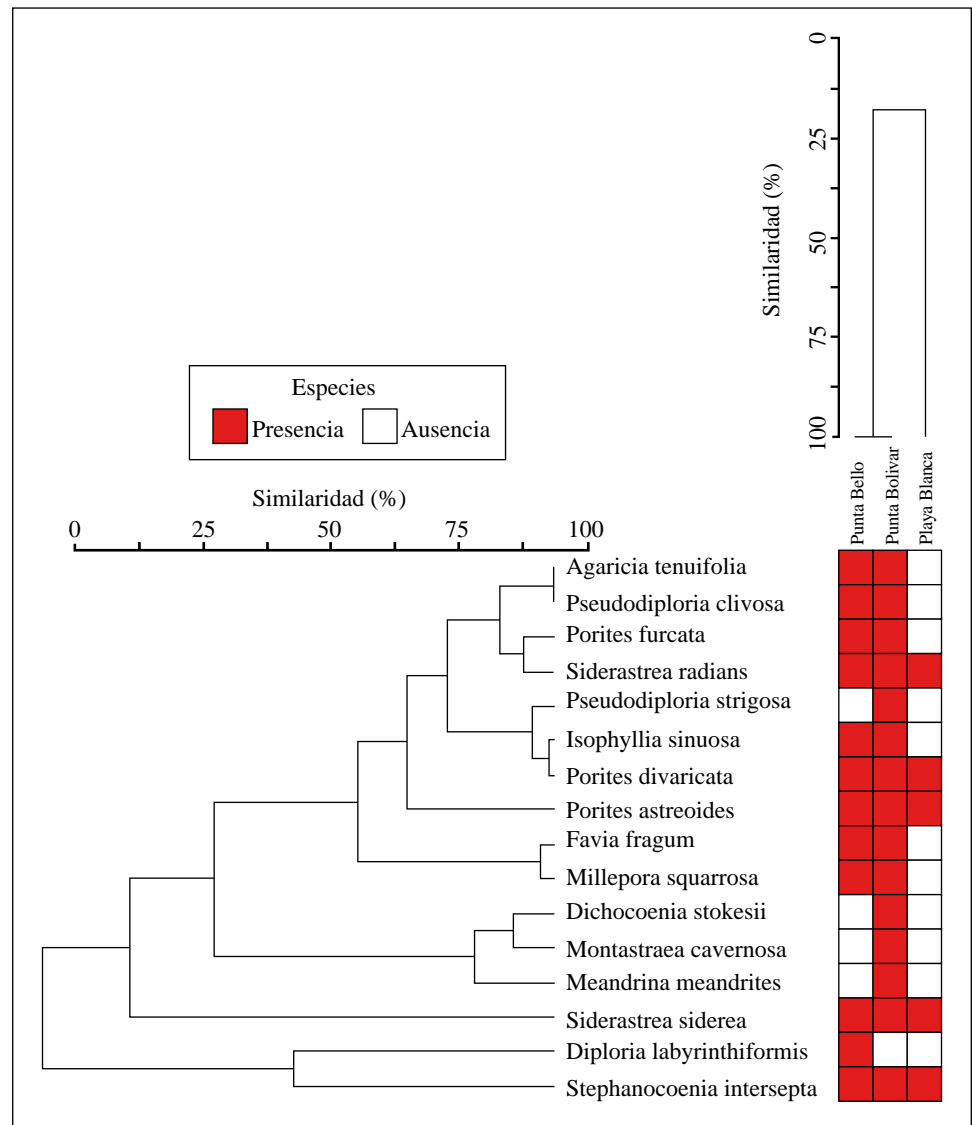


Figura 5. Dendrograma de doble vía relacionando los tres sectores con las especies coralinas registradas en la región de San Antero (Caribe colombiano)

Martínez & Acosta, 2005; Vega-Sequeda, *et al.*, 2008). Las macroalgas se catalogan como un componente importante en el fondo marino de la región, con un promedio de cobertura de 24,3 %, y se encontraron por debajo de los valores obtenidos en otros estudios (entre 46 y 60 %) (Martínez & Acosta, 2005; Vega-Sequeda, *et al.*, 2008). Teniendo en cuenta que los factores de estrés coralino presentes en la región, como la contaminación, sedimentación y reducción de herbívoros, pueden favorecer el desarrollo macroalgal (Carpenter, 1986; McCook, 1999), se prevé que la cobertura de macroalgas aumente con el tiempo.

En cuanto a las estaciones, las macroalgas alcanzaron el valor más bajo en PBEL, la cual está alejada de la costa y tiene un menor grado de afectación antropogénica. En contraste, el valor más alto de esta categoría en PBLA probablemente esté asociado con la influencia del turismo local y la urbanización, lo que sugeriría que el alto porcentaje de cobertura macroalgal se relaciona con las actividades humanas y el aporte de nutrientes provenientes de las descargas de aguas continentales y, quizás, con el deterioro del coral

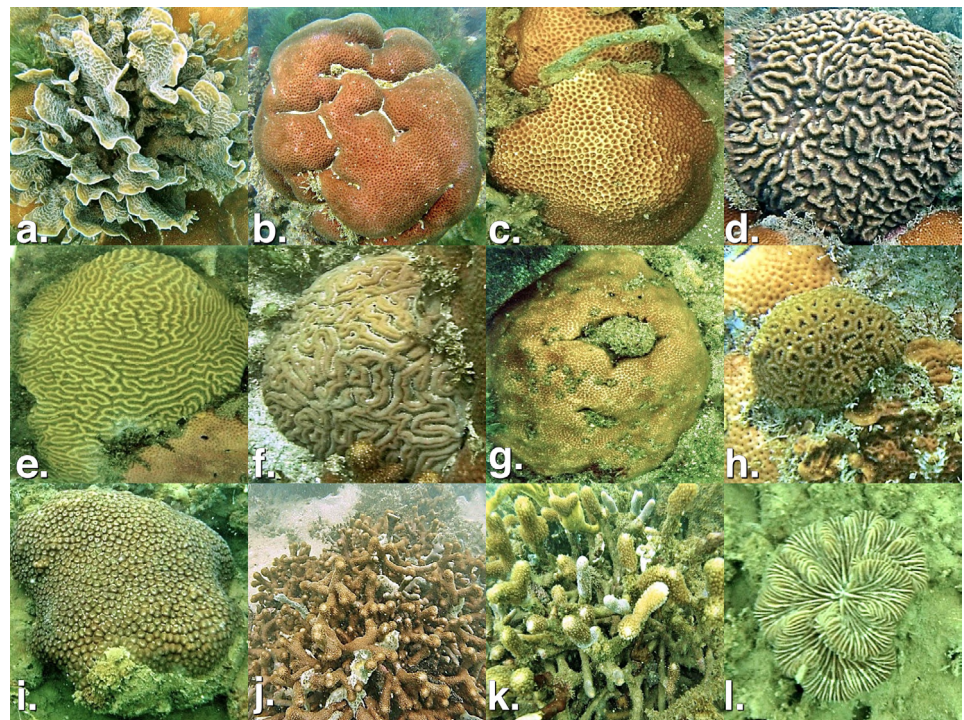


Figura 6. Algunos corales escleractinios de la región de San Antero. a. *Agaricia tenuifolia*. b. *Siderastrea siderea*. c. *Siderastrea radians*. d. *Isophyllia sinuosa*. e. *Diploria strigosa*. f. *Diploria labyrinthiformis*. g. *Stephanocoenia intersepta*. h. *Flavia fragum*. i. *Montastraea cavernosa*. j. *Porites divaricata*. k. *Porites furcata*. l. *Meandrina meandrites*

en este último sector. Autores como **Zea** (1994), **Martínez & Acosta** (2005) y **Vega-Sequeda, et al.** (2008) han registrado alteraciones en las formaciones coralinas de la región de Santa Marta que implican mortalidad coralina y reemplazo de los corales por algas y esponjas como resultado de las condiciones de estrés, principalmente en aquellas formaciones cercanas a centros urbanos.

En el presente estudio se registró un promedio de cobertura coralina de $45,4 \% \pm 3,16$, resultado que se encuentra por encima de lo descrito por otros autores como **Garzón-Ferreira, et al.** (2002), **Martínez & Acosta** (2005), **Vega-Sequeda, et al.** (2008) y **Acevedo** (2010) en otras áreas coralinas del Caribe colombiano a nivel somero: Islas del Rosario (estaciones Tesoro y Pavitos), Islas de San Bernardo (estaciones Ceycén y Minalta), Urabá chocono (estación Cabo Tiburón) y la región de Santa Marta (estaciones Santa Marta, Punta de Betín y Morro de Santa Marta) (**Tabla 3**). Por lo tanto, debe prestarse especial atención al manejo y protección de estos sectores, ya que podrían ser claves en el mantenimiento de las comunidades coralinas y organismos asociados en esta región cordobesa.

En la formación coralina de San Antero, al igual que en otras áreas de condiciones semejantes en el Caribe colombiano (**Díaz, et al.,** 1996; **Pinzón, et al.,** 1998; **López-Victoria, et al.,** 2000a), los corales han desarrollado diversos mecanismos para contrarrestar el estrés producido por las condiciones adversas. *S. siderea* forma extensos parches con colonias de gran tamaño y aspecto globoso. Este tipo de crecimiento se muestra como una estrategia importante para contrarrestar la acumulación de sedimentos (**Cortés & Risk,** 1984; **De la Guardia, et al.,** 2001). Asimismo, la especie se considera colonizadora de espacios libres y presenta varios ciclos reproductivos por año, amplio rango de dispersión y altas tasas de fecundidad. *P. clivosa* y *P. astreoides* desarrollan colonias en forma de costras recubrientes que son capaces de eliminar sedimentos acumulados mediante la producción de altas cantidades de mucus, además de limpiar sus colonias (**Sullivan, et al.,** 1994).

Tabla 3. Lista de algunos valores de porcentaje de cobertura coralina registrados para el Caribe colombiano a nivel somero

Fuente / Coral vivo (%)	Región de San Antero			Islas del Rosario		Islas de San Bernardo		Urabá Chocoano			Región de Santa Marta			
	PBEL	PBOL	PBLA	TES	PAV	CEY	MIN	CTIB	AGU	STM	PBT	MSM	MRO	PYBL
Garzón-Ferreira, <i>et al.</i> (2002)				45	31	37	33	36	47					
Martínez y Acosta (2005)											14,3	15,3		
Vega-Sequeda, <i>et al.</i> (2008)											4	10,7	18,5	27,5
Acevedo-Valencia (2010)										21,5				
Presente estudio*	51,8	44,4	29,3											

Región de San Antero; PBEL: Punta Bello, PBOL: Punta Bolívar, PBLA: Playa Blanca. Isla de Rosario; TES: Isla Tesoro, PAV: Isla Pavitos. Islas de San Bernardo; CES: Isla Ceycén, MIN: Bajo Minalta. Urabá chocoano; CTIB: Cabo Tiburón, AGU: Ensenada El Aguacate. Región de Santa Marta; STM: Santa Marta, PBT: Punta Betún, MSM: Morro Santa Marta, MRO: Morro Rodadero, PYBL: Playa Blanca

Según **Bak & Elgershuizen** (1976), este tipo de crecimiento se considera fundamental para aprovechar la escasa energía lumínica en condiciones de alta sedimentación y turbidez. Por último, *A. tenuifolia* con un crecimiento en forma de láminas verticales, representa una estrategia eficiente para evitar la acumulación de sedimentos de sus colonias, lo que explica su presencia, especialmente en los sectores de Punta Bello y Punta Bolívar.

La configuración espacial de las formaciones coralinas de San Antero parece responder a la dirección de los vientos alisios y la intensidad del oleaje y las corrientes, que relega esta comunidad en forma de parches discontinuos a profundidades entre 3 y 8 m. Según **Sheppard** (1982), la distribución de las especies está condicionada por varios factores, entre los que se destacan la sedimentación, la disponibilidad de luz, y el movimiento del agua, entre otros. El análisis de clasificación de doble vía generó el agrupamiento de los sectores de acuerdo a la composición de las especies, las cuales son favorecidas o limitadas por las condiciones del entorno. La asociación de PBEL, PBOL y PBLA se dio porque todas ellas comparten un predominio de *S. intersepta*, *S. siderea*, *S. radians*, *P. divaricata* y *P. astreoides*, especies que han sido caracterizadas como resistentes frente a los procesos de sedimentación y asociadas a ambientes someros con influencia continental (**Díaz, et al.**, 2000b). De otro lado, PBOL se caracterizó por la presencia de especies exclusivas como *M. cavernosa*, *M. meandrites* y *D. stokesii*, las cuales se han reportado frecuentemente en zonas por debajo de los 5 m de profundidad con elevada sedimentación y baja intensidad lumínica (**Garzón & Cano**, 1991; **Pinzón, et al.**, 1998), características provocadas en este sector por el oleaje y la cercanía a descargas continentales. En PBEL se registró como especie exclusiva *D. labyrinthiformis*, que se ha asociada a ambientes someros, con oleaje medio y esqueletos de coral (**Díaz, et al.**, 2000b), condiciones que prevalecen en este sector y que seguramente permiten el establecimiento y desarrollo de este coral.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio indicaron que el estado de las formaciones coralinas en la región de San Antero era bueno, a pesar del bajo número de especies registradas. Asimismo, las formaciones coralinas ubicadas en PBEL y PBOL estaban en mejor estado que la comunidad coralina de PBLA, ya que esta registró un evidente deterioro, probablemente causado por factores antropogénicos y el aporte de nutrientes provenientes del río Sinú. La información que aquí se presenta permite un panorama más completo de los principales componentes arrecifales bentónicos del golfo de Morrosquillo, por lo que se sugiere tener un especial cuidado con las formaciones coralinas de San Antero en el corto plazo, ya que estas pueden estar desempeñando un papel fundamental para el mantenimiento de la biodiversidad marina de la región.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la Universidad de Córdoba a través de proyecto “Diversidad de invertebrados en Córdoba, Caribe colombiano”, y contó con el apoyo del Instituto de Estudios en Ciencias del Mar, CECIMAR, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe. También agradecemos a la Dra. Clara Sierra Díaz por el apoyo logístico brindado. Por último, hacemos un reconocimiento especial a la Asociación de Caimaneros, ASOCAIMAN, por toda su colaboración y apoyo en la fase de campo. Contribución N.º 329 del Instituto de Estudios en Ciencias del Mar, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe.

Contribución de los autores

RRR: muestreos, análisis de laboratorio y procesamiento de la información; JAQ y NHC: diseño, análisis y redacción del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Acevedo, D.** (2010). Estado actual de las formaciones coralinas en la región de Santa Marta, Bahía de Gaira y el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano. Trabajo de Grado. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, p. 38-57.
- Bak, R. P. & Elgershuizen, J. H. B. W.** (1976). Patterns of oil-sediment rejections in corals. *Marine Biology*. **37**: 105-113.
- Birrell, C. L., McCook, L. J., Willis, B. L.** (2005). Effects of algal turfs and sediment on coral settlement. *Marine Pollution Bulletin*. **51**: 408-414.
- Brown, B. E.** (1997). Disturbances to reefs in recent times. En: C. Birkeland (Ed.). *Life and death of coral reefs* (p. 354-379). Nueva York, Estados Unidos: Chapman and Hall. p. 536.
- Buddemeier, R., Kleypas, J., Aronson, J.** (2004). Coral reefs and global climate change: Potential contributions of climate change to stresses on coral reef ecosystems. Arlington, Estados Unidos: Pew Center on Global Climate Change. p. 56.
- Carpenter, R.** (1986). Partitioning herbivory and its effects on coral reefs algal communities. *Ecological Monographs*. **56** (4): 345-363.
- Cortés, J. & Risk, M.J.** (1984). El arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*. **32**: 109-121.
- Cortés-Castillo, D.V. & Rangel-Ch, J.O.** (2011). Los bosques de mangle en un gradiente de salinidad en la bahía de Cispatá - Boca tinajones, departamento de Córdoba - Colombia. *Caldasia*. **33** (1): 155-176.
- CVS-INVEMAR.** (2010). Plan integral de manejo del Distrito de Manejo Integrado (DMI) bahía de Cispatá - La Balsa - Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río Sinú, departamento de Córdoba. Santa Marta, Colombia: INVEMAR, serie de publicaciones especiales No. 18.
- De la Guardia, E, González-Díaz, P., Trelles, J.** (2001). Macrobentos del arrecife coralino adyacente al Río Almendares, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*. **22** (3): 167-178.
- Díaz, J. M., Barrios, L. M., Cendales, M. H., Garzón-Ferreira, J., Geister, J., López-Victoria, M., Ospina, D.H., Parra-Velandia, F., Pinzón, J., Vargas-Angel, B., Zapata, F.A., Zea, S.** (2000a). Áreas coralinas de Colombia. Santa Marta, Colombia: INVEMAR, serie publicaciones especiales No 5. p. 176.
- Díaz, J. M., Díaz-Pulido, G., Sánchez, J. A.** (2000b). Distribution and structure of the southernmost Caribbean coral reef: Golfo de Uraba, Colombia. *Scientia Marina*. **64** (3): 327-336.
- Díaz, J. M., Garzón-Ferreira, J., Zea, S.** (1995). Los arrecifes coralinos de la Isla de San Andrés, Colombia: estado actual y perspectivas para su conservación. Bogotá, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales. p. 147.
- Díaz, J. M., Sánchez, J. A., Díaz-Pulido, G.** (1996). Geomorfología y formaciones arrecifales recientes de Isla Fuerte y Bajo Bushnell, plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. **25**: 87-105.

- Garzón-Ferreira, J.** (1997). Arrecifes coralinos: ¿Un tesoro camino a la extinción? *Ciencia y Tecnología*. **15** (1): 11-19.
- Garzón-Ferreira, J. & Cano, M.** (1991). Tipos, distribución, extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos del Parque Nacional Natural Tayrona. Santa Marta, Colombia: Fondo FEN. p. 82.
- Garzón-Ferreira, J. & Díaz, J. M.** (2003). The Caribbean coral reefs of Colombia. En: J. Cortés (Ed.). *Latin American Coral Reefs (275-301)*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publisher B.V. p. 509.
- Garzón-Ferreira, J. & Kielman, M.** (1994). Extensive mortality of corals in the Colombian Caribbean during the last two decades. En: R. N. Ginsburg (Ed.). *Proceedings of the Colloquium on Global Aspect of Coral Reefs. Health, Hazards and History*. Miami, Estados Unidos: RSMAS, University of Miami. p. 420.
- Garzón-Ferreira, J., Gil-Agudelo, D., Barrios, L., Zea, S.** (2001). Stony coral diseases observed in southwestern Caribbean reefs. *Hydrobiología*. **460**: 65-69.
- Garzón-Ferreira, J., Reyes-Nivia, M. C., Rodríguez-Ramírez, A.** (2002). Manual de métodos del SIMAC: Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. Santa Marta, Colombia: INVEMAR. p. 57.
- Hill, J. & Wilkinson, C.** (2004). *Methods for Ecological Monitoring for Coral Reefs. A Resource for Managers*. Global Coral Reef Monitoring Network. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science. p. 117.
- Hollock, P., Müller-Karger, F. E., Halas, J. C.** (1993). Coral Reef Decline -Anthropogenic Nutrients and the Degradation of Western Atlantic and Caribbean Coral Reefs. *Research and Exploration*. **9** (3): 358-378.
- Humann, P. & DeLoach, N.** (2002). Reef coral identification Florida, Caribbean, Bahamas. Florida, Estados Unidos: New World Publications. p. 276.
- Knowlton, N.** (2001). The future of coral reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **98** (10): 5419-5425.
- Kohler, K. E. & Gill, S. M.** (2006). Coral point count with Excel extensions (CPCE): a visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & Geosciences*. **32**: 1259-1269.
- López-Victoria, M. & Díaz, J.** (2000a). Morfología y estructura de las formaciones coralinas del Archipiélago de San Bernardo, Caribe Colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. **24** (91): 219-230.
- López-Victoria, M., Díaz, J., Márquez, J. C.** (2000b). Las formaciones coralinas de Isla Tortuguilla (Caribe Colombiano). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. **29**: 51-58.
- Márquez, G.** (1996). Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Bogotá, Colombia: Fondo FEN. p. 211.
- Martínez, S. & Acosta, A.** (2005). Cambio temporal en la estructura de la comunidad coralina del área de Santa Marta - Parque Nacional Natural Tayrona (Caribe Colombiano). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. **34**: 161-191.
- McCook, L.** (1999). Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: Scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*. **18** (4): 357-367.
- McCune, B. & Mefford, M. J.** (1999). *Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4.0*. Oregon (Glenden Beach), Estados Unidos: MJM Software Design. p. 237.
- Molina, A., Molina, C., Giraldo, L., Parra, C., Chevillot, P.** (1994). Dinámica marina y sus efectos sobre la geomorfología del Golfo de Morrosquillo. *Boletín Científico CIOH*. **14**: 93-112.
- Patiño, F. & Flórez, F.** (1993). Estudio ecológico del golfo de Morrosquillo. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia y Fondo FEN. p. 109.
- Pinzón, J., Perdomo, A., Díaz, J.** (1998). Isla arena, una formación coralina saludable en el área de influencia de la pluma del río Magdalena, plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. **27**: 21-27.
- Prahl, H. & Erhardt, H.** (1985). Colombia. Corales y Arrecifes Coralinos. Bogotá, Colombia: Fondo FEN. p. 295.
- Reyes, J., Santodomingo, N., Flórez, P.** (2010). Corales escleractinios de Colombia. Santa Marta, Colombia: INVEMAR, serie de publicaciones especiales No. 14. p. 246.
- Rodríguez-Ramírez, A. & Garzón-Ferreira, J.** (2003). Monitoreo de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares en la bahía de Chengue (Caribe colombiano):1993-1999. Santa Marta, Colombia: INVEMAR, serie de Publicaciones especiales No. 8. p. 170.

- Sánchez-Páez, H., Ulloa, H., Tavera, H., Gil, W.** (2005). Plan de manejo integral de los manglares de la zona de usos sostenible del sector estuarino de la bahía de Cispatá, departamento de Córdoba - Colombia. Bogotá, Colombia: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). p. 202.
- Sheppard, C. R. C.** (1982) Coral populations on reef slopes and their major controls. *Marine Ecology Progress Series*. **7**: 83-115.
- Solano, O. D.** (1994). Corales, formaciones arrecifales y blanqueamiento de 1987 en Bahía Portete (Guajira, Colombia). *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*. **23**: 149-163.
- Solano, O. D., Guzmán, A., Navas, G., Camargo, T.** (1995). Caracterización rápida de comunidades ícticas y coralinas (Isla Barú, Caribe colombiano). *Boletín Ecotrópica*. **29**: 21-40.
- Sullivan, K. M., Chiappone, M., Lott, C.** (1994). Abundance patterns of stony corals on platform margin reef of the Caicos Bank. *Bahamas Journal of Science*. **1** (3): 1-12
- Vega-Sequeda, J., Rodríguez-Ramírez, A., Reyes-Nivia, M. C., Navas-Camacho, R.** (2008). Formaciones coralinas del área de Santa Marta: Estados y patrones de distribución espacial de la comunidad bentónica. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. **37** (2): 87-105.
- Werding, B. & Sánchez, H.** (1988). Deterioro observado en las formaciones coralinas de la bahía de Santa Marta, Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*. **18**: 9-16.
- Zea, S.** (1994). Patterns of coral and sponge abundance in stressed coral reefs at Santa Marta, Colombian Caribbean. En: R. van Soest, T. van Kempen & J. Braekman. (Eds.). *Sponges in Time and Space: Biology, Chemistry, Paleontology*. (p. 257-264). Rotterdam, Netherlands: Balkema. p. 515.