



**Descripción de las comunidades coralinas en el área de Bajo San Juan
(San Juan de Urabá, Antioquia)**

Carlos Alberto Nobles Chocue

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ecólogo de Zonas Costeras

Director

Fernando José Parra-Velandia Dr.Sc.

Universidad de Antioquia
Corporación Académica Ambiental
Ecología de Zonas Costeras
Turbo, Antioquia, Colombia

2023

Cita	(Nobles, 2023)
Referencia	Nobles, C. A. (2018). <i>Descripción de las comunidades coralinas en el área de Bajo San Juan (San Juan de Urabá, Antioquia)</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Turbo, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Biblioteca Sede Ciencias del Mar (Turbo)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi Madre Ana Elia Chocue, a mi Hermano Jhon Jair Hernández y a mi Padre Abel Nobles, Gracias por tanto y perdónen por tan poco.

Agradecimientos

A la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (CORPOURABA, Contrato de Aprendizaje N° 200-10-01-12-0288-2021). A la Universidad de Antioquia y sus grupos de investigación GEOc-GISMAC (COL0142485) y al licenciado Inocencio Moreno Roa por la financiación de esta investigación.

Asimismo, quiero extender mis agradecimientos a mi asesor el Doctor Fernando José Parra-Velandia, a los funcionarios de Corpouraba Lucas Pérez y Kelis Hinestroza. A mis compañero y amigos Ferley Andrés Moreno, Carlos Sisquiarco, María Elena Alvarez, Juan Guillermo Torres, Diomer Tobón y Nicolas Gómez sin ustedes este trabajo, no hubiera sido posible. Por último, pero no menos importante, quiero agradecerme por creer en mí, por hacer todo este trabajo duro, por no tener días libres, por nunca renunciar, por siempre haber dado e intentar dar más de lo que recibo. A toda la gente que estuvo a mi alrededor desde el comienzo, algunos siguen hasta hoy a todos ellos “Gracias Totales”.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Objetivos	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos.....	14
Materiales y métodos	15
Área de estudio.....	15
Métodos.....	16
Fase de campo.....	16
Ubicación y extensión.....	17
Fase de laboratorio.....	17
Resultados	18
Discusión.....	24
Conclusiones	27
Recomendaciones.....	28
Referencias	29

Lista de tablas

Tabla 1 Composición taxonómica de los principales ocupantes de fondos duros encontrados en el Bajo San Juan.....	23
---	----

Lista de figuras

Figura 1 Localización del área de estudio.....	15
Figura 2 Ubicación geográfica y área estimada del bajo San Juan. Se incluye la ubicación aproximada de los transectos.....	18
Figura 3 Unidad ecológica <i>Agaricia</i> spp - Corales mixtos (Agar-Cmix) (a y b) y blanqueamientos observados en <i>Siderastrea siderea</i> (c) y (d).....	19
Figura 4 Perfiles de temperatura y salinidad de la primera campaña de monitoreo en el área de estudio.....	20
Figura 5 Perfiles de temperatura y salinidad de la segunda campaña de monitoreo en el área de estudio.....	21
Figura 6 Cobertura absoluta de los principales componentes del fondo (n=4).....	22
Figura 7 Algunas de las especies encontradas en el Bajo San Juan; A: <i>Amphimedon viridis</i> b: <i>Undaria agaricites</i> c: <i>Aplysina fulva</i> d: <i>Porites astreoides</i> e: <i>Erythropodium caribaeorum</i> f: <i>Helioseris cucullata</i> g: <i>Orbicella faveolata</i> h: <i>Siderastrea siderea</i> i: <i>Amphiroa fragilissima</i>	22
Figura 8 Coberturas absolutas de los ocupantes de los fondos duros y se incluye arena como categoría adicional (n=4).....	23

Resumen

Los arrecifes de coral son estructuras construidas por organismos sésiles que modifican el fondo marino e influencias las propiedades ecológicas y físicas del medio que los rodea. y están constituidos por una gran variedad de organismos que interactúan entre sí y con su entorno físico dando como resultado comunidades estrechamente relacionadas que se desarrollan normalmente en condiciones de aguas cálidas con salinidades estables. Sin embargo, se tiene registro de formaciones coralinas en zonas influenciadas por descargas de ríos, donde las condiciones para su crecimiento son subóptimas. Este trabajo presenta una primera descripción de las comunidades coralinas (corales, esponjas y macroalgas) en el área de Bajo San Juan (San Juan De Urabá, Antioquia) en términos de su composición, cobertura de sus componentes de fondo, ubicación y extensión aproximada. Para la caracterización de estas comunidades, se realizaron transectos paralelos a la profundidad utilizando cintas métricas plásticas de 30 metros de longitud y se tomaron registros fotográficos de las especies. Se determinó que el Bajo San Juan ($8^{\circ} 52' 58.6''$ N $76^{\circ} 30' 29.7''$ O) tiene una extensión de 2215 metros cuadrados y se ubica a unos 7 km de la costa. Allí se registraron 14 especies de corales, 6 especies de esponjas y 3 especies de macroalgas. La cobertura de los componentes de fondo estuvo dominada por coral muerto ($40,9 \pm 23$ %), cascajo ($27,4\% \pm 37$ %), coral vivo ($13,7 \pm 9$ %) y arena ($13,7 \pm 12$ %), mientras la cobertura de las especies bentónicas estuvo dominada por macroalgas (71,8%), esponjas ($1,4 \pm 2,6$ %) y corales (14,7 %), estos últimos representados por *Undaria agaricites* ($8,2 \pm 8,5$ %) y *Orbicella faveolata* ($2.3 \pm 4,6\%$).

Palabras clave: Bajo San Juan, macroalgas, corales, esponjas, composición.

Abstract

Coral reefs are structures built by sessile organisms that modify the seabed and influence the ecological and physical properties of the surrounding environment. They are made up of a wide variety of organisms that interact with each other and their physical environment, resulting in closely related communities that typically develop in warm water conditions with stable salinities. However, coral formations have been observed in areas influenced by river discharges, where the conditions for their growth are suboptimal. This study presents a first description of the coral communities (corals, sponges, and macroalgae) in the area of Bajo San Juan (San Juan De Urabá, Antioquia) in terms of their composition, coverage of bottom components, location, and approximate extent. To characterize these communities, parallel transects were performed using 30-meter-long plastic measuring tapes and photographic records of the species were taken. It was determined that Bajo San Juan ($8^{\circ} 52' 58.6''$ N $76^{\circ} 30' 29.7''$ W) has an approximate area of 2215 square meters and is located about 7 km from the coast. There, 14 species of corals, 6 species of sponges, and 3 species of macroalgae were recorded. The coverage of bottom components was dominated by dead coral ($40.9 \pm 23\%$), rubble ($27.4\% \pm 37\%$), live coral ($13.7 \pm 9\%$), and sand ($13.7 \pm 12\%$), while the coverage of benthic species was dominated by macroalgae (71.8%), sponges ($1.4 \pm 2.6\%$), and corals (14.7%), the latter represented by *Undaria agaricites* ($8.2 \pm 8.5\%$) and *Orbicella faveolata* ($2.3 \pm 4.6\%$).

Keywords: Bajo San Juan, macroalgae, corals, sponges, composition.

Introducción

Los arrecifes de coral son estructuras construidas por organismos sésiles que modifican la topografía del lecho marino e influyen las propiedades físicas y ecológicas del medio circundante. Estos tienen la capacidad de formar hábitats duraderos y característicamente estructurados para albergar organismos como algas, cnidarios y poríferos, que presentan adaptaciones que les permiten interactuar y dar forma a este ecosistema (Schuhmacher, 1982; Kaiser et al., 2011). Estos ecosistemas tardan de cientos a miles de años en formarse, y su desarrollo ocurre por el trabajo asociado de múltiples organismos y de complejos procesos fisicoquímicos y geológicos que ocurren bajo unas condiciones óptimas como aguas cálidas con bajos nutrientes, alta transparencia y salinidades entre 33 y 36 psu (Díaz et al., 2000). Sin embargo, existen formaciones coralinas que se desarrollan en zonas de alta sedimentación o influenciadas por descargas de ríos, donde las condiciones para su crecimiento son subóptimas (Francini-Filho et al., 2018; Pizarro et al., 2017).

Los ecosistemas arrecifales son comunidades marinas complejas que se desarrollan entorno a los arrecifes de coral compuestos por especies de cnidarios cuyas colonias de pólipos construyen estructuras calcáreas (Ardila et al., 2002; Díaz-Pulido et al., 2004; Zambrano et al., 2022). Los organismos formadores de arrecifes coralinos comprenden, como ya se dijo, a los corales, a las algas calcáreas y a los grupos de invertebrados cuyos esqueletos, conchas y partes de carbonato de calcio se cementan por acción de las esponjas y las bacterias, para formar el edificio coralino. Entre ellos, los más importantes por su aporte en carbonato de calcio son los corales (Reyes et al., 2010; Díaz et al., 2000). Estos organismos pueden formar ensamblajes discretos de especies que se encuentran juntas en un área determinada y que pueden ser fácilmente identificadas y distinguibles de otros grupos de especies en la misma área, y que pueden ser influenciados por factores ambientales, históricos o biológicos (Navas et al., 2010; Baird et al., 2013). Las unidades ecológicas de los arrecifes coralinos son representadas por la unión entre los rasgos bióticos en conjunto con su posición respecto a la geomorfología del lugar y su presencia y distribución responde a procesos hidrográficos y biológicos (Díaz et al., 2000; Invemar, 2023).

Los arrecifes presentan una zonación física característica definida por especies adaptadas a factores físicos específicos como energía mecánica (oleaje y corrientes), exposición a la luz y profundidad, además de condicionamientos biológicos como disponibilidad de larvas y sustratos (Díaz, 2005; Colvard y Edmunds, 2011). Las comunidades arrecifales son mosaicos irregulares de colonias coralinas separadas que sirven como hábitat a organismos sésiles y vágiles, y están constituidas por una gran variedad de organismos que interactúan entre sí y con su entorno físico (sedimentos, escombros coralinos y rocas) dando como resultado comunidades estrechamente relacionadas (Garzón-Ferreira, 1997; Díaz et al., 2000; Bruno y Selig, 2007).

La importancia ecológica y económica de los arrecifes coralinos radica en su alta biodiversidad, elevada producción biológica y por la protección que proveen a las costas frente a la erosión causada por el fuerte oleaje y, además, al papel que juegan como hábitat de importantes recursos ícticos (Díaz et al., 2000; Costanza et al., 2014).

En la actualidad se ha evidenciado un deterioro progresivo y avanzado de los arrecifes coralinos especialmente en el Caribe, que se atribuye a múltiples factores como la sobrepesca, la sedimentación, la eutrofización y el calentamiento global (Coca et al., 2018), y por lo tanto los estudios sobre el estado y distribución para los países del caribe, se ha convertido en una prioridad (Domínguez et al., 2010; Gómez-López et al., 2018), para así tomar medidas de prevención y conservación de estos (Franke et al., 2014).

La existencia de formaciones coralinas en lugares con condiciones atípicas para su desarrollo ha sido reportada en lugares como la desembocadura del Río Amazonas un área de aproximadamente 56,000 km² denominada Gran Sistema Arrecifes del Amazonas compuesto por plataformas y paredes arrecifales, lechos de rodolitos y fondos de esponjas en los cuales se han reportado 38 especies de coral 27 octocorales, nueve escleractinios, un hidrocoral y un coral negro (Moura et al., 1999; Cordeiro et al., 2015; Francini-Filho et al., 2018; Mahiques et al., 2019).

También se ha reportado su presencia en los márgenes occidentales de la isla Inhaca, al sur de Mozambique a lo largo del estuario de la bahía de Maputo compuestos por colonias de los géneros *Porites*, *Acropora*, *Favia*, *Platygyra*, *Pocillopora* y *Montipora* que colonizan el sustrato disponible hasta los 6 m de profundidad (Perry, 2003).

Otro ejemplo ocurre en Paluma Shoals, plataforma central de la Gran Barrera Australiana, una zona influenciada por los sedimentos fluviales terrigenoclasticos, que se extiende a más de 400 m hacia el mar y 750 m a lo largo de la línea de costa dominada por una planicie arrecifal de microatolones de *Coelastrea aspera* (Verrill, 1866) y donde la pendiente desciende abruptamente es dominada por *Turbinaria reniformis* Bernard, 1896 y *Porites sp.* (Smithers y Larcombe, 2003).

La costa continental del Caribe colombiano presenta zonas con condiciones ambientales favorables para el asentamiento y desarrollo de comunidades coralinas como Islas de San Bernardo, Islas del Rosario, Isla Fuerte y el PNN Tayrona (Díaz et al., 2000). Adicionalmente se tiene registro de zonas de crecimiento en condiciones atípicas. En Bahía de Portete (La Guajira), el área ocupada por formaciones coralinas es de 5 km² que se distribuyen en el sector sur occidental de la bahía formando mosaicos asociados con las praderas de fanerógamas. En cuanto a su estructura, se registran dos formaciones: una somera (0,5 a 4 m) caracterizada por colonias de *Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758 y *Porites porites* (Pallas, 1766), que se desarrollan sobre el sustrato arenoso entre *Thalassia testudinum* K. D. Koeing, 1805 y una profunda (2 y 7 m) caracterizada por presencia de grandes colonias de *Colpophyllia natans* (Houttuyn, 1772), *Pseudodiploria strigosa* (Dana, 1846) y *Orbicella annularis* (Ellis & Solander, 1786) influenciada por el clima árido de la región que transporta grandes cantidades de partículas que se depositan sobre el mar y contribuyen a su turbidez. (Solano, 1994; Díaz et al., 2000).

Otra formación es la del Banco las Ánimas (Magdalena) que ocupa una franja 8 km de largo y 2 km de ancho con un área ocupada por formaciones coralinas de 7,6 km², antes del inicio del escarpe de la plataforma continental a profundidades de 25 m a 30 m, frente al complejo laguno-estuarino de la Ciénaga Grande de Santa Marta, e influenciado por la pluma del Río Magdalena. Este se encuentra cubierto por algas calcáreas de los géneros *Lithothamnion* y *Gonionlithon*, así como por

colonias *Porites astreoides* Lamarck, 1816, *Agaricia tenuifolia* Dana, 1846 y *Siderastrea siderea* (Ellis & Solander, 1786) (Díaz et al., 1994; Díaz et al., 2000).

Al sur de la anterior, se encuentra Isla Arena (Bolívar) localizada a 8 km de la costa y su formación es resultado de la acumulación de sedimentos y escombros calcáreos, con un área ocupada por formaciones coralinas de 0,1 km² con aguas de alta turbidez y poca disponibilidad de sustratos duros. Se han registrado 33 especies que conforman la comunidad bentónica (14 corales pétreos, 10 macroalgas, cinco zoantídeos, dos fanerógamas marinas, un octocoral y una anémona). En la Isla se identificaron diez zonas ecológicas, cada una dominada por una o más especies, y su distribución está determinada principalmente por el tipo de sustrato y por la energía del oleaje. A los 2 m y 5 m de profundidad se desarrollan estructuras coralinas dominadas por *Acropora palmata* (Lamarck, 1816), *Diploria sp.*, *Millepora complanata* Lamarck, 1816 y *Acropora cervicornis* (Lamarck, 1816) con un porcentaje de cobertura de coral vivo de 26,39 (Pinzón et al., 1998; Díaz et al., 2000; Sierra, 2018).

Frente a la Bahía de Cartagena (6 km al occidente) se encuentra el Bajo Salmedina (Bolívar) que corresponde a tres elevaciones de origen diapírico, influenciadas por los flujos de sedimentos de las aguas servidas de la Bahía de Cartagena y, dependiendo de la época del año, la influencia de las descargas continentales del Río Magdalena. El sustrato en la zona somera (5 m a 10 m) está dominado por escombros y roca calcárea de *Porites porites* y *Acropora cervicornis*, más profundo (30 m) el paisaje esta dominando por colonias del género *Montastraea*; la zona muestra una cobertura de coral vivo del 33,3% (Díaz et al., 2000; Domínguez et al., 2010).

En la misma área se encuentra el arrecife de Varadero en Cartagena (Bolívar), ubicado entre el canal de navegación Bocachica y la isla de Barú, con una superficie aproximada de 1,1 km², compuesto por dos zonas, una dominada por colonias de corales escleractínios, y por terrazas carbonatadas de octocorales dispersos y parches de pastos marinos. Este se encuentra influenciado por la contaminación y sedimentación terrestre que desembocan en la bahía de Cartagena a través del Canal del Dique. Se han identificado 42 corales escleractínios, cuatro especies de hidrocorales y con cobertura del coral vivo de 45% (López-Victoria et al., 2014; Pizarro et al., 2017).

En la región de San Antero (Córdoba), sobre la desembocadura del Río Sinú en la ecorregión Morrosquillo, área con influencia de centros urbanos y el aporte de sedimentos proveniente del Río Sinú, se muestrearon siete estaciones a profundidades de 2 m y 10 m en los sectores de Playa Blanca, Punta Bello y Punta Bolívar. Allí se reportó la presencia de 16 especies de corales 15 escleractínios y un milleporino (Ruidíaz-Ruidíaz et al., 2021).

La Isla Tortuguilla (Córdoba), localizada a 9 km de Puerto escondido tiene un área ocupada por formaciones coralinas de 0,7 km², caracterizada por un alta turbidez y sedimentación, en esta se desarrollan formaciones de arrecifes de parche de tipo montículo a 10 m de profundidad y su paisaje submarino está dominado por conglomerados coralinos con especies asociadas a condiciones subóptimas, se reconocieron cinco unidades ecológicas en las formaciones coralinas con 21 especies de corales pétreos (Díaz et al., 2000; López-Victoria et al., 2000).

El golfo de Urabá presenta una zona con condiciones óptimas para el desarrollo de comunidades coralinas, ubicadas entre Cabo Tiburón frontera con Panamá y Punta Goleta en la costa noroccidental del golfo, compuestas por terrazas calcáreas someras que bordean el litoral rocoso. Estas comunidades bentónicas están compuestas por algas pétreas, praderas de fanerógamas y macroalgas con corales mixtos, cubriendo un área total 1 km² en la ensenada de Capurganá y Bahía de Sapzurro (Díaz et al., 2000; IDEAM et al., 2017).

Al noreste del golfo, entre el delta del Río Sinú y Punta Caribana se presentan altas descargas de ríos que provocan alteración de las propiedades químicas del agua como baja salinidad y una alta turbidez, dependiendo de la época climática, generando condiciones atípicas para la formación de comunidades coralinas (Rangel y Idarraga, 2010). Sin embargo, en Punta Caribana se describieron comunidades bentónicas asociada a bajos arrecifales con el reporte de 46 especies de algas, 15 especies de cnidarios y 15 especies de esponjas (Correa-Rendón et al., 2015). Para este mismo sitio se reportaron 34 especies de moluscos, 33 peces, 23 artrópodos y seis equinodermos, y se confirmaron las afinidades coralinas y sedimentarias de la fauna vágil del área (Parra- Velandia et al., 2016).

La zona del Bajo San Juan, cercana a la desembocadura del Río San Juan, es una franja de arena lodosa litoclástica y lodosa litobioclástica; esta área se encuentra influenciada directamente por los sedimentos del Río Mulatos, Río San Juan y en menor proporción por los procedentes del Golfo de Urabá (Rangel y Idarraga, 2010), por lo que presentan condiciones atípicas para la formación de comunidades coralinas. Se plantea la hipótesis de que la presencia y la composición de las comunidades coralinas presentes allí están influenciadas por factores como la presencia de sustrato duro, salinidad alta, temperatura por encima de 24°C y baja sedimentación. Se espera que estos factores generen un ambiente estable para el crecimiento y supervivencia de comunidades coralinas. Estudios previos en Punta Caribana, Capurganá y Sapzurro (Correa-Rendón et al., 2015; Diaz et al., 2000), representan una aproximación a la composición bentónica que podría encontrarse en el sitio.

En la actualidad no existe información con respecto a las comunidades bentónicas en el área de Bajo San Juan; por ello en el presente estudio se propone generar una primera descripción de las comunidades bentónicas presentes en el área, contribuyendo de esta manera a la descripción de nuevas comunidades coralinas para el Caribe colombiano, facilitando que estas sean incluidas en planes conservación y manejo integrado.

Objetivos

Objetivo general

Describir la estructura de las comunidades bentónicas sésiles en el área de Bajo San Juan.

Objetivos específicos

- Determinar la ubicación y extensión aproximada del Bajo San Juan.
- Establecer la cobertura de los componentes de fondo de la comunidad bentónica del Bajo San Juan.
- Establecer la composición de las especies sésiles presentes en los fondos duros del Bajo San Juan.

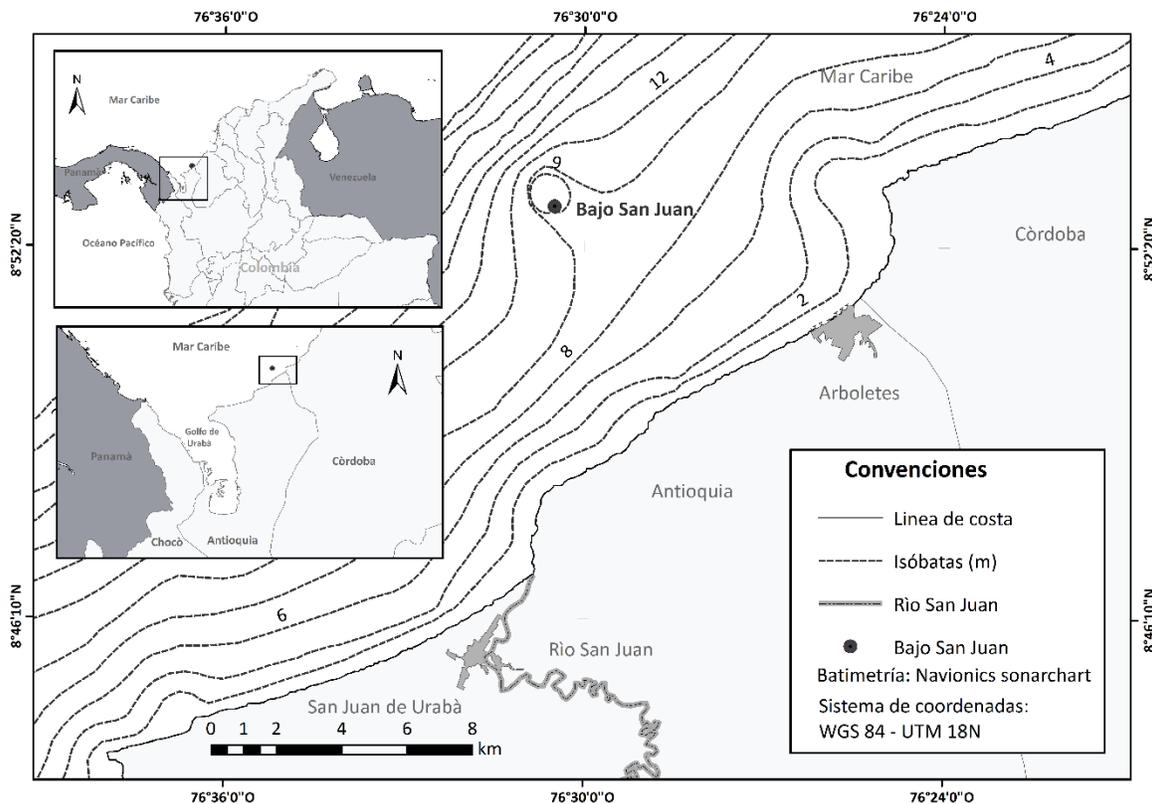
Materiales y métodos

Área de estudio

El Golfo de Urabá, ubicado entre Arboletes (Antioquia) y Cabo Tiburón (Chocó) frontera con Panamá (Figura 1), es la geofoma estuarina más grande sobre la costa del Caribe colombiano. Es considerado el principal accidente costero del país con un contorno en forma de U, 609 km de costa y un área total aproximada de 3500 km². Sus principales unidades geomorfológicas son zonas intermareales (playas, planos vegetados, planos no vegetados incluyendo superficies rocosas de abrasión ubicadas entre los niveles de mareas altas y bajas, y acantilados), planicies fluvio-marinas (pantanos de agua dulce, charcas de playa, cordones de playa, barras y surcos submareales, planicies aluviales, diques naturales, barras fluviales y lagunas costeras) y relieves costeros como colinas, valles aluviales, terrazas emergidas, terrazas sumergidas canales submarinos, escarpes submarinos, domos diapíricos, Islotes rocosos, peñascos rocosos y depósitos de movimientos de masa (Thomas et al., 2007; Correa et al., 2016).

Figura 1

Localización del área de estudio



La región de Urabá presenta dos épocas climáticas definidas. La época húmeda (abril-noviembre) caracterizada por vientos débiles con dirección variable, con predominio de dirección sur. La época seca (diciembre-marzo) está caracterizada por vientos fuertes y constantes provenientes del norte, lluvias escasas y aisladas, y gran estabilidad atmosférica. La precipitación anual oscila entre 4500 y 1500 mm, con una tendencia monomodal a lo largo del año especialmente notoria al occidente del golfo; las menores precipitaciones se presentan hacia el norte y los valores mayores en la zona sur y en el margen occidental del mismo (Chevillot et al., 1993; Montoya et al., 2010; Osorio et al., 2016).

El Bajo San Juan (8° 52' 58.6" N 76° 30' 29.7" O) se encuentra ubicado al noroeste de la costa Urabá-Darién en la jurisdicción del municipio San Juan de Urabá (municipio de Antioquia). La franja litoral se compone de rocas sedimentarias del Terciario, principalmente arcillolitas y lodolitas con algunas intercalaciones de areniscas, y se caracteriza por manifestaciones de diapirismo de lodos tanto en tierra como en el mar (Correa et al., 2016). Esta área de la plataforma continental presenta depósitos de arenas lodosas-litoclásticas que cubren desde la parte más extrema al noroeste del Golfo de Urabá disminuyendo su importancia hacia la desembocadura del Río San Juan (Rangel y Idarraga, 2010).

En un estudio en Punta Caribaná, área cercana, describieron las condiciones fisicoquímicas, con temperaturas promedio del agua superficial de $29,3 \pm 0,7$ °C y profunda de $29,2 \pm 0,4$ °C; salinidad superficial $21 \pm 9,3$ psu y profunda de $33 \pm 5,8$ psu (Morelo y Martinez, 2018).

Métodos

Fase de campo

Para el reconocimiento de la composición biológica de las coberturas de los componentes bentónicos se realizaron cuatro buceos autónomos y algunas apneas. Se realizaron registros fotográficos utilizando la metodología de Correa-Rendón et al. (2015). Además, se midieron variables físico químicas de la columna de agua utilizando un CTD CastAway modelo CACTD-I-3 Rev D.

Para la determinación de la composición de fondo se utilizó la metodología empleada por Díaz et al. (2000) y se adoptaron sugerencias del manual del Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos de Colombia- SIMAC (Garzón-Ferreira et al., 2002). Se realizaron cuatro transectos paralelos a la profundidad utilizando cintas métricas plásticas de 30 metros de longitud. A lo largo del transecto se midió la cantidad de fondo ocupado por cada categoría de sustrato: roca base, pavimento calcáreo - coral muerto, cascajo – arena, y coral vivo, y luego se identificó el tipo y/o especie del organismo vivo ocupante del sustrato (coral, esponja, alga) en algunos casos con su identificación específica, en otros dentro de una categoría general (Díaz et al. 2000). La categoría “pavimento calcáreo – coral muerto” se consideró como aquellas zonas cubiertas por un pavimento construido por restos coralinos aglomerados y consolidado. La categoría ‘cascajo’ identifico aquellas zonas cubiertas por fragmentos de roca, escombros calcáreos sueltos mayores a 10 cm, la categoría ‘arena’ reúne las áreas cubiertas por arena, limo y arcilla sin discriminar entre ellas (Parra-Velandia et al., 2016).

Posteriormente, se recorrió el área en sentido contrario al primer recorrido y se tomaron fotografías in situ a los organismos bentónicos (algas, cnidarios y esponjas) que ocupaban el sustrato para su posterior identificación, prestando especial atención a aquellas que no fueron cubiertas por el transecto.

Ubicación y extensión

Para la determinación de la extensión de las formaciones biológicas asociadas al Bajo San Juan, en la medida de lo posible dadas las condiciones de visibilidad, se utilizó una boya y se recorrió y georreferenció su perímetro con un receptor GPS Garmin. La información obtenida en campo se incorporó en un sistema de información geográfica donde se integró con otras fuentes de información; como la batimetría de Navionics sonarchart, un modelo de elevación Digital de Alos palar- NASA y la cartografía base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Producto de este análisis geoespacial se generó un mapa de ubicación y extensión del Bajo San Juan.

Fase de laboratorio

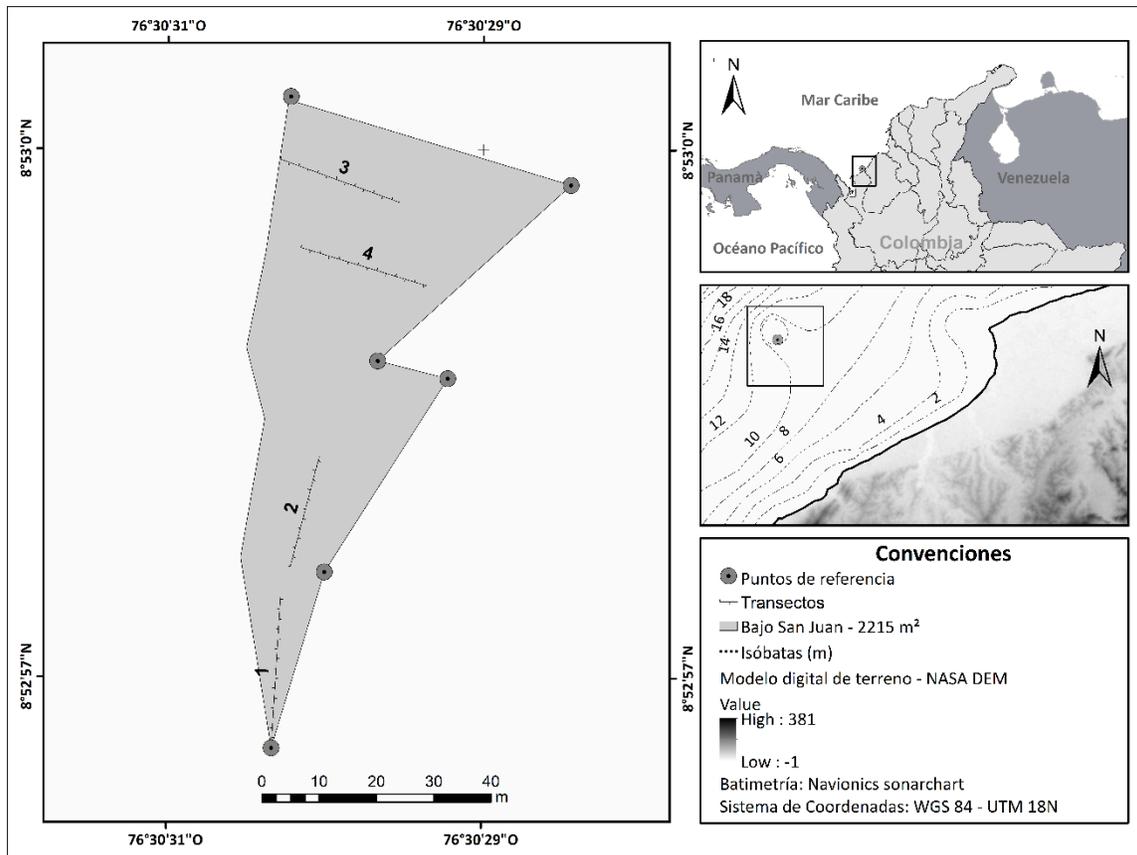
La determinación taxonómica de los Cnidarios se realizó in situ a partir de observaciones de su forma de crecimiento y estructuras diagnósticas de pólipos y colonias, complementadas con

registros fotográficos utilizando la guía de corales escleractínios de Colombia (Reyes et al., 2010). Para las algas se utilizó Caribbean Reef Plants (Littler y Littler, 2000) y las esponjas a partir de Esponjas del Caribe colombiano (Zea, 1987; Zea et al., 2022).

Resultados

El Bajo San Juan se ubica aproximadamente a 7 km de la costa al noroeste de la desembocadura del Río San Juan en las coordenadas $8^{\circ} 52' 58.6''$ N $76^{\circ} 30' 29.7''$ O entre los municipios de San Juan de Urabá y Arboletes en el departamento de Antioquia. A partir de los datos obtenidos, mediante el análisis geoespacial se determinó que el Bajo San Juan posee una comunidad coralina con un área de aproximada de 2215 metros cuadrados (Figura 2), se encuentra a profundidades de 7 a 9 metros, rodeado por un área de relieve levemente ondulado y planos con inclinaciones suaves (Figura 3).

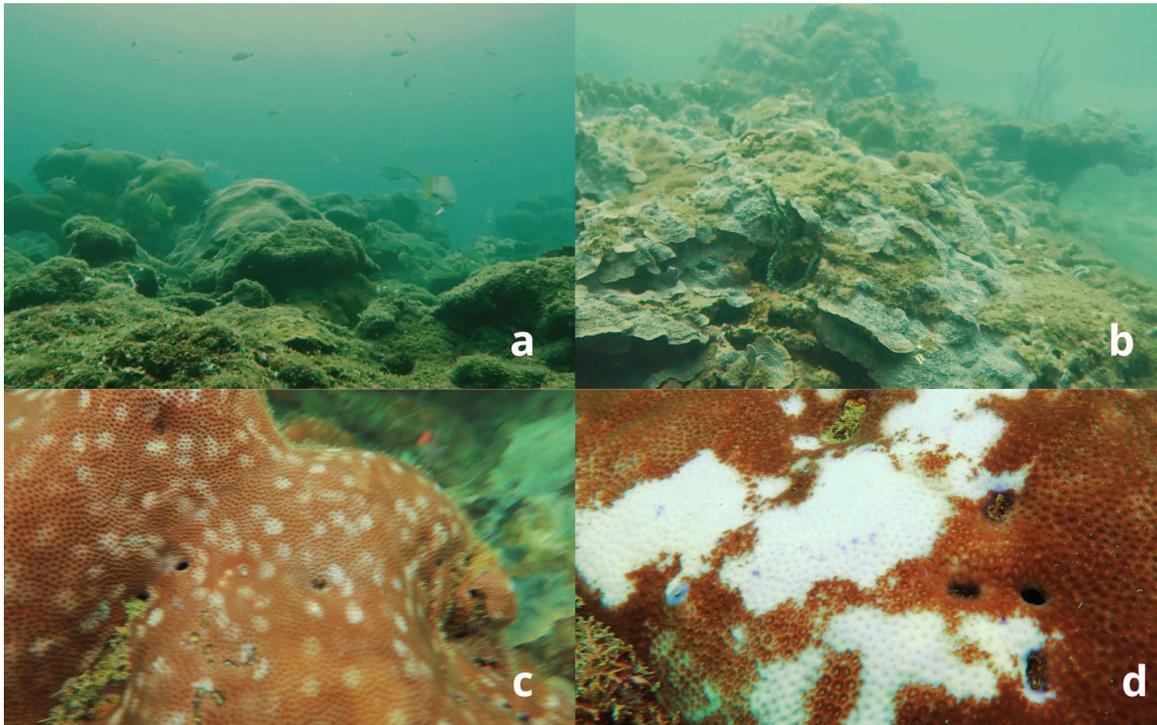
Figura 2 Ubicación geográfica y área estimada del bajo San Juan. Se incluye la ubicación aproximada de los transectos.



En el área de estudio se realizaron dos campañas de muestreo, donde se obtuvieron datos de salinidad y temperatura de la columna de agua. En la primera campaña se registró una salinidad mínima de $29,9 \pm 0,02$ pss y máxima de $31 \pm 0,03$ pss, apreciándose la presencia de una haloclina débil a los 5,4 m de profundidad. Igualmente, la temperatura registró un valor mínimo de $29,3 \pm 0,01$ °C y máximo de $29,5 \pm 0,01$ °C, presentado una ligera variación a partir de los 5 m de profundidad (figura 4). De forma similar, en la segunda campaña se registró una salinidad mínima de $28 \pm 0,14$ pss y máxima de $32,9 \pm 0,15$ pss, apreciándose la formación de una haloclina a partir de los 6,5 m de profundidad. Asimismo, la temperatura registró un valor mínimo de $29,6 \pm 0,02$ °C y máxima de $29,9 \pm 0,02$ °C, distinguiéndose un ligero aumento a partir de los 6 m de profundidad (figura 5).

Figura 3

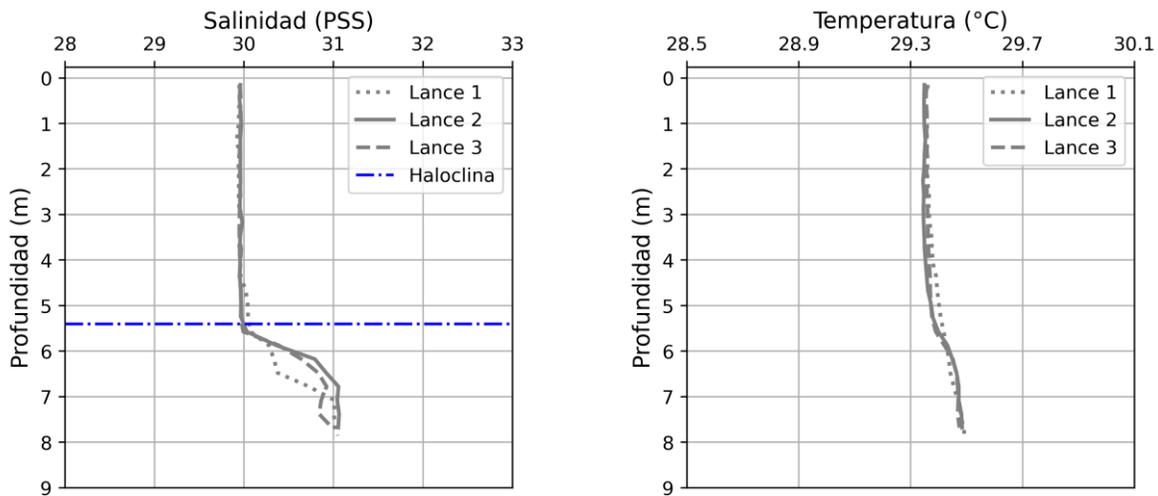
Unidad ecológica Agaricia spp - Corales mixtos (Agar-Cmix) (a y b) y blanqueamientos observados en Siderastrea siderea (c) y (d)



Se realizaron cuatro transectos de 30 metros cada uno, en dos secciones del bajo (occidente y sur) cubriendo las áreas más representativas del mismo. De acuerdo con los resultados obtenidos la estructura del fondo en el área de estudio está dominada por coral muerto ($40,9 \pm 23 \%$), cascajo ($27,4 \pm 37 \%$), coral vivo ($13,7 \pm 9 \%$) y arena ($13,7 \pm 12 \%$), con las categorías arena/cascajo y roca base ocupando coberturas menores al 3% (figura 6). Las especies de Porifera descritas en el Bajo San Juan están compuestas por seis especies de la clase Demospongiae, agrupadas en cuatro órdenes y cinco familias (Tabla1). Las esponjas representaron el $1,4 \pm 2,6 \%$ del total de la cobertura (figura 8).

Figura 4.

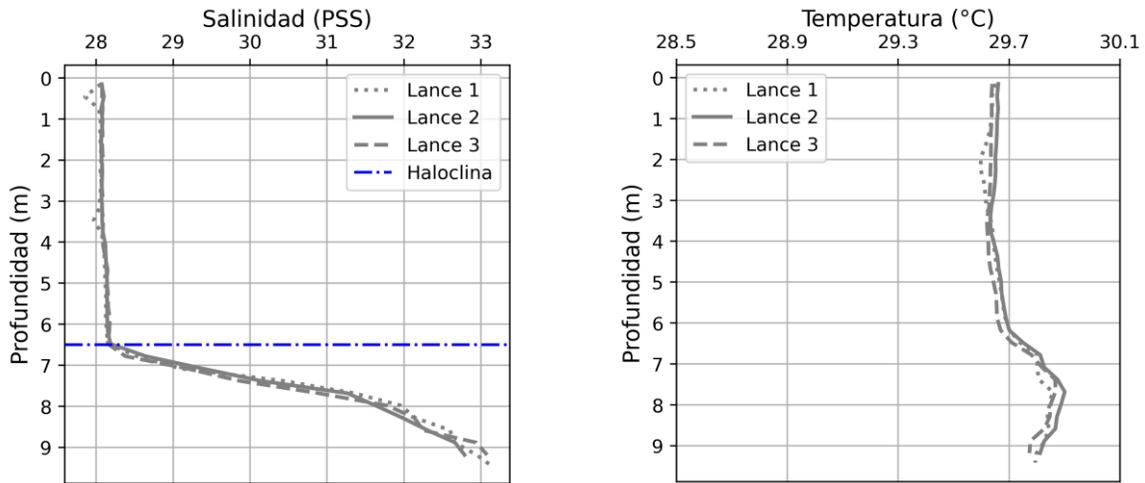
Perfiles de temperatura y salinidad de la primera campaña de monitoreo en el área de estudio.



Las macroalgas registraron tres especies, dos del Phylum Rhodophyta y una del Phylum Chlorophyta (Tabla 1). De estas, dos son de la familia Corallinales y una de la familia Bryopsidales. De acuerdo con los datos de cobertura, las algas ocuparon el 71.8 % del total, repartidas en; Algas frondosas $35,8 \pm 36,3 \%$, Céspedes algales/Algas frondosas $20,5 \pm 13,3 \%$, Céspedes algales $13 \pm 16,8\%$ y Algas coralináceas $2,6 \pm 5,3 \%$ (figura 8).

Figura 5

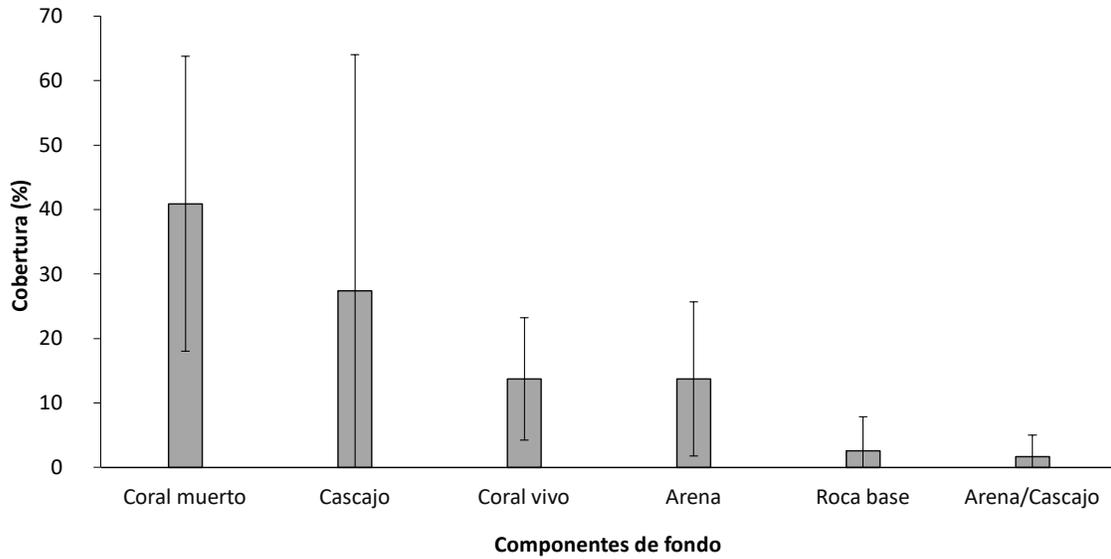
Perfiles de temperatura y salinidad de la segunda campaña de monitoreo en el área de estudio.



Entre los ocupantes de los fondos duros se identificaron 14 especies de cnidarios (2 hydrozoos y 12 anthozoos) (Tabla 1). Antozoa registró nueve especies de la subclase Hexacorallia y dos de la subclase Octocorallia (Corales blandos). Ocho de las especies de Hexacorallia corresponden a Scleractinia y una a Zoantharia. Las especies de coral con mayor porcentaje de cobertura fueron *Undaria agaricites* con $8,2 \pm 8,5 \%$ y *Orbicella faveolata* $2,3 \pm 4,6 \%$ y ocho especies más que registraron coberturas inferiores al 2% (Figura 8). Se registró también incidencia de blanqueamientos (*O. faveolata*) y presencia de lunares blancos (*S. siderea*) (figura 3).

Figura 6.

Cobertura absoluta de los principales componentes del fondo (n=4).

**Figura 7**

*Algunas de las especies encontradas en el Bajo San Juan; **A**: Amphimedon viridis **b**: Undaria agaricites **c**: Aplysina fulva **d**: Porites astreoides **e**: Erythropodium caribaeorum **f**: Helioseris cucullata **g**: Orbicella faveolata **h**: Siderastrea siderea **i**: Amphiroa fragilissima*

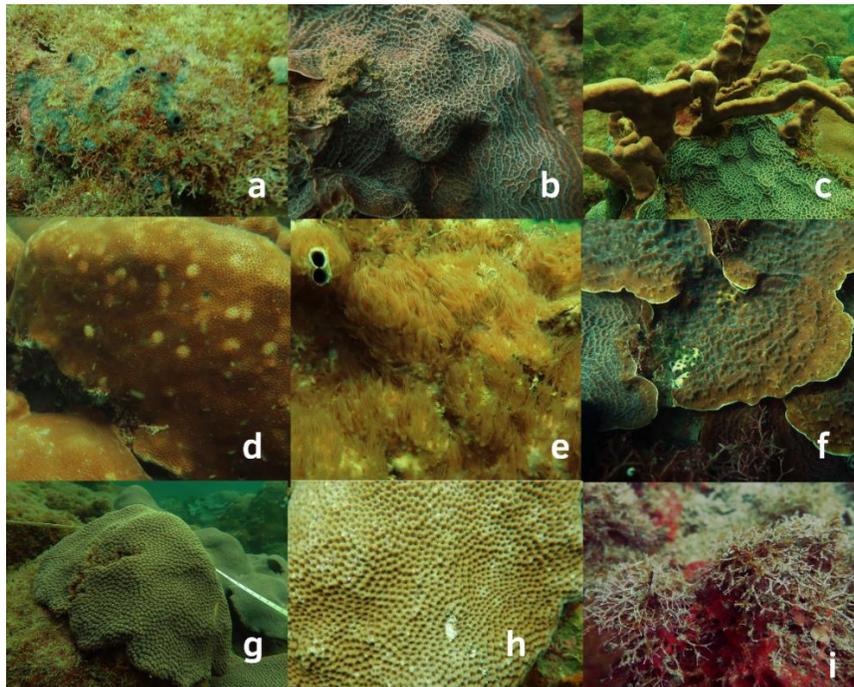
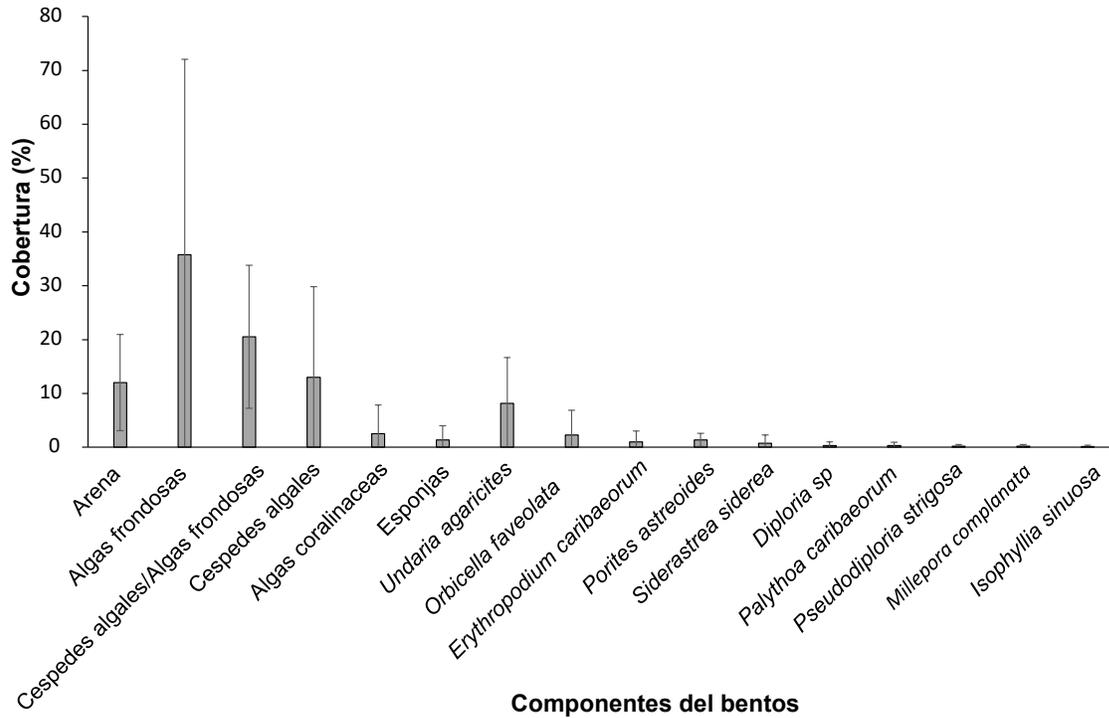


Figura 8.

Coberturas absolutas de los ocupantes de los fondos duros y se incluye arena como categoría adicional (n=4)

**Tabla 1**

Composición taxonómica de los principales ocupantes de fondos duros encontrados en el Bajo San Juan

Cnidaria		
Hydrozoa		
Anthoathecata	Milleporidae	<i>Millepora complanata</i>
	Stylasteridae	<i>Stylaster roseus</i> (Pallas, 1766)
Anthozoa		
Scleractinia	Agariciidae	<i>Undaria agaricites</i> (Linnaeus, 1758) <i>Helioseris cucullata</i> (Ellis & Solander, 1786)
	Mussidae	<i>Isophyllia sinuosa</i> (Ellis & Solander, 1786) <i>Pseudodiploria strigosa</i> <i>Scolymia cubensis</i> (Milne Edwards & Haime, 1848) <i>Diploria sp</i>
	Merulinidae	<i>Orbicella faveolata</i> (Ellis & Solander, 1786)
	Poritidae	<i>Porites astreoides</i>

	Siderastreidae	<i>Siderastrea siderea</i>
Zoantharia	Sphenopidae	<i>Palythoa caribaeorum</i> Duchassaing & Michelotti, 1860
		<i>Erythropodium caribaeorum</i> (Duchassaing & Michelotti, 1860)
Alcyonacea	Anthothelidae	
	Gorgoniidae	<i>Antillogorgia</i> sp.
Porifera		
Demospongiae		
Scopalinida	Scopalinidae	<i>Scopalina ruetzleri</i> (Wiedenmayer, 1977)
Haplosclerida	Niphatidae	<i>Amphimedon viridis</i> Duchassaing & Michelotti, 1864
		<i>Niphates erecta</i> Duchassaing & Michelotti, 1864
	Petrosiidae	<i>Petrosia</i> sp.
Verongiida	Aplysinidae	<i>Aplysina fulva</i> (Pallas, 1766)
Agelasida	Agelasidae	<i>Agelas sventres</i> Lehnert & van Soest, 1996
Rhodophyta		
Florideophyceae		
Corallinales	Corallinaceae	<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816
		<i>Amphiroa rígida</i> M. Peragallo, 1924
Chlorophyta		
Bryopsidophyceae		
Bryopsidales	Bryopsidaceae	<i>Bryopsis ramulosa</i> Montagne, 1842

Discusión

La zona de Bajo San Juan tiene una extensión aproximada de 2215 metros cuadrados y se encuentra entre las formaciones coralinas de la región de San Antero (Ruidíaz-Ruidíaz et al., 2021), Isla Tortuguilla, Bajo Bushnell, Bajo Burbujas (Díaz et al., 1996) y Punta Caribana (Correa-Rendón et al., 2015). Bajo San Juan se encuentra en la zona de influencia de las comunidades de pescadores de los municipios de San Juan de Urabá y Arboletes y allí estos desarrollan sus faenas de pesca artesanal en la zona limitados por la época del año (abril-mayo y agosto-septiembre), en el área abundan las especies de un alto valor comercial (*Panulirus argus*, *Lutjanus synagris*, *Mithrax spinosissimus*, *Sphyræna barracuda* obs pers). Dentro de sus principales sitios de pesca se encuentra Bocas de San Juan y el área del Bajo San Juan (Leal-Flórez, 2017).

Los valores de salinidad superficial registrados en la columna de agua en el Bajo San Juan indican la influencia directa de las aguas continentales y sedimentos del Río San Juan (Rangel y Idarraga, 2010; Toro et al., 2022). Aunque no se puede descartar la influencia de las aguas procedentes del Golfo de Urabá de acuerdo con el modelo hidrodinámico planteado por Montoya y Toro (2006),

con los vientos predominantes del sur que empujan el agua dulce y sedimentos hacia el noreste después de salir del Golfo.

La temperatura del agua puede considerarse óptima para el desarrollo de comunidades coralinas (Díaz et al., 2000; Ganivet, 2007). Sin embargo, algunos estudios indican que por encima de 30 °C pueden generarse eventos de blanqueamiento coralino (Hoegh-Guldberg, 1999; Vega-Sequeda et al., 2010) visto en el área.

Estos datos son una primera descripción de las condiciones fisicoquímicas en la columna de agua en el Bajo San Juan, donde las comunidades del bentos están influenciadas por procesos directos de sedimentación, evidente durante las inmersiones realizadas, pues tanto en superficie como en fondo se notó alta presencia de sólidos no asociados a turbulencia, fenómeno que ha sido descrito también para la zona de Punta Caribana (Correa-Rendón et al., 2015).

Los porcentajes de cobertura de los organismos ocupantes de fondos duros mostraron dominancia de las macroalgas, seguidas de los corales, estos resultados están en concordancia con estudios realizados en el PNN Tayrona (Martínez y Acosta, 2005) y Santa Marta, Magdalena (Vega-Sequeda et al., 2008). En el presente estudio las macroalgas representaron el 71,8 % de total, encontrándose por encima de los estudios realizados en el PNN Tayrona con 46% (Martínez y Acosta, 2005), Santa Marta, Magdalena 60% (Vega-Sequeda et al., 2008), Banco Salmedina con 60 % (Domínguez et al., 2010), Isla Arena con 39 % (Sierra, 2018) y la zona oriental de Isla Fuerte con un promedio de 21,1 % (Forero, 2020). Esta cobertura podría ser consecuencia del efecto de la turbidez sobre la iluminación necesaria para la fotosíntesis de las zooxantelas simbiotas de los corales y adicionalmente, la obstrucción progresiva de los pólipos impidiendo realizar de manera normal sus procesos fisiológicos necesarios para su desarrollo (Arroyave et al., 2014; Romero, 2018). Además, de la competencia coral-alga por la colonización de espacios disponibles (McCook et al., 2001), que afectan en conjunto el asentamiento de nuevos reclutas coralinos y el crecimiento de los adultos (Garzón-Ferreira et al., 2000; Rogers y Miller, 2006).

La dominancia de las coberturas de algas en el Bajo San Juan podría ser explicada por el aporte de las aguas continentales cargadas de nutrientes que favorecen su crecimiento (Domínguez et al.,

2010). Aportes provenientes del sistema de corrientes del golfo de Urabá y la influencia del Río Atrato que favorecen procesos de depósito de sedimentos finos de origen terrígeno en la margen noreste del Golfo (Vélez-Agudelo y Aguirre-Ramírez, 2016). Asimismo, por el vertimiento de aguas residuales domiciliarias de los aproximadamente 21,224 habitantes de las zonas urbanas de San Juan de Urabá y Arboletes. Igualmente, la contaminación de los cuerpos de aguas especialmente el Río San Juan producto de los agroquímicos utilizados en la siembra de arroz y plátano de las aproximadamente 5,361 hectáreas de suelo agrícola de San Juan de Urabá (Thomas et al., 2007; Montoya, 2010; PNUD et al., 2015; Leal-Flórez, 2017).

En las comunidades de corales del Bajo San Juan se registraron 9 de las 57 especies de corales escleractínios reportadas en el Caribe colombiano (Reyes et al., 2010). Este número bajo de especies de corales escleractínios, milleporinos y alciyonarios puede ser producto de las condiciones ambientales predominantes, influenciadas por elevadas tasas de sedimentación provenientes de los ríos cercanos que pueden generar una disminución en el crecimiento y desarrollo de los corales debido a que obstruyen el paso de la luz solar a través de la columna de agua afectando el proceso fotosíntesis de las zooxantelas (Birrell et al., 2005; López-Victoria et al., 2000; Arroyave et al., 2014). Sin embargo, estudios realizados en el Caribe colombiano bajo condiciones similares han reportado 14 especies de corales pétreos en Isla Arena (Pinzón et al., 1998), 21 en Isla Tortuguilla (López-Victoria et al., 2000), 42 en el arrecife de Varadero (Pizarro et al., 2017) y 15 en Punta Caribana (Correa-Rendón et al., 2015). Un muestreo más intensivo podría elevar el número de especies aquí reportadas, aunque posiblemente no más allá de lo publicado para sitios similares.

En las comunidades de esponjas se registraron seis especies que representaron una cobertura menor al 2% de la cobertura total de los componentes del bentos, lo que al ser comparadas con otras zonas del Caribe como Isla Arena 6,23 % (Sierra, 2018) y la región de San Antero 8,8% (Ruidíaz-Ruidíaz et al., 2021) presentan una baja cobertura. Sin embargo, guarda relación con las coberturas registradas en el Arrecife de Varadero ($0.66 \pm 0.21\%$) y la Isla de Barú ($0.80 \pm 0.25\%$) influenciados por una alta sedimentación de la Bahía de Cartagena (Pizarro et al., 2017).

De acuerdo con las características ambientales observadas en la zona de estudio, y las especies registradas, la unidad ecológica de las áreas coralinas de Colombia que mejor se representa en la zona es *Agaricia* spp.-Corales mixtos (Agar-Cmix) típicamente observada en zonas profundas de áreas con mayor estructura coralina (Isla de Providencia, Isla de San Andrés, Cayo Bolívar) presente aquí probablemente por las bajas tasas de iluminación y temperatura relativamente alta. La segunda unidad presente es Arena-Escombros coralinos (Aresc), caracterizada por aguas turbias y elevadas tasas de sedimentación producto de la influencia de riachuelos y desembocadura de ríos y la resuspensión de sedimentos por acción del oleaje (Díaz et al., 2000).

La cobertura de coral vivo fue baja comparada con lo registrado en las Islas del Rosario (Isla Tesoro 45% e Isla Pavitos 31%), Islas de San Bernardo (Isla Caycén 37% y Bajo Minalta 33%), Capurganá y Zapsurro (42%), Isla Fuerte (30% a 35%) y Bajo Bushnell (30% a 50%) (Díaz et al., 1996; Díaz et al., 2000; Garzón-Ferreira et al., 2001). Asimismo, con la zona descrita recientemente en San Antero en las zonas de Punta Bello (52%), Punta Bolívar (44%) y Playa Blanca (29,3%) (Ruidíaz-Ruidíaz et al. 2021). Sin embargo, guardan relación con las coberturas registradas en la región de Santa Marta (Martínez y Acosta, 2005; Vega-Sequeda et al. 2008) en las zonas de Punta Betín (14% a 4%) y Morro Santa Marta (15% a 11%). Finalmente, Bajo San Juan se acopla al esquema observado en algunas localidades de Colombia y el Gran Caribe, dominados por algas y no por corales (Díaz-Pulido et al., 2004; Done, 1992; Rodríguez-Ramírez et al., 2010).

Conclusiones

El Bajo San Juan tiene una extensión aproximada de 2215 metros cuadrados y se ubica a 7 km de la costa al noroeste de la desembocadura del Río San Juan en las coordenadas 8° 52' 58.6" N 76° 30' 29.7" O, la cobertura de los componentes de fondo está dominada por coral muerto (40,9 ± 23 %), cascajo (27,4% ± 37 %), coral vivo (13,7 ± 9 %) y arena (13,7 ± 12 %).

La cobertura de las especies bentónicas está dominada por algas frondosas (35,8 ± 36,3 %), Céspedes algales/Algas frondosas (20,5 ± 13,3 %), Céspedes algales (13 ± 16,8%), algas coralináceas (2,6 ± 5,3 %), y corales con un total 14,7 % de cobertura estos últimos representados por *Undaria agaricites* (8,2 ± 8,5 %) y *Orbicella faveolata* (2.3 ± 4,6 %).

Finalmente, se registraron 14 especies de corales, seis de esponjas y tres de macroalgas.

Recomendaciones

El presente trabajo es un registro preliminar de las comunidades coralinas del área de Bajo San Juan. Estas comunidades bentónicas ofrecen servicios ecosistémicos como hábitat, refugio y alimento para la fauna íctica de la zona que es aprovechada por comunidades cercanas de pescadores, por lo cual es necesario realizar una zonificación completa del Bajo, y caracterizar la riqueza de peces, moluscos y artrópodos de la zona para tener una descripción completa de la composición trófica del bajo San Juan.

Referencias

- Arroyave, L., Bermúdez, Y., y Villalba, L. 2014. Impacto de la sedimentación en los corales de Islas del Rosario y San Bernardo, Colombia. Cuaderno Activa., 6: 133–141.
- Ardila, N., Navas, G y Reyes, J. 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR - Ministerio de Medio Ambiente, Bogotá. 178 p.
- Baird, A., Guest, J., y Willis, B. 2013. Systematic and biogeographical patterns in the reproductive biology of scleractinian corals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics.*, 44: 25-50. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120220
- Birrell, C. L., McCook, L. J., y Willis, B. L. 2005. Effects of algal turfs and sediment on coral settlement. *Mar Pollut Bull.*, 51(1): 408–414. doi:10.1016/j.marpolbul.2004.10.022.
- Bruno, J., y Selig, E. 2007. Regional Decline of Coral Cover in the Indo-Pacific: Timing, Extent, and Subregional Comparisons. *PLOS ONE.*, 2(8): e711. doi: 10.1371/journal.pone.0000711.
- Chevillot, P., M. A. M., Giraldo, L., y Molina, C. 1993. Estudio geológico e hidrológico del Golfo de Urabá. *Bol.Cient. CIOH.*, 14: 79-89.
- Cordeiro, R. T., Neves, B. M., Rosa-Filho, J. S., y Pérez, C. 2015. Mesophotic coral ecosystems occur offshore and north of the Amazon River. *Bull Mar Sci.*, 91(4): 491–510. doi: 10.5343/bms.2015.1025.
- Correa, I., Prüssmann, J. y Garrido, A. 2016. Geomorfología del contorno litoral Urabá-Darién, departamentos de Antioquia y Chocó, Caribe colombiano. 47-72. En: Blanco-Libreros, J. F., y Londoño-Mesa, M. H., (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano, Bogotá. 323 p.
- Correa-Rendón, J. D., Quan-Young, L. I., Parra-Velandia, F. J., Chaverra-Castañeda, F. A., Guzmán-Henao, S. E., y Andrade-Gamboa, D. 2015. Descripción de un nuevo ecosistema coralino en el Caribe Sur: bajos de la Punta Caribana (Colombia). Informe final, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá, Apartado. 19 p.
- Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., y Turner, R. K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Glob Environ Change.*, 26: 152–158. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.

- Colvard, N., y Edmunds, P. 2011. Decadal-scale changes in abundance of non-scleractinian invertebrates on a Caribbean coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.*, 397(2): 153–160. doi:10.1016/j.jembe.2010.11.015
- Díaz, J. M., Barrios, L. M., Cendales, M. H., Garzón-Ferreira, J., Geister, J., y López-Victoria, M., Ospina, G., Parra-Velandia, F., Pinzon, J., Vargas-Angel, B., Zapata, F., y Zea, S. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Santa Marta. 176 p.
- Díaz, J. M., Cortés, M., Ramírez, G., y Blanco, J. A. 1994. El Banco de las Animas: Una amplia formación arrecifal desarrollada sobre un antiguo delta del Río Magdalena. *Boletín Ecotrópica.*, 27(1): 27-28.
- Díaz, J. M., Sánchez, J. A., y Díaz-Pulido, G. 1996. Geomorfología y formaciones arrecifales recientes de Isla Fuerte y Bajo Bushnell, plataforma continental del Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 25(1): 87–105. doi: 10.25268/bimc.invemar.1996.25.0.372.
- Díaz-Pulido, G., Sánchez, J. A., Zea, S., Díaz, J. M., y Garzón-Ferreira, J. 2004. Esquemas de distribución espacial en la comunidad bentónica de arrecifes coralinos continentales y oceánicos del Caribe Colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 28 (108): 337-347.
- Díaz, M. 2005. Esquemas espaciales de zonación ecológica y morfología de las lagunas de los atolones y complejos arrecifales de un archipiélago oceánico del Caribe: San Andrés y Providencia (Colombia). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 29 (112): 357-369.
- Domínguez, J. G., Gómez, J. C., Ricaurte, C., Mayo, G., Orejarena, J., Díaz, J. M., y Andrade, C. A. 2010. Cobertura de los fondos y paisajes bentónicos asociados a formaciones diapíricas en los Bancos de Salmedina, plataforma continental del Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 39(1):117–135. doi: 10.25268/bimc.invemar.2010.39.1.145.
- Done, T. J. 1992. Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia.*, 247(1): 121–132. Doi: 10.1007/ BF00008211
- Forero, G. D. (2020). Caracterización del estado actual de salud de cinco parches arrecifales en la zona oriental de Isla Fuerte, Caribe Colombiano. Tesis Ecol., Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 71p.
- Francini-Filho, R. B., Asp, N. E., Siegle, E., Hocevar, J., Lowyck, K., D'Avila, N., Vasconcelos, A. A., Baitelo, R., Rezende, C. E., Omachi, C. Y., Thompson, C. C., y Thompson, F. L. 2018. Perspectives on the Great Amazon Reef: Extension, Biodiversity, and Threats. *Front. Mar. Sci.*, 5: 142. doi: 10.3389/fmars.2018.00142

- Franke, R., Zarza, E., Cano-Correa, M., Wong-Lubo, J. A., y Hernández, E. 2014. Aportes a la consolidación de un proceso regional para la conservación de arrecifes coralinos: ensayos para la estandarización de metodologías para el repoblamiento de especies amenazadas del género *Acropora* en tres Parques Nacionales Naturales del Caribe colombiano. *Biota Colombiana.*, 15 (2): 115-130.
- Ganivet, J. 2007. El futuro de los arrecifes de coral. *Ecofronteras.*, 31:15–17.
- Garzón-Ferreira, J., Gil-Agudelo, D. L., Barrios, L. M., y Zea, S. 2001. Stony coral diseases observed in southwestern Caribbean reefs. *Hydrobiologia.*, 460: 65-69.
- Garzón-Ferreira, J., Reyes-Nivia, M., y Rodríguez-Ramírez, A. 2002. Manual de métodos del SIMAC: Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. INVEMAR, Santa Marta. 58 p.
- Gómez-López, D.I., A. Acosta-Chaparro, J. D. Gonzalez, L. Sanchez, R, Navas-Camacho y D. Alonso. 2018. Reporte del estado de los arrecifes coralinos y pastos marinos en Colombia (2016-2017). Serie de publicaciones Generales del Invemar N^a 101, Santa Marta. 100 p.
- Hoegh-Guldberg, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research.*, 50(8): 839 – 866. doi: 10.1071/MF99078.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Alexander von Humboldt (I.Humboldt), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (Invemar) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2017. Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC) [mapa], Versión 2.1, escala 1:100.000.
- Invemar. 2020. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia 2019, Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 183 p.
- Invemar. 2011. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8, Santa Marta. 322 P.
- Invemar.2023. Atlas de las áreas coralinas de Colombia. <https://areas-coralinas-de-colombia-invemar.hub.arcgis.com/pages/introduccion>. 30/03/2023.
- Kaiser, M., Attrill, J., Jennings, S., Thomas, D., Barnes, D., Hiddink, J., Brierley, A., Kaartokallio, H., Polunin, N., y Raffaelli, D. 2011. *Marine Ecology. Processes, Systems, and Impacts*. Oxford University Press, Oxford. 528 P.

- Leal-Flórez, J. 2017. Lineamientos Prioritarios para la Formulación de un Ordenamiento Pesquero del Golfo de Urabá - LOPEGU. Informe final, Universidad de Antioquia – Gobernación de Antioquia, Turbo. 174 p.
- Littler, D., y Littler, M. 2000. Caribbean Reef Plants. OffShore Graphics, Washington D.C. 526 p.
- López, M., Díaz, J. M., y Márquez, J. C. 2000. Las formaciones coralinas de Isla Tortuguilla (Caribe colombiano). Bol. Invest. Mar. Cost., 29: 51-58. doi: 10.25268/bimc.invemar.2000.29.0.312.
- Mahiques, M. M., Siegle, E., Francini-Filho, R. B., Thompson, F. L., de Rezende, C. E., Gomes, J. D., y Asp, N. E. 2019. Insights on the evolution of the living Great Amazon Reef System, equatorial West Atlantic. Sci. Rep., 9(1): 3699. doi: 10.1038/s41598-019-50245-6.
- Martínez, S., y Acosta, A. 2005. Cambio temporal en la estructura de la comunidad coralina del área de Santa Marta—Parque Nacional Natural Tayrona (Caribe Colombiano). Bol. Invest. Mar. Cost., 34(1): 161–191. doi: 10.25268/bimc.invemar.2005.34.0.239.
- McCook, L., Jompa, J., y Diaz-Pulido, G. 2001. Competition between corals and algae on coral reefs: A review of evidence and mechanisms. Coral Reefs., 19(4): 400–417. doi: 10.1007/s003380000129
- Montoya, L. J. 2010. Dinámica oceanográfica del golfo de Urabá y su relación con los patrones de dispersión de contaminantes y sedimentos. Tesis Doc. Ing. Rec. hidr., Universidad Nacional, Medellín. 124p.
- Montoya, L. J., Botero, M. T., y Giraldo, A. G. 2010. Descripción de los patrones estacionales de circulación hidrodinámica en el Golfo de Urabá (Colombia). Cuadernos del Caribe., 8(14): 13–34.
- Montoya, L. J., y Toro, F. M. 2006. Calibración de un modelo hidrodinámico para el estudio de los patrones de circulación en el Golfo de Urabá, Colombia. Avances en Recursos Hidráulicos., 13:37 -54.
- Moura, R., Martins Rodrigues, M. C., Francini-Filho, R. B., y Sazima, I. 1999. Unexpected richness of reef corals near the southern Amazon River mouth. Coral Reefs., 18(2): 170–170. doi: 10.1007/s003380050175.
- Navas, G., Vides, M., Díaz-Ruiz, M. 2010. Ensamblajes faunísticos de la plataforma y talud superior del mar Caribe Colombiano.355-383. En: INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del

- margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar No. 20, Santa Marta. 458 p.
- Osorio, A., Molina, G., y Osorio, A. 2016. Caracterización hidrodinámica del oleaje local (SEA) y de fondo (SWELL) en el golfo de Urabá. 75-105. En: Blanco-Libreros, J., F. y Londoño-Mesa, M. H., (Eds.). Expedición Caribe sur: Antioquia y Chocó costeros. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano, Bogotá. 323 p.
- Parra-Velandia, F. J., Hinestroza-Mena, K. M., y Andrade-Gamboa, D. B. 2016. Estudios de Biodiversidad Marina y Costera en el Golfo De Urabá: Caracterización biológica de la Punta Caribana Fase II: Peces, Moluscos, Equinodermos y Crustáceos. Informe Final, Universidad De Antioquia - Corporación Para El Desarrollo Sostenible De Urabá, Turbo. 37 p.
- Perry, C. T. 2003. Coral reefs in a high-latitude, siliciclastic barrier island setting: Reef framework and sediment production at Inhaca Island, southern Mozambique. *Coral Reefs.*, 22(4): 485–497. doi: 10.1007/s00338-003-0339-9.
- Pinzón, J. H., Perdomo, A. M., y Díaz, J. M. 1998. Isla arena, una formación Coralina saludable en el área de influencia de la pluma del Río Magdalena, plataforma continental del Caribe Colombiano. *Bol. Inves. Mar. Cost.*, 27(1): 21–37.
- Pizarro, V., Rodríguez, S. C., López-Victoria, M., Zapata, F. A., Zea, S., Galindo-Martínez, C. T., Iglesias-Prieto, R., Pollock, J., y Medina, M. 2017. Unraveling the structure and composition of Varadero Reef, an improbable and imperiled coral reef in the Colombian Caribbean. *Peer J.*, 5:e4119. doi: 10.7717/peerj.4119.
- PNUD, Red, y Ormet. (2015). Perfil productivo Municipio de San Juan de Urabá (Antioquia). Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Bogotá. 89 p.
- Rangel, N., y Idárraga, J. 2010. Geología General, Morfología Submarina y Facies Sedimentarias En el Margen Continental y los Fondos Oceánicos del Mar Caribe Colombiano. (34-50). En: INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar No. 20, Santa Marta. 458 p.
- Reyes, J., Santodomingo, N., y Flórez, P. 2010. Corales Escleractínios de Colombia. Invemar Serie de Publicaciones Especiales, No. 14. Santa Marta, 246 p.

- Rodríguez-Ramírez, A. y Garzón-Ferreira, J. 2003. Monitoreo de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares en la bahía de Chengue (Caribe colombiano):1993-1999. INVEMAR serie de Publicaciones especiales No. 8, Santa Marta. 170 p.
- Rodríguez-Ramírez, A., Reyes-Nivia, M. C., Zea, S., Navas-Camacho, R., Garzón-Ferreira, J., Bejarano, S., Herrón, P., y Orozco, C. 2010. Recent dynamics and condition of coral reefs in the Colombian Caribbean. *Rev. Biol. Trop.*, 58: 107–131. doi:10.15517/rbt.v58i1.20027.
- Rogers, C. S., y Miller, J. 2006. Permanent “phase shifts” or reversible declines in coral cover Lack of recovery of two coral reefs in St. John, US Virgin Islands. *Mar Ecol Prog Ser.*, 306: 103–114. doi: 10.3354/meps306103.
- Romero, Y. 2018. Efecto de la sedimentación en el desarrollo de los arrecifes coralinos. *RIADS.*, 3(2): 42–49.
- Ruidíaz-Ruidíaz, R., Quirós-Rodríguez, J. A., y Campos-Campos, N. H. 2021. Caracterización estructural de las formaciones coralinas en la región de San Antero, Córdoba, Caribe colombiano. *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.*, 45(176): 176. doi: 10.18257/raccefyn.1296.
- Schuhmacher, H. 1982. Korallenriffe, ihre Verbreitung, Tierwelt un Ökologie. BLV Verlagsgesellschaft, Munich. 274p.
- Sierra, L. 2018. Estado actual de las unidades ecológicas de isla arena y caracterización de la comunidad arrecifal mediante el uso de imágenes aéreas. Tesis Biól. Mar., Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogota. 96 p.
- Smithers, S., y Larcombe, P. 2003. Late Holocene initiation and growth of a nearshore turbid-zone coral reef: Paluma Shoals, Central Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs.*, 22: 499–505. doi: 10.1007/s00338-003-0344-z.
- Solano, O. 1994. Corales, formaciones arrecifales y blanqueamiento de 1987 en Bahía Portete (Guajira, Colombia). *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 23(1): 149–163.
- Thomas, Y.F., García-Valencia, C., Cesaraccio, M., y Rojas, X. 2007. El paisaje en el golfo.77-127. En: García-Valencia C. (ed.). Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Invemar-Gobernación de Antioquia, Santa Marta. 188p.
- Toro, V., Palacio Tobon, C., Correa, M., Correa, I., Alcantara Carrio, J., Velásquez, Y., Guerrero, L., Vargas Morales, M., Bustamante, A., Jaramillo-Vélez, A., Zambrano, M., Restrepo, J., Osorio, A., Salazar, J., Orozco, Y., Gutiérrez Acosta, L., Molina, R., Posada, J., Londoño, G., y Rondón, A. 2022. Erosión Costera en el litoral Antioqueño: Compilación de

resultados. Gobernación de Antioquia; Universidad de Antioquia; Universidad Nacional de Colombia; Universidad del Norte, Medellín. 80 p.

- Vega-Sequeda, J., Rodríguez-Ramírez, A., Reyes-Nivia, M. C., y Navas-Camacho, R. 2008. Formaciones coralinas del área de Santa Marta: Estado y patrones de distribución espacial de la comunidad bentónica. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 37(2): 87–105. doi: 10.25268/bimc.invemar.2008.37.2.193.
- Vélez-Agudelo, C., y Aguirre-Ramírez, N. 2016. Influencia del Río Atrato en el Golfo de Urabá durante el holoceno tardío, Mar Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 45(1): 73–97. doi: 10.25268/bimc.invemar.2016.45.1.631.
- Zambrano, S., Croquer, A., Irazabal, I., y Torres, R. 2022. Factores globales y locales que inciden sobre la degradación de los arrecifes coralinos: una revisión para la República Dominicana. *AULA Revista De Humanidades Y Ciencias Sociales.*, 68(1): 31–60. doi: 10.33413/aulahcs.2022.68i1.194
- Zea, S. 1987. Esponjas del Caribe colombiano. Editorial Catálogo Científico, Bogotá. 286 p.
- Zea, S., Henkel, T.P., y Pawlik, J.R. 2014. La Guía de Esponjas: una guía ilustrada de las esponjas del Caribe. 3ª edición. www.spongeguide.org . 2022/10/10.