

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE CONSERVACIÓN DE CUATRO
PARCHES ARRECIFALES EN LA ZONA NOR-OCCIDENTAL DE ISLA FUERTE,
CARIBE COLOMBIANO.

JULIÁN DAVID BERNAL SASTOQUE



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
CARRERA DE ECOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.
2012

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE CONSERVACIÓN DE CUATRO
PARCHES ARRECIFALES EN LA ZONA NOR-OCCIDENTAL DE ISLA FUERTE,
CARIBE COLOMBIANO.

JULIÁN DAVID BERNAL SASTOQUE

TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito para optar al título de:
ECÓLOGO

DIRECTOR:
FABIO GÓMEZ D. Msc.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
CARRERA DE ECOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.
2012

RESUMEN

Los arrecifes coralinos son considerados como uno de los ecosistemas mas diversos del planeta, albergan el 70% de la biodiversidad marina; debido a la importancia económica, recreacional y turística son fuente principal de bienes y servicios para las poblaciones costeras. Durante las últimas décadas la sobreexplotación antrópica ha mermado tanto la diversidad como la cobertura coralina; estos cambios son percibidos a escala local como global. El estudio fue realizado en Isla Fuerte, Caribe colombiano; donde se realizó una caracterización del estado de conservación teniendo en cuenta la estructura en términos de riqueza, cobertura, diversidad y similitud de las formaciones coralinas en cuatro parches arrecifales (Los Pargos, Los Mangos, El Ingles y Cantos Medio); mediante transectos lineales utilizando la técnica de punto intercepto, teniendo presente los sustratos de coral vivo, muerto, enfermo, arena, roca, algas, esponjas y octocorales. En las cuatro estaciones de muestreo se registraron 22 especies de corales escleractinios, destacándose por su alta dominancia *Diploria strigosa*, *Acropora cervicornis*, *Porites astreoides*, *Diploria clivosa*, *Porites porites*, *Agaricia tenuifolia* y *Montastrea cavernosa*. Se calculo un deterioro coralino de 54.22% para toda la zona. El estado de salud en cuanto a enfermedades es positivo ya que la cobertura de coral enfermo fue de 1.05% y la cobertura de coral muerto de 2.1%, lo que indica que en términos de salud el arrecife está parcialmente sano.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

2.2. ESPECÍFICOS

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. MARCO TEÓRICO

3.1.1. ECOLOGÍA DE ARRECIFES DE CORAL

3.1.2. EPIDEMIOLOGÍA

3.1.3. LÍNEA BASE ISLA FUERTE

3.1.4. OCEANOGRAFÍA FÍSICA DEL MAR CARIBE

3.1.5. ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD

3.2 ANTECEDENTES

4. ÁREA DE ESTUDIO

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. FASE 1 (EXPLORACIÓN)

5.2. FASE 2(CAMPO)

5.3. FASE 3 (ANÁLISIS DE DATOS)

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8. BIBLIOGRAFÍA

9. ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de índices de diversidad.

Tabla 2. Interpretación índices ecológicos para comunidades coralinas.

Tabla 3. Especies reportadas en Isla Fuerte en las 4 estaciones de muestreo. A: Este trabajo B: Escobar, 2006 C: Casas, 2011 D: Bernal, 2012.

Tabla 4. Especies por cada estación de muestreo.

Tabla 5. Cobertura total de coral vivo, muerto y otros sustratos por cada estación muestreada (%).

Tabla 6. Cobertura de enfermedades por cada estación muestreada (%). Las enfermedades se representan con una sigla respectiva; **B**: blanqueamiento, **PB**: plaga blanca.

Tabla 7. Cobertura coral sano, enfermo y muerto en cada estación muestreada.

Tabla 8. Coberturas relativas para cada estación muestreada (%).

Tabla 9. Índices ecológicos para comunidades coralinas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual

Figura 2. Imagen satelital isla Fuerte (Google Earth, 2012).

Figura 3. Diagrama metodológico

Figura 4. Valores de riqueza por cada estación muestreada.

Figura 5. Coberturas totales por sustrato.

Figura 6. Coberturas de coral vivo y otros sustratos para cada estación.

Figura 7. Especies de coral más dominantes (%).

Figura 8. Cobertura coral sano, enfermo y muerto en cada estación muestreada (%).

Figura 9. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (1949).

Figura 10. Índice de diversidad de Simpson (1949).

Figura 11. Análisis de clasificación normal.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Especies de coral encontradas. A: este trabajo B: Escobar, 2006 C: Casas, 2011 D: Bernal, 2012.

Anexo 2. Fotografías de especies dominantes en este trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son considerados uno de los ecosistemas más diversos del planeta, albergan el 70% de biodiversidad marina (Connel, 1978 en Acosta & Jaramillo-González, 2009); debido a la importancia económica, recreacional y turística son una fuente importante de bienes y servicios para las comunidades costeras (Geister & Díaz, 1997; Moberg & Folke, 1999 en Acosta & Jaramillo-González, 2009).

A pesar de esto desde la década del 70 se ha perdido el 40% de la cobertura original de este ecosistema en el Caribe (Aronson, Richard & Precht, 2006). Esto se debe básicamente a dos tipos de presiones, una generada por la naturaleza, es decir, que comprende fenómenos naturales como tormentas, ciclones, competencia, predación y bioerosión, fenómeno del niño, mortalidad de organismos, blanqueamiento, enfermedades epidémicas; y por otro lado presiones derivadas de las actividades antrópicas como la deforestación, sedimentación, contaminación química y por aguas negras, sobrepesca, turismo, así como el uso de técnicas extractivas perjudiciales como pesca con dinamita o extracción de especies protegidas en tiempos de veda (Díaz-Pulido, 1997). Este tipo de impactos muy puntuales en el área de distribución de la especie, puede tener un efecto significativo en su estado de conservación (Birkeland, 1997 en Ardila, Navas & Reyes, 2002), estos factores están presentes sobre todas las especies de corales, pero su respuesta frente a ellos no es la misma, los niveles de tolerancia difieren según la especie y la población de una especie, esto se refleja en el estado de conservación de las mismas (Ardila, Navas & Reyes, 2002).

El deterioro se evidencia en la reducción de diversidad y cobertura coralina (Gardner *et al.*, 2003; Martínez & Acosta, 2005 en Acosta & Jaramillo-González, 2009) e incremento de enfermedades, macroalgas y zoantídeos (Salazar-Vallejo, 2002; Valdivia & de la Guardia, 2004; Acosta *et al.*, 2005 en Acosta & Jaramillo-González, 2009).

Dada esta problemática, el objetivo principal de esta investigación es evaluar el estado actual de conservación así como la estructura y composición de cuatro parches arrecifales en Isla Fuerte. Se ubicaron cuatro estaciones en la zona nor-occidental de la isla y fueron evaluadas con ayuda de equipo autónomo de buceo. En cada una de estas estaciones se fijaron 5 transectos aleatoriamente ubicados, con una longitud de 10 m, divididos cada 10 cm, es decir que se obtuvieron 500 puntos de muestro por estación, esta técnica es llamada punto intercepto. La isla presenta riqueza baja, diversidad baja – media y una alta dominancia, la cobertura dominante esta determinada por sustratos diferentes a coral vivo, el deterioro coralino es medio y por último existe disimilitud entre los parches muestreados. En términos generales el estado de conservación de los arrecifes de la isla es medio.

Numerosos trabajos anteriores señalan que las actividades ejercidas en la isla como turismo, buceo, pesca, se ven evidenciadas en la reducción de cobertura de coral vivo, aumento en la aparición de enfermedades, aumento en la cobertura de algas y fondos arenosos, ocasionando perdidas en la riqueza y cobertura de coral afectando la comunidad que habita el ecosistema que en términos generales son el sustento de las comunidades costeras. Según el INVEMAR en sus informes anuales la disminución en las coberturas coralinas en el Caribe es evidente, incluyendo por supuesto a Isla Fuerte. En trabajos como Casas (2011) el deterioro coralino es superior al 50%, la diversidad es baja a media y la dominancia es alta, lo que sugiere que el estado de los arrecifes no es el mejor pero se esta a tiempo para implementar trabajos donde se complemente la caracterización de los arrecifes presentes en la isla, con esta información se pueden plantear en un futuro estrategias para un adecuado manejo y uso sostenible del ecosistema. Por lo tanto es de vital importancia desarrollar estos objetivos planteado para esta zona en particular ya que no existen datos precisos de las zonas a evaluar.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

General:

¿Cuál es el estado actual de conservación de los parches de arrecife de coral en la zona nor-occidental de Isla Fuerte, Colombia?

Específicas:

- ¿Cuál es la estructura y composición de cuatro parches arrecifales en isla Fuerte, Colombia?
- ¿Cuáles son las enfermedades y sus frecuencias de aparición en los cuatro parches de coral en Isla Fuerte, Colombia?
- ¿Existe similitud entre los cuatro parches de coral muestreados en Isla Fuerte, Colombia?

HIPÓTESIS

H₀: Los arrecifes de Isla Fuerte presentan un bajo estado de conservación.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL:

Evaluar el estado actual de conservación así como la estructura y composición de cuatro parches arrecifales en la zona nor-occidental de isla Fuerte, Caribe colombiano.

2.2. ESPECIFICOS:

- Determinar la estructura y composición de la comunidad arrecifal en cuatro parches coralinos.
- Establecer el estado actual de salud de la comunidad arrecifal en cuatro parches coralinos.
- Comparar el estado de salud así como la estructura y composición de los cuatro parches coralinos.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. MARCO TEÓRICO

Los arrecifes de coral son ecosistemas de vital importancia para comunidades costeras ya que son fuente de bienes y servicios ambientales, además albergan el 70% de la biodiversidad marina. La pérdida del ecosistema coralino obedece a dos tipos de presiones, naturales como el clima, la competencia, enfermedades y la presión antrópica como la sobrepesca, deforestación, sedimentación y turismo. El deterioro se evidencia en la pérdida de la diversidad y la reducción de la cobertura coralina (Figura 1).

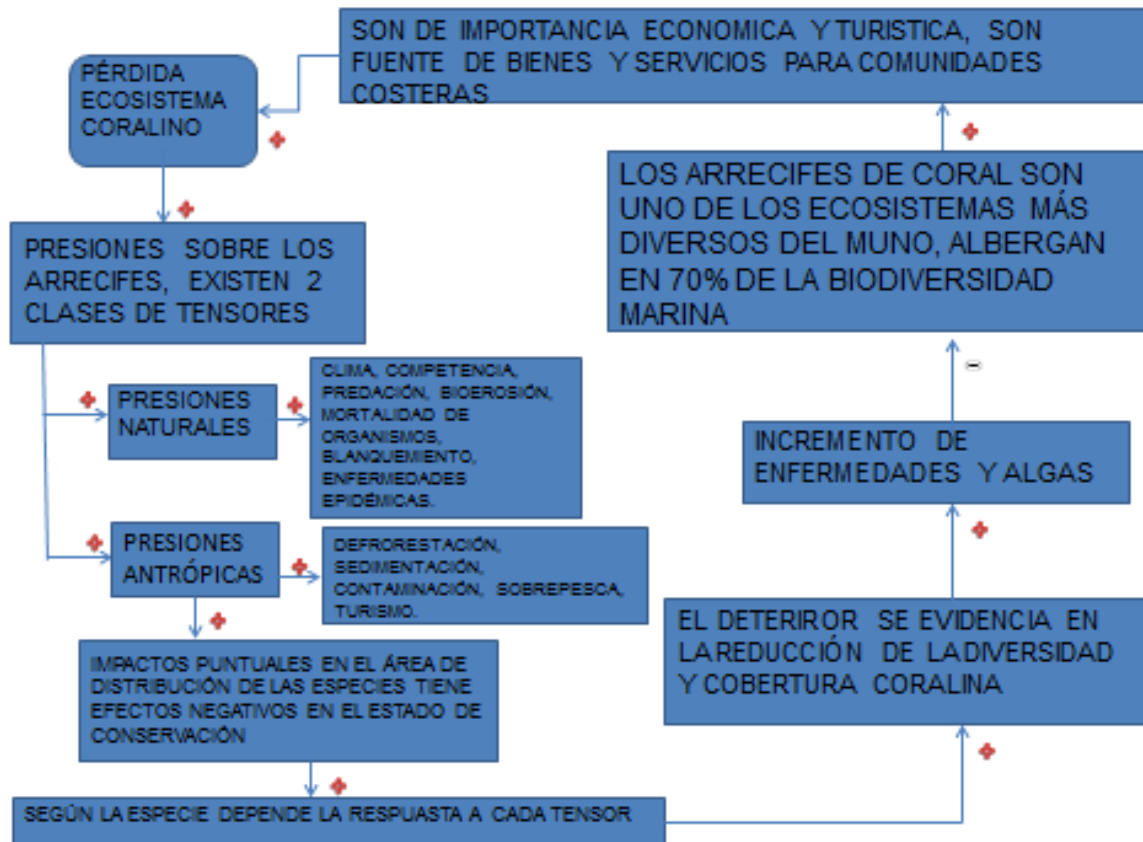


Figura 1. Diagrama conceptual

3.1.1. Ecología de arrecifes de coral

Un arrecife es una estructura construida por organismos vivos, que modifica la topografía del fondo marino y cuya dimensión es tal, que influencia las propiedades físicas y ecológicas del medio circundante, tienen una consistencia compacta para resistir la fuerza que ejerce el agua en sus movimientos, por consiguiente está en la capacidad de formar un hábitat duradero, estable y característicamente estructurado para albergar organismos especialmente adaptados. Los corales pétreos o duros (hermatípicos) son los principales formadores de los arrecifes; existen otros organismos capaces de formar arrecifes, especialmente algas coralináceas rojas que pueden llegar a cubrir los esqueletos o fragmentos de coral para formar estructuras calcáreas masivas. Se denominan crestas algales. Existen otros tipos de coral que no construyen estructuras sobre ellos mismos, se encuentran en aguas profundas, frías o están formadas por corales ahermatípicos, a estas comunidades se les llama comunidades coralinas (Díaz-Pulido, 1997).

Los arrecifes de coral y comunidades coralinas se desarrollan mejor en aguas tropicales con temperaturas que van desde los 20 hasta los 29 °C y con una salinidad de 33 a 36 partes por mil. También es importante que a pesar de ser un ecosistema tan productivo su desarrollo se da en aguas oligotróficas, es decir en aguas donde los nutrientes son escasos (Díaz-Pulido, 1997). El ecosistema coralino es un ecosistema muy productivo por si solo, alcanza productividades brutas que van desde 4 a 10 gr C/m²/día, estos valores tienden a aumentar si se tiene en cuenta la interacción continua con ecosistemas adyacentes como manglares y pastos marinos (Von Prael, 1985). Las altas concentraciones de nutrientes o materia orgánica favorecen el crecimiento de macroalgas, las cuales compiten con los corales y reducen sus poblaciones. Debido a la asociación simbiótica presente entre corales y zooxantelas su distribución se encuentra

controlada en gran parte por la luz incidente, es decir, hasta 80 m de profundidad se pueden encontrar estas formaciones.

Existen otros factores fisicoquímicos y biológicos que no son menos relevantes en el desarrollo de los arrecifes de coral, como por ejemplo el tipo de sustrato o grado de inclinación para la fijación de la plánula, la influencia de aguas dulces, aporte de sedimento y turbidez, temperaturas bajas (zonas de surgencia: alta carga de nutrientes y bajas temperaturas); predación, competencia con otros organismos (macroalgas, otros corales). Los sustratos inestables como los fondos arenosos o fangosos son poco adecuados para el desarrollo de los corales, con algunas excepciones, como la presencia de una especie de coral pétreo, *Manicina areolata*, que prefiere este tipo de sustratos para desarrollarse. Por otro lado los lugares rocosos o con antiguos esqueletos calcáreos son preferidos por las larvas de los corales. Las bajas temperaturas limitan el crecimiento de estos organismos, ya que algunas reacciones en la síntesis del esqueleto calcáreo no se pueden realizar o se retardan por debajo de 20 °C, alterando las tasas de construcción arrecifal (Díaz-Pulido, 1997).

Los arrecifes no son solo una alta fuente de energía, también actúa como un área de guardería y sustrato de protección para una infinidad de organismos, funcionando también como una estructura estabilizadora de playas y como una barrera rompeolas que frena los procesos erosivos sobre las franjas costeras expuestas (Von Prael, 1985).

3.1.2. Epidemiología

Las enfermedades y los eventos de blanqueamiento en corales se han vuelto comunes en estas últimas décadas, siendo estas responsables de mortalidades masivas y reducciones de la cobertura coralina en todo el mundo (Gil-Agudelo, *Et al.*, 2009).

Las enfermedades reportadas para el Caribe son las siguientes: enfermedad de la banda negra (EBN), presenta una distribución global, pero con reportes para el Caribe. Afecta 19 especies de corales pétreos y numerosos octocorales; esta enfermedad se le atribuye a la cianobacteria *Phormidium corallycticum*. La enfermedad de la banda blanca (EBB), existen dos tipos I y II, ambas reportadas para el Caribe. Ataca principalmente al género *Acropora*; la tipo I avanza a una velocidad de 2 cm/día, mientras que la tipo II 5 cm/día. En cuanto al patógeno que la causa no se ha determinado con exactitud debido a variaciones en las muestras contaminadas (Gil-Agudelo, *Et al.*, 2009).

Reacción de muerte súbita (RMS), se encuentra distribuida en el Caribe y el mar Rojo. Es un síndrome que afecta particularmente a corales estresados, provocando una muerte rápida, despoja de tejido vivo la colonia a una velocidad de 10 cm/hora, es una enfermedad contagiosa, ya que si se genera contacto a través de la columna de agua otros corales se ven afectados siempre y cuando estos también estén estresados, pero el agente que produce la enfermedad no ha sido determinado. Enfermedad de lunares oscuros (ELO), esta enfermedad fue descrita por primera vez en el archipiélago de Nuestra Señora del Rosario (Caribe colombiano), afecta principalmente a las especies *Siderastrea siderea* y *Montastrea annularis*, pero se tienen registros de 10 especies que se ven afectadas por esta enfermedad. Existen bacterias y hongos que presuntamente tiene que ver con el desarrollo de la enfermedad, pero no existe un patógeno determinado que la produzca (Gil-Agudelo, *Et al.*, 2009).

La enfermedad serratiosis de acróporas (SAC), presente en el Caribe, esta enfermedad es causada por una bacteria llamada *Serratia marcescens*, es muy común encontrarla en aguas residuales, ya que está presente en excretas humanas y animales. Esta enfermedad se desarrolla con mayor facilidad en épocas de lluvias y aguas cálidas; afecta principalmente a la especie *Acropora palmata*. Este podría ser el primer caso comprobado donde la contaminación generada por el hombre causa una enfermedad en corales. La Aspergilosis (ASP), es una enfermedad producida por un hongo llamado *Aspergillus sydowii*, es

terrestre y poco común en ambientes marinos, no se reproduce en el mar pero sí germina. Afecta solo a *Gorgonia flabellum* y *Gorgonia ventalina* en el Caribe (Gil-Agudelo, *Et al.*, 2009).

La enfermedad de la plaga blanca (EPB), se presentan varios tipos I, II y III; se diferencian por la velocidad que dañan o desprenden tejido vivo, la tipo I afecta principalmente a los géneros *Colpophyllia* y *Mycetophyllia* con una velocidad de ataque de 3.1 mm/día; mientras que la tipo II avanza a 2 cm/día atacando a la especie *Dichocoenia stokesii*. La tipo III avanza con mayor velocidad y fue encontrada en grandes colonias de *Montastrea annularis* y *Colpophyllia natans*. En cuanto a que la produce solo se ha encontrado una bacteria llamada *Aurantimonas coralicida* culpable de causar el tipo II de esta enfermedad. Por último la enfermedad de la banda amarilla (EBA), presente en el Caribe; afecta a *Montastrea faveolata*, *Colpophyllia natans*, *Diploria spp*, *Agaricia agaricetes*, *Favia fragum* y *Porites astreoides*; el agente que produce la enfermedad no ha sido determinado (Gil-Agudelo, *Et al.*, 2009).

Para el caso colombiano el SIMAC (Sistema nacional de monitoreo de arrecifes coralinos en Colombia) ha identificado ocho enfermedades, siete de estas han sido mencionadas anteriormente, solo banda roja (EBR) aparece reportada por el SIMAC. Existen 36 especies de corales en Colombia que se ven afectados por al menos una de estas enfermedades reportadas, además de esto algunas especies han sido monitoreadas y presentan nuevas afecciones o cuentan con cuatro o cinco afecciones al mismo tiempo (Gil-Agudelo, *Et al.*, 2009).

3.1.3. Línea base Isla Fuerte

La plataforma insular de Isla Fuerte ocupa un área de 13 km², de los cuales aproximadamente el 20% se encuentra emergida (Díaz, *Et al.*, 1996). La terraza somera es una extensión uniforme que se vuelve levemente profunda desde la isla hacia el occidente, sur-occidente y sur. La porción occidental de esta terraza tiene una profundidad máxima de 7 a 8 m y se conoce como “Bajo el Bobito”; el fondo de la terraza está desnudo, pero sus colonizadores en este caso son algas filamentosas y macroalgas verdes como *Halimeda opuntia* y algas pardas como *Dyctiota spp* y *Dyctiopteris delicatula*. También se presentan colonias aisladas de corales pétreos entre los que se encuentran *Diploria strigosa*, *Siderastrea siderea* y *Agaricia agaricetes* (Díaz, *Et al.*, 1996).

Hacia el sur-orienté de la isla, donde la dinámica del oleaje es más reducida la terraza está cubierta por sedimentos, lo que posibilita la presencia de praderas marinas, en especial *Thalassia testudinum*. En la zona periférica de la plataforma se encuentra el mayor crecimiento de corales pétreos; en la zona norte y nor-occidental las formaciones arrecifales van desde el nivel del mar hasta 28 m de profundidad. Los primeros 2 m están dominados por el zoantídeo *Palythoa* y por el hidrocoral *Millepora*, posteriormente aparecen formaciones de *Diploria strigosa* y *Acropora palmata* que se encuentra muerto y colonizado por algas a una profundidad máxima de 5 m, lo sigue una zona de *Agaricia tenuifolia* muerta en su mayoría, a una profundidad de 5-7 m (Díaz, *Et al.*, 1996).

Posteriormente aparecen formaciones de *Siderastrea siderea*, *Porites astreoides*, *Colpophyllia natans* y *Montastrea spp*. Seguido de esto entre 8 y 12 m de profundidad se encuentra una zona con presencia de *Acropora cervicornis* muerto en su totalidad y colonizado por algas pardas, también se encuentran colonias grandes de corales masivos como *Montastrea faveolata*; también encontramos colonias de *Mycetophyllia ferox*, *Mycetophyllia lamarckiana*, *Isophyllia sinuosa*, *Montastrea cavernosa*, *Porites porites*, *Siderastrea siderea*, *Colpophyllia natans*, *Diploria strigosa* y *Agaricia spp*. En las grandes cabezas de *Montastrea* se aloja

otro coral críptico *Stylaster roseus*; la diversidad de especies y la cobertura relativa de coral aumentan gradualmente con la profundidad, es decir a 25-28 m donde termina el talud para dar lugar a una llanura de arena que rodea la plataforma (Díaz, Et al., 1996).

3.1.4. Oceanografía física del mar Caribe

El Caribe, es un mar tropical situado entre América Central y América del Sur por el costado oriental, cubriendo la placa que lleva su mismo nombre, cuenta con una extensión aproximada de 2'763.000 Km² y su punto más profundo se encuentra en la fosa de islas Caimán a unos 7.500 m bajo el nivel del mar, se considera que tiene una edad cercana a los 180 millones de años.

Para el caso particular del Caribe, los vientos alisios que son producidos por los movimientos de la tierra y el gradiente de temperatura que genera la radiación solar, son los responsables de la generación de corrientes marinas superficiales y subsuperficiales que van en el mismo sentido de los vientos. Por otro lado, existe otro factor que incide en el movimiento de las aguas, el llamado efecto Coriolis, que actúa perpendicularmente a la dirección del movimiento de la superficie de la tierra; para el hemisferio norte esta fuerza ejerce presión y desvía el cuerpo de agua hacia la derecha y para el hemisferio sur el efecto es contrario, es decir, hacía la izquierda. Con respecto al plano horizontal, la fuerza de Coriolis no tiene un efecto considerable pero a medida que avanzamos hacia el norte o el sur esta fuerza ejerce una influencia directa (Jimeno & Reichel-Dolmatoff, 2012).

Para el Caribe colombiano existen dos tipos de corrientes marinas estacionales que tienen influencia en el clima y la productividad de esta zona del país. Las superficiales y las ascensionales (surgencia); existen dos corrientes superficiales que circulan de manera intercalada en la costa colombiana, una va en sentido este-oeste, llamada la corriente Caribe y otra que va en dirección oeste-este que lleva el nombre de contracorriente de Colombia. Estas dos corrientes siguen el patrón de vientos dominantes en cada época. Por ejemplo, la Caribe obedece a

los vientos alisios que viajan de noreste a oeste y la contracorriente con vientos que tiene dirección suroeste-este. La corriente Caribe colinda con el litoral cuando los alisios están en su tope de actividad, es decir, verano o estación de sequía (diciembre-abril) y en menor medida (julio-agosto). La contracorriente solo se percibe durante la estación húmeda (mayo-junio) en menor medida, mientras que en la estación seca (septiembre-noviembre) su presencia es mucho más alta. Al parecer la contracorriente llega exclusivamente hasta el Cabo de la Vela en el departamento de la Guajira. La corriente ascensional que interactúa con la costa colombiana, la misma surgencia, armoniza con la presencia de la corriente Caribe y solo es significativa entre Punta Gallinas (Guajira) y Puerto Colombia (Atlántico) (Jimeno & Reichel-Dolmatoff, 2012).

La velocidad de las corrientes también depende del patrón de vientos y la estación predominante en la zona; la corriente Caribe en estación de sequía alcanza una velocidad de 60-80 cm/s, mientras que en la estación húmeda se reduce aproximadamente a 40-60 cm/s. La dirección de esta corriente del Caribe está definida por el choque de esta contra la parte sur de la plataforma continental de Nicaragua; una parte sigue su rumbo mientras la otra parte toma dirección hacia Costa Rica y Panamá produciendo una corriente de tipo ciclónico de eje cambiante (en el sentido de las manecillas de reloj). Durante la estación húmeda esta corriente llega hasta la Cabo de la Vela y en época de sequía se alcanza a notar la presencia de la corriente Caribe hasta en las costas del departamento del Magdalena. Gracias al movimiento que sufren estas aguas, absorben una gran cantidad de calor y lo transfieren a la atmosfera; esto explica el clima húmedo en zonas del Golfo de Urabá y su respectiva disminución hacia la Guajira (Jimeno & Reichel-Dolmatoff, 2012).

Por otro lado la surgencia, es muy significativa entre Punta Gallinas y Puerto Colombia; este es un afloramiento de aguas profundas, aproximadamente entre 120 y 160 m de profundidad, también es generada por los vientos alisios que producen un transporte de agua superficial y subsuperficial de manera perpendicular y hacia la derecha de la dirección del viento. Cuando está cerca a la

costa queda un vacío de agua, el cual es llenado por aguas provenientes de las profundidades cargadas de energía y nutrientes, es decir, llegan a la superficie con temperaturas de 21 a 24°C y con una salinidad aproximada de 36.5 a 37.2 partes por mil.

En Colombia la surgencia tiene unos límites ya conocidos durante la estación seca, este fenómeno se presenta al nor-oeste de la península de la Guajira y frente al cabo Aguja (límites PNN Tayrona y Taganga) en el Magdalena. Para estaciones húmedas la surgencia es nula por la falta de vientos que propulsen esta dinámica (los alisios del nor-este no están); a excepción de la península de la Guajira donde aun soplan estos vientos, esto quiere decir que esta zona del Caribe colombiano tiene surgencia durante todo el año lo que la convierte en una zona muy rica en fauna y flora. Otra de las razones por la cual no se produce este movimiento en otras zonas en esta época del año es por la presencia de la contracorriente de Colombia; esta viene acompañada por vientos que soplan en dirección suroeste-oeste, esto produce un efecto contrario a la surgencia (Jimeno & Reichel-Dolmatoff, 2012).

Para Isla Fuerte la corriente marina prevaleciente es la contracorriente del Darién, la cual es una corriente superficial que entra por Panamá, que tiene un componente dominante hacia el nor-orienté, bordea las costas colombianas dependiendo de la intensidad de los vientos Alisios con velocidades de 1 a 3 Km/h y fluye en dirección opuesta a la corriente del Caribe. La marea, al igual que a lo largo de la costa del Caribe colombiano es semidura con fuerte desigualdad diurna y su amplitud máxima es de 50 cm. La temperatura superficial del mar se encuentra alrededor de 28 °C y la salinidad en 36 partes por mil, pero es probable que en Isla Fuerte la salinidad se vea influenciada durante la época de lluvias por turbiedad y reducción de la salinidad a causa de la escorrentía continental e insular (Díaz, *Et al.*, 1996).

3.1.5. Estructura, composición y diversidad

Las investigaciones en ecología descriptiva se han visto principalmente centrados en el conocimiento estructural, por medio de la cuantificación e identificación de las especies y las variaciones que se dan sobre los gradientes espaciales y temporales, donde el objetivo de estos estudios es determinar si existen esquemas repetitivos en las propiedades colectivas y emergentes (Ramírez, 1999).

La caracterización de una comunidad se lleva a cabo teniendo en cuenta la estructura de ésta y su relación con el ambiente físico. Entendida como el orden, la estructura de la comunidad, es la distribución y las relaciones que se pueden dar entre las distintas especies que conforman una comunidad y depende de múltiples factores tanto físicos como biológicos (González, 2003).

El término estructura hace referencia a la forma como están organizadas las comunidades. El conjunto de estructura vertical y horizontal conforma la estructura espacial, ya que los dos componentes se refieren a la comunidad en el espacio. La estructura cualitativa se refiere por ejemplo a la cobertura que aporta cada especie a la comunidad (Valverde *Et al.*, 2007).

La diversidad tiene unos componentes, riqueza entendida como número total de individuos de la especie y la distribución de unidades basada en la abundancia relativa, dominancia y área. La abundancia, dominancia y riqueza son la base de la composición de una comunidad; la diversidad se encuentra en diferentes niveles, especie, población, comunidad y ecosistema basada siempre en la variabilidad genética (Watson *Et al.*, 1995).

Para poder analizar la diversidad se debe conocer el número de especies (riqueza) y el número de individuos por cada especie (abundancia relativa). La manera más sencilla de medir diversidad es cuantificarla en función del número de especies presentes en una comunidad. Existen índices que son usados para

evaluar la diversidad, los cuales hacen referencia a expresiones matemáticas para valorar la relación entre el número de especies y la proporción de sus individuos. La estructura de una comunidad puede ser evaluada en términos de número de individuos, biomasa, unidad de área, cobertura (Smith y Smith, 2000). Los índices más comunes para calcular diversidad son Shannon-Wiener (diversidad/ equidad) y Simpson (diversidad/dominancia) (Tabla 1).

Tabla 1. Rango para la evaluar la diversidad en una comunidad según los índices de Simpson y Shannon-Weanner.

INDICE SIMPSON	INDICE SHANNON	DIVERSIDAD
0-0.5	>1	MUY BAJA
>0.5-0.7	>1-1.8	BAJA
>0.7-0.8	>1.8-2.1	MEDIA
>0.8-0.9	>2.1-2.3	ALTA
>0.9-1	>2.3	MUY ALTA

La interpretación del índice de Simpson evalúa la diversidad en función de la dominancia, si existen especies dominantes en la zona de trabajo, la diversidad tiende a disminuir, lo contrario pasa si no existen especies dominantes en la zona, el valor de diversidad aumenta. El índice de Shannon-Wiener determina la diversidad en función de la uniformidad o equidad de las especies y sus abundancias; cuando la abundancia es variable el valor de diversidad es bajo, mientras que las abundancias son similares el índice tiende a aumentar (Ramírez, 2006).

3.2. Antecedentes

Desde el año 1969 se destacan las investigaciones sobre arrecifes y formaciones coralinas en el Caribe colombiano, Milliman (1969) produce la zonación ecológica y describe las formaciones coralinas de los atolones de Bolívar o Courtown, Albuquerque, banco Roncador y banco Serrana. Pfaff (1969) reporta 48 especies de corales escleractinios y tres hidrocorales para las islas del Rosario en la revista

“Mitteilungen aus dem Instituto Colombo-Alemán de investigaciones científicas Punta Betín”; en la misma revista y año Geyer da una lista preliminar de los corales de la Ensenada de Concha y describe un pequeño arrecife de borde compuesto por *Porites porites* sobre la costa oriental de la ensenada. Estas dos publicaciones toman importancia en la primera mitad de la década de 1970, ya que se comprobó que el pequeño arrecife de borde ha desaparecido completamente a consecuencia de actividades antrópicas. En 1972 Antonius reporta 33 especies de corales para la bahía de Santa Marta y describe con base en transectos las formaciones coralinas de Punta Betín, el Morrito y el Morro Grande; Geister en el mismo año, presenta dos trabajos sobre la edad de las calizas coralinas del Pleistoceno y una descripción del crecimiento del coral columna *Dendrogyra cylindrus* en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. A su vez en 1973 el mismo autor publica una descripción de las formaciones arrecifales de barlovento de la isla de San Andrés, siendo una de las comunidades mejor estudiadas en cuanto a su estructura y geología (Von Prael, 1895).

Erhardt y Werding en (1975), publican un trabajo sobre las formaciones coralinas de la bahía de Santa Marta, adicionando 12 nuevas especies a la lista de Antonius, y describen estas formaciones por zonas de acuerdo con las especies coralinas dominantes. En el mismo año Geister publica su tesis doctoral sobre el desarrollo geológico y la estructura arrecifal de la isla de San Andrés. Por su parte Erhardt y Meinel realizan un trabajo sobre las formaciones coralinas de la isla Caycen en el archipiélago de San Bernardo, donde se presenta una lista taxonómica preliminar y descripciones someras de las formaciones coralinas (Von Prael, 1895).

En el año 1976 Werding y Erhardt presentan una descripción detallada de las formaciones coralinas de bahía Chengue y Erhardt reporta la presencia del coral ahermatípico *Stephanocyathus paliferus* a 300 m de profundidad en la costa de la Guajira. En 1977 Von Prael, Guhl y Grogl exploran las zonas arrecifales de la isla de Tintipan y Múcura, en el archipiélago de San Bernardo. En el mismo año

Geister reporta restos fósiles de Pocillopora en la plataforma pleistocénica expuesta de San Andrés, registro que reviste gran importancia, ya que se consideraba que estas formaciones habían desaparecido del área del Caribe durante el Mioceno, actualmente este género es dominante en el Pacífico colombiano. Werding y Sánchez en (1977) describen las comunidades coralinas de Isla Grande, Isla del Rosario, Isla Arena e Isla del Tesoro con el fin de presentar al extinto INDERENA, las bases para la creación del Parque Natural Submarino de las Islas del Rosario. En 1980 Werding organiza la expedición Providencia I, en donde se tiene oportunidad de explorar las formaciones arrecifales de la isla, la cual se caracteriza por presentar uno de los arrecifes más grandes y extensos de América. Ramírez y De La Pava (1981) en su tesis de grado describe los arrecifes y formaciones coralinas de la isla de Tierra Bomba aportando datos cuantificados de gran valor. En 1983 Von Prah1 presenta un mapa con la distribución de las formaciones arrecifales, una lista de las especies observadas y una descripción ecotopográfica de los arrecifes como resultado de la expedición a la isla de Providencia (Von Prah1, 1895).

Los estudios presentes para Isla Fuerte aparecen en 1975 por parte de Anderson, quien fue el primero en publicar acerca de la historia humana, el clima, la geología, la fauna y flora terrestre y aspectos socioeconómicos de la isla, se refiere de manera marginal sobre la presencia de arrecifes y pastos marinos alrededor de la isla. Prah1 y Erhardt (1985) comentaron brevemente acerca de los arrecifes y las especies de coral más comunes de Isla Fuerte con base en informaciones suministradas por buzos. Torres (1993) realiza una descripción de la zonación ecológica general de Bajo Bushnell, mientras que Sánchez y Ortiz (1992) registraron la presencia de corales negros (*Antipatharia*) colectados en el bajo (Díaz, *Et al.*, 1996).

Estudios más recientes como Escobar (2006) donde realizó una caracterización del estado de salud, reportando 25 especies dentro de las cuales las que presentaron una mayor dominancia fueron *Agaricia tenuifolia*, *Porites porites*, *Siderastrea siderea*, *Montastrea cavernosa* y *Millepora alcicornis*. Encontró que el

estado de salud de los parches evaluados es desfavorable, el deterioro coralino fue de 59.8%, los valores de diversidad según el índice de Shannon estuvieron entre 1,23 y 1,94 mientras que los valores de Simpson están entre 0,5 y 0,8, concluyendo que la zona cuenta con una baja y media diversidad y una alta dominancia de especies.

Casas (2011) realizó un trabajo enfocado en el estado de conservación de los arrecifes ubicados en la zona sur-oriental de la plataforma continental en Isla Fuerte. Encontró 29 especies de corales, donde dominaban especies como *Porites porites*, *Siderastrea siderea*, *Agaricia tenuifolia*, *Montastrea faveolata*, *Colypophilia natans*. El deterioro coralino fue del 51,1% para toda la zona; el porcentaje de coral enfermo fue de 7% y el de coral muerto de 9%, indicando un buen estado de salud en el arrecife, también que la afección más representativa fue el blanqueamiento coralino.

Por otro lado (Bernal), 2012 hace un estudio sobre la cobertura arrecifal, uso y normativas de manejo. Encuentra valores de diversidad altos según el índice de Simpson y a *Siderastrea siderea* como la especie más abundante. Mientras que el índice de diversidad de Shannon resultó muy bajo, según los índices ecológicos para comunidades coralinas los lugares muestreados poseen un alto estado de conservación.

4. ÁREA DE ESTUDIO

Isla Fuerte se encuentra ubicada al sur-oeste del delta de Tinajones, a 11 Km de la línea de costa (Figura 2), cuenta con un área emergida de 3.25 Km² y una elevación máxima de 12 m; pertenece al departamento de Bolívar. Los arrecifes de esta isla pertenecen a un complejo arrecifal denominado Isla Fuerte-Bajo Bushnell y Burbujas, con una extensión total de 32.5 Km² y una extensión de cobertura coralina viva de 16.6 Km²; los tipos de arrecifes presentes en la isla son franjeantes, de parche y bancos coralinos sobre domos diapíricos (INVEMAR, 2009). Es una isla coralina, que hace parte de un cordón de islas del mismo origen, su aparición se reporta hacia el Holoceno (Von Prah, 1985).

El clima de la isla es semiseco y cálido con un comportamiento pluviométrico anual bimodal, con una precipitación de 1300 mm al año; la temperatura promedio anual es de 27°C y vientos predominantes de nor-este. La corriente marina prevaleciente es la contracorriente del Darién con un componente dominante hacia el nor-este con velocidades de 1 a 3 Km/h, la marea es semidura con fuerte desigualdad diurna y su amplitud máxima es de 50 cm. La temperatura superficial del mar es aproximadamente de 28°C y la salinidad se mantiene en 36 partes por mil, pero el área más cercana a la isla y a la costa se ve influenciada en época de lluvias y la salinidad disminuye durante estos periodos (Díaz, *Et al.*, 1996).



Figura 2. Imagen satelital Isla Fuerte (Google Earth, 2012).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en 3 fases, primero se recopiló información secundaria, posteriormente se seleccionaron los parches donde se realizó el trabajo. La segunda fase, radicó en el trabajo de campo, donde se recolectaron los datos necesarios y la última fase tiene que ver con el análisis de esta información recolectada (Figura 3).

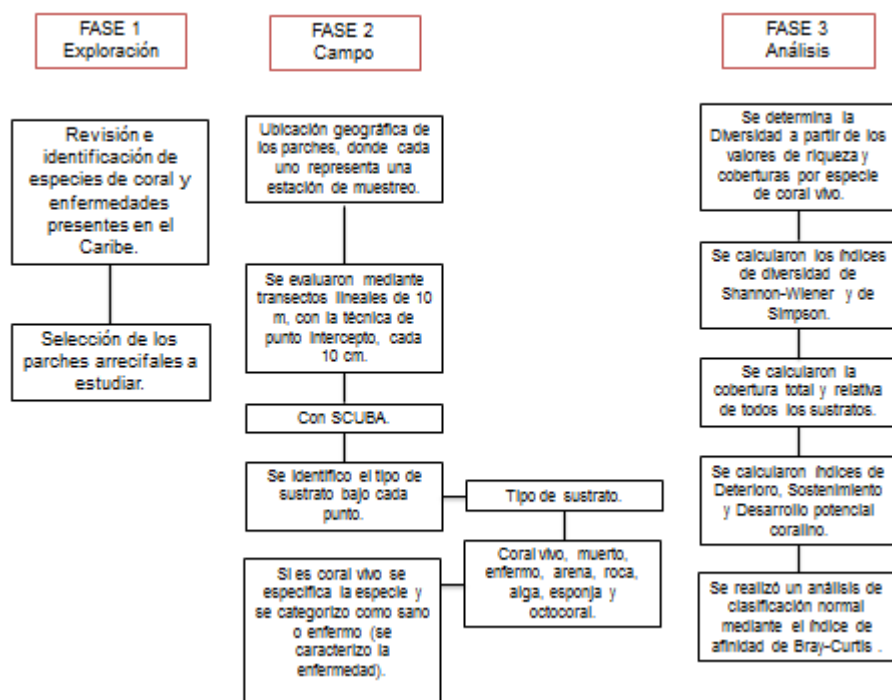


Figura 3. Diagrama metodológico

5.1. Fase 1 (Exploración)

Se hizo una revisión de información secundaria, enfatizando en las especies de corales que se encuentran en el Caribe y por supuesto en Isla Fuerte, adicional a esto la revisión incluyó las enfermedades que han sido reportadas para la misma zona.

Posteriormente se seleccionaron los 4 parches arrecifales donde se realizó el estudio (Los Pargos, Los Mangos, El Ingles y Cantos Medio) (Figura 2), estos fueron escogidos ya que no existían datos en esta zona del arrecife de la isla.

5.2. Fase 2 (Campo)

Se ubicaron y reconocieron cuatro parches arrecifales en la zona nor-occidental de Isla Fuerte, cada parche corresponde a una estación de muestreo; cada una de estas se evaluó mediante el uso de equipo autónomo de buceo SCUBA.

Se emplearon transectos lineales y la técnica de punto intercepto, donde se identifica el tipo de sustrato presente bajo una serie de puntos marcados en una cuerda (Ramírez *et al.*, 1999). En cada estación se trazaron 5 trasectos, cada transecto lineal cuenta con una cuerda de 10 m de longitud; esta se divide en 100 puntos, es decir que cada 10 cm se realizó una marca. Según Ramírez *et al.*, (1999), la representatividad de muestreo en corales para poder estimar la cobertura, requiere de 1500 puntos para esta metodología.

Se tuvo en cuenta el tipo de sustrato que está presente bajo el punto de la cuerda, es decir si es coral vivo, coral muerto, algas, fondo rocoso, fondo arenoso, esponjas u octocorales. Si se trata de coral vivo se indicó la especie, se categorizó como sano o enfermo (identificando la enfermedad).

5.3. Fase 3 (Análisis de datos)

Para el análisis de los datos en cada zona se calculó:

Riqueza = S, donde S es el número de especies de coral encontradas.

Cobertura total por sustrato (i)

Por cada estación se realizó una valoración de la cobertura en porcentajes para los elementos conformantes del sustrato como coral vivo, coral muerto, algas, fondo rocoso, fondo arenoso, esponjas y octocorales.

La cobertura de los corales y algunos organismos asociados se estimó mediante la fórmula:

$$\mathbf{Cob.total = \# \text{ punto } i / \# \text{ puntos.totales}}$$

Donde la cobertura total hace referencia al número de puntos donde esta presente la especie i , y al número total de puntos muestreados por estación.

Cobertura relativa

Se determinó la cobertura relativa en cada estación, la cual se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Cob.relativa_i = Cob.total_i / \sum Cob.de.todas.las.especies * 100}$$

Se determinaron las especies que conforman el sustrato.

Índices de diversidad

Shannon-Wiener (1949)

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (1949), es usado para el estudio de comunidades grandes, por cuestiones de tiempo, infraestructura, personal, costos, no puede abarcarse la totalidad del estudio “Es por esto que su valor debe estimarse a partir de una muestra, a pesar de que su cálculo arroje un estimador sesgado, por cuanto se desconoce el verdadero valor del número de especies del taxa bajo estudio” (Ramírez, 1999), opera bajo la siguiente fórmula:

$$\mathbf{H' = - \sum P_i \ln P_i}$$

Donde H' es la diversidad de especies, P_i es la proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie.

Simpson (1949)

Está determinado por:

$$\lambda = \sum P_i^2$$

Donde P_i es la abundancia proporcional de la especie de coral i , es decir la proporción de individuos en el total de la muestra que pertenece a la especie de coral indicando su contribución a la comunidad. El rango de diversidad oscila entre 0 y 1, si el valor se encuentra cercano a 1 se puede afirmar que la diversidad es alta y la dominancia es baja.

Índices Ecológicos para comunidades coralinas (Ramírez et al., 1994)

Se calculó el deterioro coralino propuesto por Ramírez et al. (1994), para esto se estimaron los índices de Desarrollo Potencial, Sostenimiento Coralino y Deterioro Coralino.

Índice de Desarrollo Potencial

Este índice es asumido como la cobertura coralina que se puede dar en una zona arrecifal bajo condiciones propicias, donde dicha cobertura se aproxima al sustrato que no abarca a lo recubierto por arena (Ramírez et al., 1994).

$$**Desarrollo .Potencial = 100 - \% Arena**$$

Índice de Sostenimiento Coralino

Éste índice es tomado como el porcentaje de coral vivo en la zona, y el desarrollo potencial, su capacidad de regeneración respecto a las incidencias ambientales que se presenten. Se considera en buen estado la comunidad coralina si la cantidad de vegetación (algas competidoras) es baja.

$$**S.Coralino = \% Coral.Vivo / Desarrollo.Potencial * 100**$$

Índice de Deterioro Coralino

Una vez se calcularon los índices anteriormente mencionados, es posible establecer el Índice de Deterioro Coralino.

$$\text{Deterioro.Coralino} = 100 - \text{Sostenimiento.Coralino}$$

Tabla 2. Interpretación índices ecológicos para comunidades coralinas (Ramírez *Et, al.*, 1986).

ÍNDICES ECOLÓGICOS PARA COMUNIDADES CORALINAS	
VALORES (%)	INTERPRETACIÓN
0 – 49	BAJO
50 – 100	MEDIO
>100	ALTO

Índice de afinidad de Bray-Curtis (1957)

Se realizó una comparación entre las zonas de muestreo, con la finalidad de conocer qué tan parecidos o tan diferentes son los lugares donde se realizó el estudio en términos de la cobertura relativa de las especies. Se calculó por medio del índice de afinidad de Bray-Curtis (1957), el cual expresa el grado de semejanza entre dos conjuntos de entidades multivariadas (Ramírez, 1999). Por medio de este índice se determinó la similaridad entre los parches estudiados, lo que permite un agrupamiento entre los parches. Por otro lado brinda información sobre los patrones de distribución de la comunidad (Ramírez, 1999). Este índice se encuentra dominado por las especies más abundantes, a la vez que sobrestima la afinidad entre atributos no comunes, pero de magnitudes pequeñas.

6. RESULTADOS y DISCUSIÓN

Riqueza

En las 4 estaciones de muestreo se registraron 22 especies de corales escleractinios, organizados en 2 clases y 10 familias. La familia con mayor representatividad es FAVIIDAE ya que está representada por 6 especies de coral; por otro lado la clase dominante fue ANTHOZOA con 20 especies (Tabla 3).

Tabla 3. Especies reportadas en Isla Fuerte en las 4 estaciones de muestreo. A: Este trabajo B: Escobar, 2006 C: Casas, 2011 D: Bernal, 2012

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	A	B	C	D
ANTHOZOA	FAVIIDAE	<i>Diploria strigosa</i>	X	X	X	X
		<i>Diploria clivosa</i>	X	X	X	X
		<i>Diploria labyrinthiformis</i>	X	X	X	X
		<i>Colypophilia natans</i>	X		X	X
		<i>Montastrea faveolata</i>	X	X	X	
		<i>Montastrea cavernosa</i>	X	X	X	X
	ACROPORIDAE	<i>Acropora cervicornis</i>	X	X	X	
		<i>Acropora palmata</i>	X	X	X	X
	PORITIDAE	<i>Porites porites</i>	X	X	X	X
		<i>Porites astreoides</i>	X			X
	SIDERASTREIDAE	<i>Siderastrea siderea</i>	X	X	X	X
		<i>Siderastrea radians</i>	X		X	X
	AGARICIIDAE	<i>Agaricia agaricetes</i>	X	X	X	X
		<i>Agaricia tenuifolia</i>	X	X	X	X
		<i>Agaricia undata</i>	X	X	X	X
	MUSSIDAE	<i>Scolymia lacera</i>	X			
		<i>Isophyllia sinuosa</i>	X			
	MEANDRINIDAE	<i>Dichocoenia stokesii</i>	X	X	X	
		<i>Meandrina meandrites</i>	X	X	X	X
	CARYOPHYLLIIDAE	<i>Eusmilia fastigiata</i>	X	X	X	X
HIDROZOA	MILLEORIDAE	<i>Millepora complanata</i>	X	X	X	X
		<i>Millepora alcicornis</i>	X	X	X	X

La riqueza, entendida como el número de especies presentes por cada estación de muestreo, arroja que tres de las cuatro estaciones contaban con 11 especies de coral (Los Mangos, El Ingles, Cantos Medio). Por otro lado la estación Los Pargos presentó 10 especies de coral escleractinios (Figura 4).

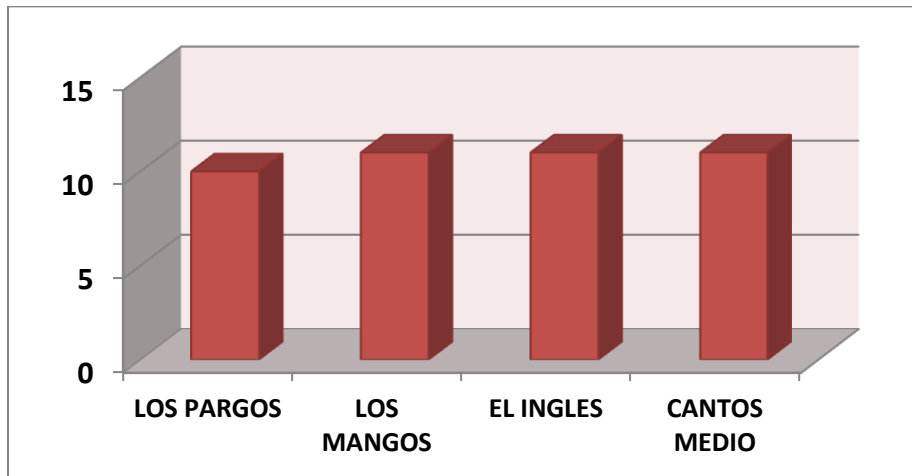


Figura 4. Valores de riqueza por cada estación muestreada.

Las especies *Diploria strigosa*, *Montastrea cavernosa*, *Porites astreoides* y *Siderastrea siderea* se encuentran reportadas en las 4 estaciones donde se realizó el muestreo, mientras que 10 especies se reportaron solo para una estación (Tabla 4).

En este estudio se encontró una riqueza ligeramente menor a la reportada en estudios previos realizados en la zona (Tabla 4), Escobar (2006) encontró 25 especies, Casas (2011) reportó 29, mientras que Bernal (2012) reportó 20 especies de corales, esto indica que la riqueza de la zona es constante a través del tiempo. Las diferencias radican en las especies que se comparten; es decir hay similitud en cuanto a la riqueza pero no a la composición, Casas (2011) reporta 6 especies *Millepora sp1*, *Madracis mirabilis*, *Madracis decactis*, *Manicina areolata*, *Solenastrea bournoni* y *Mycetophyllia aliciae* que no se encuentran reportadas por el resto de autores; mientras que Escobar (2006) reporta a *Stephanocoenia michilini* y 4 morfotipos no identificados Para este caso las especies *Scolymia lacera* e *Isophyllia sinuosa* se reportan en este trabajo pero en ninguno más.

A diferencia de los otros tres trabajos, este estudio reporta dos especies como nuevas dentro del listado para la zona: *Scolymia lacera* y *Isophyllia sinuosa* (Tabla 3).

Las riquezas de cada estación fueron muy similares (Figura 4 y Tabla 3 Y 4), estos valores no varían drásticamente debido a la similitud de estructura horizontal.

Tabla 4. Especies identificadas por cada estación de muestreo.

ESPECIE	Los Pargos	Los Mangos	El Ingles	Cantos Medio
<i>Diploria strigosa</i>	X	X	X	X
<i>Diploria clivosa</i>	X	X		
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	X			X
<i>Colypophilia natans</i>			X	
<i>Montastrea faveolata</i>		X		
<i>Montastrea cavernosa</i>	X	X	X	X
<i>Acropora cervicornis</i>	X	X		X
<i>Acropora palmata</i>		X		X
<i>Porites porites</i>		X	X	
<i>Porites astreoides</i>	X	X	X	X
<i>Siderastrea siderea</i>	X	X	X	X
<i>Siderastrea radians</i>	X			
<i>Agaricia agaricetes</i>	X			
<i>Agaricia tenuifolia</i>		X	X	X
<i>Agaricia undata</i>			X	X
<i>Scolymia lacera</i>			X	
<i>Isophyllia sinuosa</i>				X
<i>Dichocoenia stokesii</i>			X	
<i>Meandrina meandrites</i>			X	
<i>Eusmilia fastigiata</i>				X
<i>Millepora complanata</i>	X			
<i>Millepora alcicornis</i>		X		

Cobertura total por sustrato

La mayor cobertura registrada en los corales es para *Diploria strigosa* con valores entre 0,6% y 23,2% en las estaciones “El Ingles” y “Los Pargos” respectivamente y con un valor promedio de 8,1% para toda la zona de trabajo, además ésta especie está presente en las 4 estaciones muestreadas. En segundo lugar esta *Acropora cervicornis* con valores de cobertura entre 2,4% y 8,8% en las estaciones “Los Mangos” y “Cantos Medio” respectivamente y con un valor promedio de 4,65% para todo el estudio, se encuentra presente en 3 de las 4 estaciones. Los valores de cobertura de coral vivo son altos en 2 de las 4 estaciones, en “Los Pargos” con un valor de 38,8% y en “Los Mangos” con 48,2%. Los porcentajes promedio de otras coberturas son altos con valores de 10,8% para fondo arenoso, 26,2% para fondo rocoso y 19,8% para algas; lo que indica que los corales están rodeados por sustratos desnudos (Tabla 5).

Tabla 5. Cobertura total de coral vivo, muerto y otros sustratos por cada estación muestreada (%).

SUSTRATRO	ESTACIONES				
	LOS PARGOS	LOS MANGOS	EL INGLES	CANTOS MEDIO	PROMEDIO
Corales Escleractinios					
<i>Diploria strigosa</i>	23.2	5.6	0.6	3	8.1
<i>Diploria clivosa</i>	2.2	8.4	0	0	2.65
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	1	0	0	0.2	0.3
<i>Colypophilia natans</i>	0	0	0.2	0	0.05
<i>Montastrea faveolata</i>	0	1.6	0	0	0.4
<i>Montastrea cavernosa</i>	0.8	5.2	0.2	0.4	1.65
<i>Acropora cervicornis</i>	7.4	2.4	0	8.8	4.65
<i>Acropora palmata</i>	0	0.8	0	0.8	0.4
<i>Porites porites</i>	0	6.6	0.8	0	1.85
<i>Porites astreoides</i>	0.6	3.6	7.4	4	3.9
<i>Siderastrea siderea</i>	4.6	9.8	1.4	0.2	4
<i>Siderastrea radians</i>	0.2	0	0	0	0.05

<i>Agaricia agaricetes</i>	0.8	0	0	0	0.2
<i>Agaricia tenuifolia</i>	0	3.6	3.2	0.6	1.85
<i>Agaricia undata</i>	0	0	0.4	0.2	0.15
<i>Scolymia lacera</i>	0	0	0.4	0	0.1
<i>Isophyllia sinuosa</i>	0	0	0	1	0.25
<i>Dichocoenia stokesii</i>	0	0	0.2	0	0.05
<i>Meandrina meandrites</i>	0	0	0.2	0	0.05
<i>Eusmilia fastigiata</i>	0	0	0	0.4	0.1
<i>Millepora complanata</i>	3.4	0	0	0	0.85
<i>Millepora alcicornis</i>	0	1.4	0	0	0.35
CORAL VIVO	38.8	48.2	14.8	18	29.95
CORAL MUERTO	5.8	0.8	0.2	1.6	2.1
FONDO ARENOSO	0	13.6	5	24.6	10.8
FONDO ROCOSO	25.6	15.6	43.2	20.4	26.2
ALGA	26.6	12.4	35	5.2	19.8
ESPONJA	0.4	2	1.4	5.8	2.4
OCTOCORAL	2.8	6.8	0.4	24	8.5
SUSTRATO DIF CORAL VIVO	61.2	51.2	85.2	81.6	69.8

En las estaciones de “Los Mangos” y “Los Pargos” el porcentaje de coral vivo es alto 48.2% y 38.8% en comparación con las otras dos estaciones. Las algas y el fondo rocoso son los sustratos con altos porcentajes de cobertura, además están presentes en las cuatro estaciones. La cobertura de coral muerto es casi inexistente, solo aparece en “Los Pargos” con un valor muy bajo 5.8%. Cabe resaltar que el fondo arenoso y los octocorales aparecen en mayor proporción en la estación “Cantos Medio” con valores de 24.6% y 24% respectivamente (Figura 5).

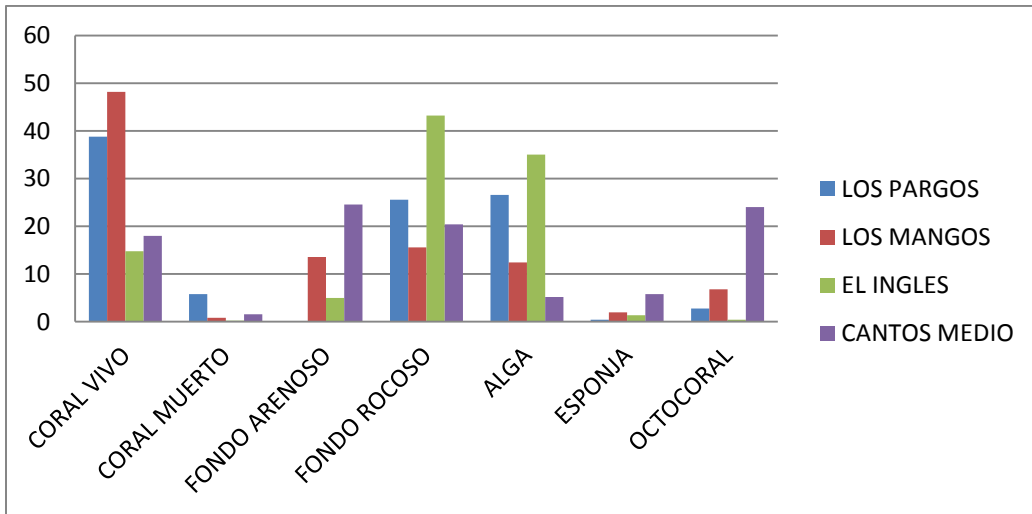


Figura 5. Coberturas totales por sustrato.

La cobertura de coral vivo es más baja en cada una de las estaciones muestreadas que la cobertura de sustratos diferentes al mismo. En la estación “Los Mangos” las coberturas están repartidas a la mitad, la estación “Los Pargos” cuenta con el segundo porcentaje de cobertura de coral vivo más alto dentro de la totalidad de las estaciones muestreadas (Figura 6).

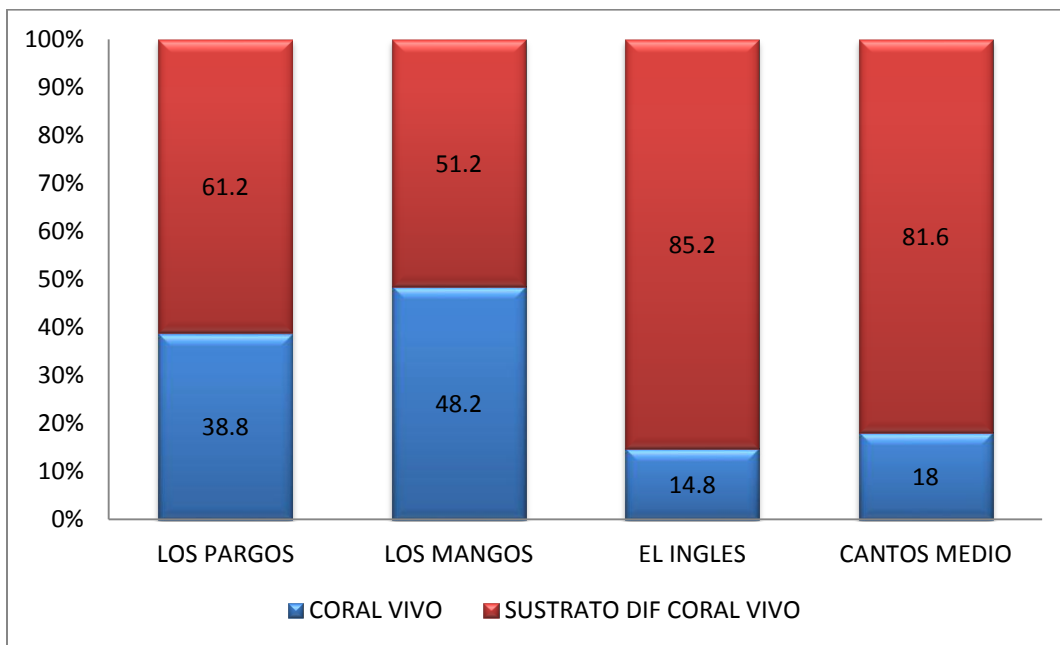


Figura 6. Coberturas de coral vivo y otros sustratos para cada estación.

Se obtuvieron 7 valores promedio por encima del 1%, los cuales indican las especies dominantes en el estudio; *Diploria strigosa* es la especie más dominante ya que presenta el valor promedio más alto de cobertura y está presente en todas las estaciones. *Acropora cervicornis* obtuvo el segundo valor promedio mas alto de cobertura, pero está presente en solo 3 estaciones; las siguientes son *Siderastrea siderea* y *Porites astreoides* presentes en todas las estaciones. Con valores promedio de cobertura iguales están *Agaricia tenuifolia* y *Porites porites* presentes en 3 y en 2 estaciones respectivamente, y por ultimo está *Montastrea cavernosa* presente en todas las estaciones; por supuesto sus valores son bajos pero representativos para ser catalogados como especies dominantes dentro de las estaciones muestreadas (Figura 7).

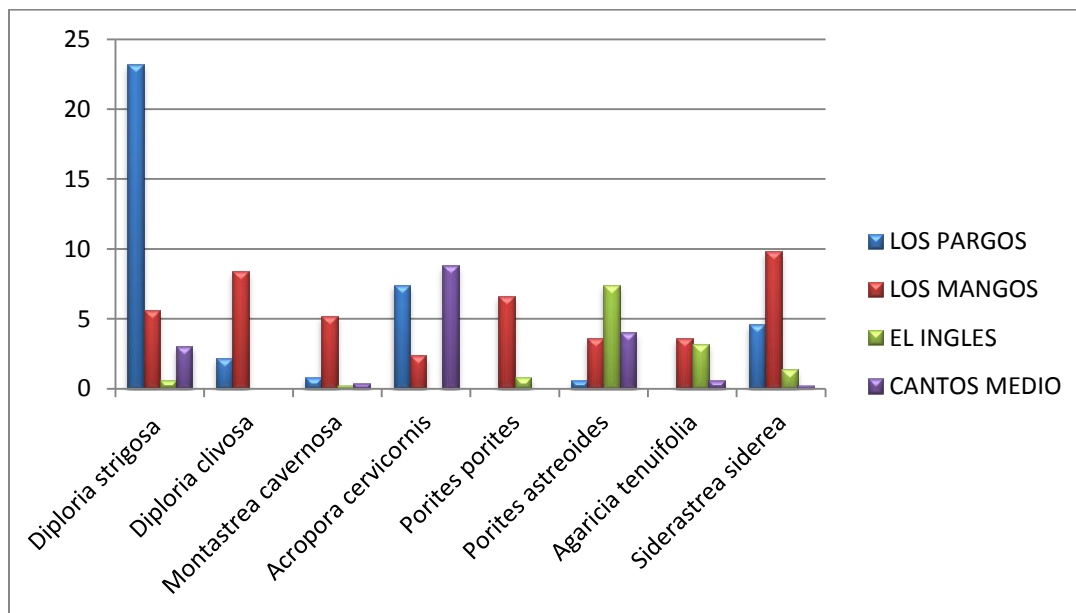


Figura 7. Especies de coral más dominantes (%).

Epidemiología

El blanqueamiento (B) no está catalogado como enfermedad coralina, pero es una manifestación importante del deterioro coralino en el estado de salud de los

corales escleractinios. En la estación “Los Pargos” la especie que presentó blanqueamiento fue *Porites porites* con un valor de 0.4%; en “Los Mangos” *Porites astreoides* se reportó con 0.2%, en “Cantos Medio” *Porites astreoides* con un valor de 0.6%. La plaga blanca (PB) se encuentra presente en la estación “Los Pargos” en *Diploria strigosa* con un valor de 1.4%; en “Los Mangos” está presente en *Montastrea faveolata* con 0.4%, *Montastrea cavernosa* con 0.6%, *Porites astreoides* con 0.2%, *Siderastrea siderea* con 0.4%. En general la cobertura de coral muerto es muy baja, además que solo se reportan dos enfermedades en las zonas muestreadas (Tabla 6).

Tabla 6. Cobertura de enfermedades por cada estación muestreada (%). Las enfermedades se representan con una sigla respectiva; **B**: blanqueamiento, **PB**: plaga blanca.

	ESTACIONES							
	LOS PARGOS		LOS MANGOS		EL INGLES		CANTOS MEDIO	
ESPECIE	B	PB	B	PB	B	PB	B	PB
<i>Diploria strigosa</i>	-	1.4	-	-	-	-	-	-
<i>Diploria clivosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Colypophilia natans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Montastrea faveolata</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	-
<i>Montastrea cavernosa</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	-
<i>Acropora cervicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acropora palmata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porites porites</i>	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porites astreoides</i>	-	-	0.2	0.2	-	-	0.6	-
<i>Siderastrea siderea</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	-

El mayor valor de cobertura según la clasificación fue coral sano para todas las especies. En el caso de las dominantes (*Diploria strigosa*, *Montastrea cavernosa*, *Acropora cervicornis*, *Porites astreoides*, *Porites porites*, *Agaricia tenuifolia* y *Siderastrea siderea*), solo 2 se reportaron sin valores en la cobertura de coral

enfermo (*Acropora cervicornis* y *Porites porites*) y una especie que no reporta cobertura muerta ni enferma. El resto denotan valores bajos para coral enfermo o muerto (Tabla 7).

La cobertura dominante en todas las estaciones es el coral vivo, tanto las coberturas de coral muerto y enfermo son casi imperceptibles, lo que indica que el estado de salud de estas estaciones que fueron muestreadas es bueno (Figura 8).

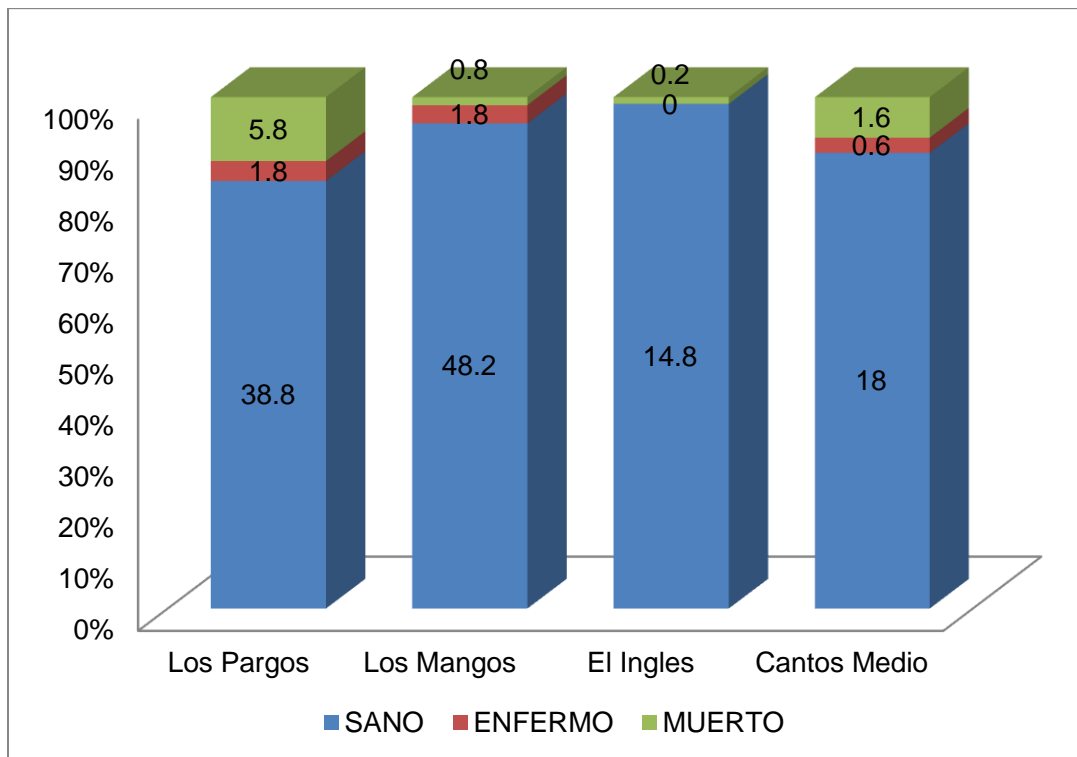


Figura 8. Cobertura coral sano, enfermo y muerto en cada estación muestreada (%).

Cobertura relativa

Las coberturas relativas encontradas muestran que *Diploria strigosa* es la especie con el valor promedio de cobertura relativa más alto, 20,96% seguido por *Porites astreoides* con 19,69%, posteriormente aparece *Acropora cervicornis* con un valor promedio de 15,14%, *Siderastrea siderea* con 10,12% y *Agaricia tenuifolia* con un valor promedio de 8,11% (Tabla 8).

Tabla 8. Coberturas relativas para cada estación muestreada (%).

ESPECIE	LOS PARGOS	LOS MANGOS	EL INGLES	CANTOS MEDIO	PROMEDIO
<i>Diploria strigosa</i>	59.28	11.62	4.05	8.89	20.96
<i>Diploria clivosa</i>	5.67	17.43	0	0	5.78
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	2.58	0	0	1.11	0.92
<i>Colypophyllia natans</i>	0	0	1.35	0	0.34
<i>Montastrea faveolata</i>	0	3.32	0	0	0.83
<i>Montastrea cavernosa</i>	2.06	10.37	1.35	2.22	4
<i>Acropora cervicornis</i>	6.70	4.98	0	48.89	15.14
<i>Acropora palmata</i>	0	1.66	0	4.44	1.53
<i>Porites porites</i>	0	13.69	5.41	0	4.78
<i>Porites astreoides</i>	1.55	7.47	48.65	21.11	19.69
<i>Siderastrea siderea</i>	10.82	19.09	9.46	1.11	10.12
<i>Siderastrea radians</i>	0.52	0	0	0	0.13
<i>Agaricia agaricetes</i>	2.06	0	0	0	0.52
<i>Agaricia tenuifolia</i>	0	7.47	21.62	3.33	8.11
<i>Agaricia undata</i>	0	0	2.7	1.11	0.95
<i>Scolymia lacera</i>	0	0	2.7	0	0.68
<i>Isophyllia sinuosa</i>	0	0	0	5.56	1.39
<i>Dichocoenia stokesii</i>	0	0	1.35	0	0.34
<i>Meandrina meandrites</i>	0	0	1.35	0	0.34
<i>Eusmilia fastigiata</i>	0	0	0	2.22	0.56
<i>Millepora complanata</i>	8.76	0	0	0	2.19
<i>Millepora alcicornis</i>	0	2.9	0	0	0.73

En cuanto a las dominancias (Figura 7), la mayor cobertura (Tabla 5) la presentó *Diploria strigosa*, reportándose esta especie en las cuatro estaciones de muestreo, en contraste con lo que afirma Sepúlveda (2004) ya que esta especie tiene una estrategia reproductiva **K**, ciclos de vida mas largos, predisposición a la competencia con algas por el tipo de crecimiento masivo, al igual que *Montastrea cavernosa*; por otro lado especies como *Agaricia tenuifolia* y *Porites astreoides* son pioneras luego de disturbios o en arrecifes que presentan factores tensionantes, condiciones presentes en Isla Fuerte.

La isla se encuentra fuertemente influenciada por factores como la sedimentación y eutroficación (Huertas, 2000) que son provenientes del Rio Sinú, favoreciendo el crecimiento de algas, en el caso de *Agaricia tenuifolia*, debido a su tipo de crecimiento vertical la invasión de estas en sus estructuras es mas compleja haciéndola resistente a las condiciones que ofrece la isla (Sepúlveda, 2004).

El porcentaje de coral vivo (Tabla 5) no fue el más alto con un valor de 29.95%, además en trabajos como Casas (2011) fue de 53.2%, Escobar (2006) de 33.8% o Huertas (2000) de 30.8%; con esto se demuestran valores más altos de cobertura de coral vivo en Isla Fuerte para años anteriores, lo que sugiere colonias coralinas estables a lo largo del tiempo, es posible que por condiciones como sedimentación y turbidez durante gran parte del año el crecimiento adecuado de los organismos sea adverso (López, Díaz & Márquez, 2000).

Estudios previos como Escobar (2006) arrojan valores de cobertura de coral vivo de 34%, Huertas (2000) de 31%, para el Caribe colombiano 29.8% en las Islas del Rosario, Isla Barú (Cendales, 2002), 46% (López, Díaz & Márquez, 2000) en el archipiélago de San Bernardo. Siendo valores cercanos en geográficamente ligadas, esto indica que presiones antrópicas como sedimentación y turbidez pueden estar afectando de igual manera esta zona.

En la estación “Los Pargos” que cuenta con una de las coberturas de coral vivo más altas con un 38.8%, el sustrato fondo arenoso no se reporta. Este sustrato se caracteriza por limitar el asentamiento de juveniles por lo que la cobertura arrecifal

sería baja. Por otro lado en la estación “El Ingles” que presento la cobertura de coral vivo más baja con un valor de 14.8% el valor del sustrato alga fue el más alto, además las especies reportadas en esta estación en su mayoría son de crecimiento masivo, explicando así el porqué es tan baja su cobertura arrecifal.

Los valores de coberturas de coral sano para toda la zona son de 29.95%, de coral muerto 2.1% y de coral enfermo de 1.05%. Para Casas (2011) la cobertura de coral sano es de 36%, la de coral muerto de 9% y la de coral enfermo de 7%. Las coberturas de coral sano son altas en comparación con las demás coberturas, coral muerto y coral enfermo. Según reportes de observaciones en el año 1998 en los arrecifes de los archipiélagos de Islas del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte y demás zonas del Caribe colombiano indican que el deterioro es generalizado de forma similar a otras áreas del mundo. Desde la década de los 80's los arrecifes han sufrido una reducción de la cobertura coralina viva hasta niveles de 20 a 50%; para el caso específico de Isla Fuerte el valor promedio de cobertura de coral muerto desde hace 30 años es del 38% (CARDIQUE, 2010).

Históricamente en zonas como Islas del Rosario la enfermedad Plaga blanca (PB) se ha presentado, actualmente se registra un aumento desde el año 2009, mientras que en el archipiélago de San Bernardo e Isla Fuerte la ocurrencia es baja pero con tendencia al aumento. Con respecto al blanqueamiento en el año 2010, debido a un aumento en la pluviosidad del país y cambios radicales en variables fisicoquímicas del agua el porcentaje de blanqueamiento registró los valores mas altos en relación a años anteriores (INVEMAR, 2010).

Índices de diversidad

Los valores de diversidad encontrados con el índice de Shannon están entre 1,45 y 2,10, bajo la interpretación realizada a partir de Ramírez (1999) las estaciones presentan una diversidad baja a media. Tanto “Los Pargos” como “Cantos Medio” presentan una equitabilidad menor, es por esto que tienen los valores más bajos; por otro lado las coberturas de las especies presentes en las otras 2 estaciones son más equitativas, lo que hace que aumente el valor del índice (Figura 9).

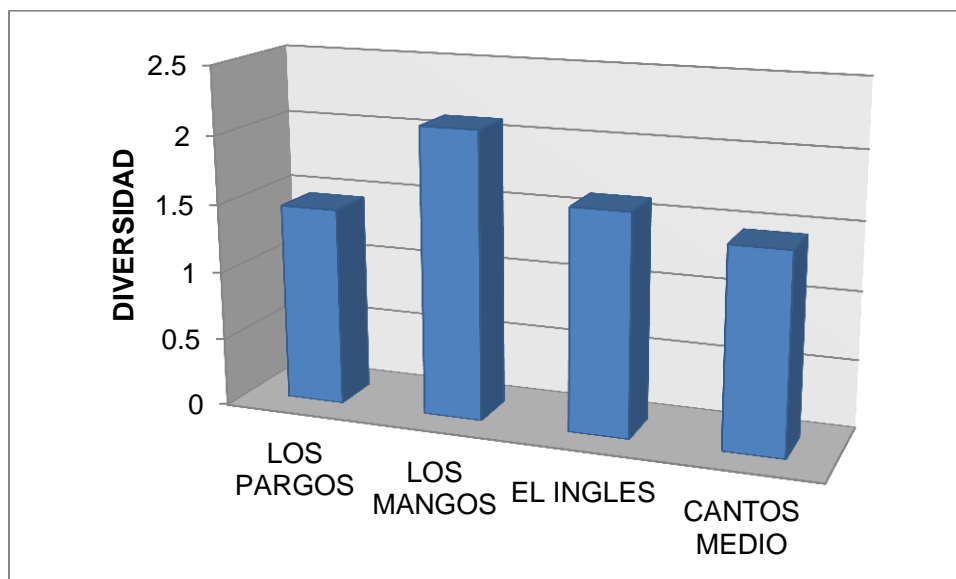


Figura 9. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (1949).

Los valores obtenidos con el índice de Simpson están entre 0,62 y 0,86, basándose en la interpretación de Ramírez (2006) existe una diversidad baja y una dominancia alta en las estaciones “Los Pargos” y “Cantos Medio”; mientras que para la estación “Los Mangos” existe una diversidad media, lo que indica que la dominancia de especies no es alta. Por último para el “El Ingles” la diversidad es alta y la dominancia es baja, no presenta especies con valores altos en las coberturas. En la estación “Los Pargos” la especie *Diploria strigosa* tiene una cobertura de 23.2% (Tabla 3), lo que la hace dominante frente al resto de especies generando valores altos de dominancia y valores bajos de diversidad (Figura 10).

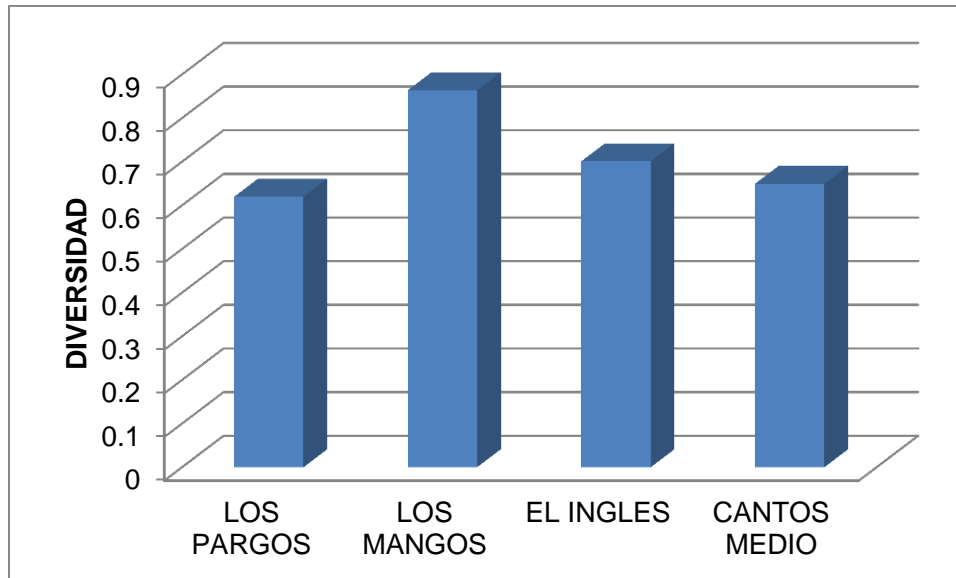


Figura 10. Índice de diversidad de Simpson (1949).

La diversidad estimada con el índice de Shannon indica una diversidad baja-media para todas las estaciones en general; mientras que el índice de Simpson indica que en las estaciones “Los Pargos” y “Cantos Medio” tiene una diversidad baja por lo tanto la dominancia es alta. La estación “Los Mangos” tiene una diversidad media lo que se traduce en un dominancia media; por último “El Ingles” cuenta con una diversidad alta y una dominancia baja. Durante las últimas décadas estos sistemas se han encontrado fuertemente impactados por presiones antrópicas sin dejar de lado las naturales como el fenómeno del niño reciente 2010 (INVEMAR, 2010), esto se traduce en declives de diversidad y cobertura coralina, evidenciándose una disminución de juveniles que son el recambio de individuos en los arrecifes actuales (Sepúlveda, 2004).

Índices ecológicos para comunidades coralinas

El desarrollo potencial tiene un valor promedio de 76,05%, tiene la posibilidad de recuperarse y establecerse con éxito, ya que se suprime el valor de cobertura del sustrato fondo arenoso, siendo este el único donde no se fijan las larvas de coral exitosamente; el sostenimiento coralino obtuvo un valor bajo para la estación “El Ingles” esto se explica debido a que tiene la cobertura mas baja de coral vivo (Tabla 5); este índice nos indica que de la totalidad del sostenimiento, solo un porcentaje seria cobertura coralina, en este caso tenemos un potencial de 76,05% pero solo el 45,77% corresponde posiblemente a cobertura coralina, esto quiere decir que tiene potencial para establecerse.

En cuanto al índice de deterioro coralino las estaciones con valores más bajos son “Cantos Medio” y “Los Mangos”, lo que indica que su deterioro es menor; por otro lado “El Ingles” tiene el valor más alto seguido por “Los Pargos”, lo que los convierte en as estaciones más deterioradas. La zona en general cuenta con un deterioro coralino de 54,22% señalando un deterioro medio (Tabla 9).

Tabla 9. Índices ecológicos para comunidades coralinas.

PARCHES	INDICES		
	Desarrollo Potencial	Sostenimiento Coralino	Deterioro Coralino
LOS PARGOS	100	38.8	61.2
LOS MANGOS	84.6	55.7	44.3
EL INGLES	95	15.5	84.5
CANTOS MEDIO	24.6	73.1	26.9
Promedio	76.05	45.775	54.225

El índice de desarrollo potencial para comunidades coralinas constituye un 76,05% del sustrato que compone el sistema arrecifal podría estar cubierto por corales permitiendo especular que gran parte del arrecife esta compuesto por sustratos amigables para la fijación de juveniles, por lo tanto un valor alto como este permite desarrollo y crecimiento en el arrecife.

El índice de sostenimiento coralino arrojó un valor de 45,77%; de este 76,05% del sustrato que podría tener cobertura de coral (potencial) el 45,77% lo tiene, es decir que más de la mitad está viva y cuenta con la capacidad de recuperarse.

La zona en general cuenta con un deterioro coralino de 54,22% señalando un deterioro medio, esto nos indica que en respuesta a las presiones que ya se mencionaron, que están presentes en la isla, variables como blanqueamiento, enfermedades, presencia de algas competidoras van en detrimento del estado de salud de ecosistemas frágiles como los sistemas arrecifales.

Similitud de Bray-Curtis

Se utilizaron las coberturas relativas para hacer una comparación entre las estaciones muestreadas; ya que todas estas tienen un valor de similitud inferior a 0.5 se dice que son disimiles o diferentes.

Las estaciones “Los Pargos” y “Los Mangos” cuentan con un valor de similitud de 0.33, estos lugares comparten el 50% de las especies entre si (Tabla 4), pero difieren en sus coberturas. Por otro lado las estaciones “El Ingles” y “Cantos Medio” se agrupan de la misma forma, compartiendo el 50% de las especies pero no el valor de coberturas, por eso el índice arroja un resultado de 0.38 (Figura 11).

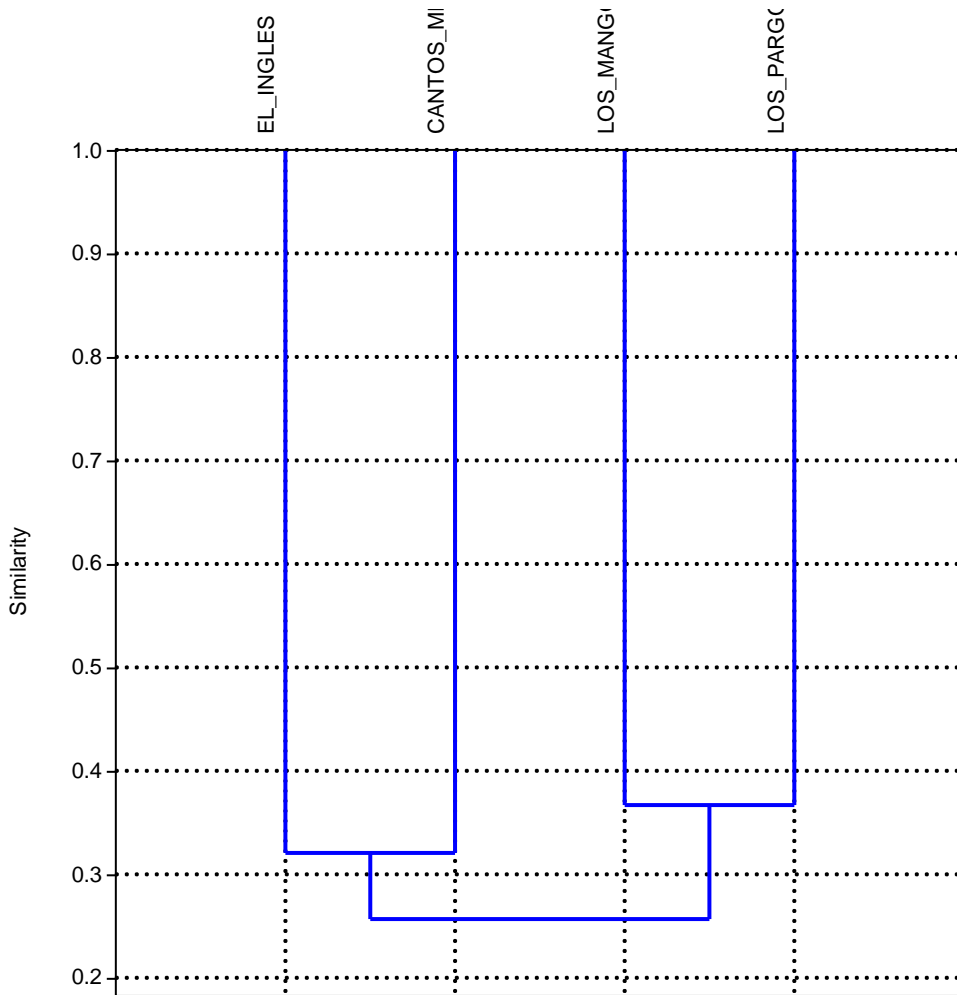


Figura 11. Similitud de Bray-Curtis.

El valor bajo de similitud arrojado por el índice es inferior a 0.5, lo que hace que las estaciones sean disimiles, a pesar de esto, se forman dos grupos entre estaciones “Los Pargos” y “Los Mangos” conformando un grupo donde se comparten algunas características como el 50% de las especies reportadas para estas estaciones, la cercanía geográfica y el tipo de arrecife, que en esta caso es franjeante (Gómez, comunicación personal), la diferencia radica en las coberturas de las especies compartidas, para este caso coberturas muy altas contra

coberturas muy bajas, por ejemplo *Diploria strigosa* con 23.2% en “Los Pargos” y 5.6% en “Los Mangos”.

Por otro lado las estaciones “El Ingles” y “Cantos Medio” de la misma forma comparten el 50% de las especies, cercanía geográfica y el tipo de arrecife, que en este caso es de parche (Gómez, comunicación personal); pero como en el caso anterior las coberturas son muy diferentes, por ejemplo *Diploria strigosa* tiene una cobertura de 0.6% en “El Ingles” y en “Cantos Medio” de 3%; su valor de similitud es un poco más alto, debido a que dos especies comparten valores de cobertura.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La zona de estudio presenta una diversidad α baja según Ramírez (1999); por otro lado en comparación con zonas o arrecifes cercanos la diversidad β también es baja ya que se reportó una riqueza de 22 especies en total para toda la zona de trabajo.

Debido a los efectos causados por tensesores antrópicos puntuales en la isla, como la pesca con dinamita o el uso de anclas por parte de todas las embarcaciones de la isla, además de la sedimentación y turbidez que sufre la zona por las descargas del Río Sinú, los sustratos diferentes a coral vivo son los dominantes en los 4 parches arrecifales estudiados; esto lo evidencian Casas (2011), Escobar (2006) y Sepúlveda (2004).

Los principales constructores de los parches arrecifales evaluados son *Diploria strigosa*, *Montastrea cavernosa*, *Porites astreoides* y *Siderastrea siderea*, *Acropora cervicornis*, *Agaricia tenuifolia* y *Porites porites*. Algunas de estas especies se reportan como dominantes en trabajos realizados en la isla.

La afectación más importante dentro del arrecife es el blanqueamiento coralino, aunque aun cuando la cobertura que reportó fue baja está presente en 3 de las 4 estaciones muestreadas.

El deterioro coralino cuenta con un valor de 54.22%, es decir medio, el arrecife cuenta con un potencial de cobertura coralina del 76.05% pero solo el 45.77% corresponde realmente a coral vivo; esto puede deberse al uso extractivo al que esta siendo sometido además de la sedimentación y turbidez de las aguas continentales que llegan a la isla.

Los arrecifes muestreados son disimiles a pesar de compartir especies pero no coberturas, razón por la cual la diferencia es notoria.

La zona muestreada cuenta con diversidad baja a media lo que indica una dominancia alta por parte de unas pocas especies, esto se debe a que algunas de ellas cuentan con estrategias que les permiten desarrollarse en condiciones de alta sedimentación y turbidez como las que presenta Isla Fuerte.

Es recomendable establecer zonas de preservación donde se haga seguimiento constante a las variables desarrolladas en este trabajo.

Es importante cuantificar la sedimentación y turbidez circundante a la isla, así como los sustratos diferentes al coral vivo para establecer zonas de sucesión o recolonización natural o asistida de juveniles.

Por último se debe ampliar el conocimiento oceanográfico, corrientes, mareas que tiene influencia directa en la isla por ejemplo la contracorriente del Darién.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Coralpedia*. (2012). Obtenido de Coralpedia: <http://coralpedia.bio.warwick.ac.uk/>
- Acosta, A. &-G. (2009). Comparación temporal de la estructura de una comunidad coralina en primeros estados de sucesión, isla de San Andrés, Colombia. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 29-53.
- Ardila, N. N. (2002). *Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia*. Bogotá: INVEMAR. Ministerio de Medio Ambiente. La serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia .
- Aronson, R. &. (2006). Conservation, precaution, and Caribbean reefs. *Coral reef journal of the International Society for reef studies*, 441-450.
- Bernal, N. (2012). Cobertura arrecifal de Isla Fuerte, en relacion con su uso y normativas de manejo, Cartagena, Bolivar, Caribe colombiano. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- CARDIQUE & Universidad Jorge Tadeo Lozano sede Caribe. (2010). *Sistema de gestion ambiental -SIGAM archipelago islas del Rosario San Bernardo e Isla Fuerte*. Cartagena.
- Casas, D. (2011). Estado de conservación de la comunidad arrecifal presente en Isla Fuerte (Colombia). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Cendales, M. (2002). Geomorfología y unidades ecológicas del complejo arrecifal de las islas del Rosario e Isla Barú, Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 497-510.
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science*, 1302-1310.

- Díaz, J. S.-P. (1996). Geomorfología y formaciones arrecifales recientes en Isla Fuerte y bajo Bushnell, plataforma continental del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 87-105.
- Díaz-Pulido, G. (1997). *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Ecosistemas marinos y costeros*. Santa Marta: INVEMAR.
- Escobar, L. (2006). Caracterización del estado de salud, usos y problemática ambiental de cinco parches coralinos de Isla Fuerte, Caribe colombiano. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Gil-Agudelo, D. N.-C.-R.-N.-C.-F. (2009). Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianos. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 2-35.
- González, G. (2003). Comparación estructuras de la comunidad íctica de cinco parches arrecifales coralinos en Isla Fuerte, Caribe colombiano. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Google Earth. (2012).
- Huertas, J. (2000). Caracterización estructural, composición y estado de salud de las formaciones coralinas de Isla Fuerte y bajo Bushnell, Caribe colombiano. Medellín: Universidad de Antioquía.
- INVEMAR. (2009). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia*. Santa Marta: Serie de publicaciones periódicas N° 8.
- INVEMAR. (2010). *Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia*. Santa Marta: Serie de publicaciones periódicas N° 8.
- López, V. &. (2000). Morfología y estructura de las formaciones coralinas del archipiélago de San Bernardo, Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 219-320.
- NOAA. (2012). *NMFS*. NOAA. Obtenido de <http://www.nmfs.noaa.gov/>







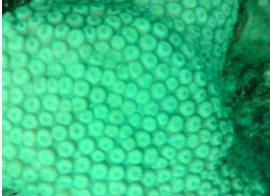
- Prahl, H. V. (1985). *Colombia corales y arrecifes coralinos*. Bogotá: Fondo FEN Colombia.
- Ramírez, A. (s.f.).
- Ramírez, A. &. (1994). *descripción, composición y estructura de las comunidades coralinas de los arrecifes de Isla Tesoro, Caribe colombiano*. Bogotá: Fundacion Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Ramírez, A. (1999). *Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico*. Bogotá: Fundacion Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Ramírez, A. (1999). *Manual de métodos y procedimientos estadísticos*. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.
- Ramírez, A. (2006). *Ecología Metodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Ramírez, A. B. (1986). *Ecología descriptiva de las llanuras madreporarias del Parque Nacional Submarino Los Corales del Rosario (Mar Caribe. Colombia)* . Bogotá: Editorial Escala Ltda.
- Sepulveda, M. (2004). Distribucion vertical, composición, riqueza, y densidad de corales hermatípicos juveniles en el arrecife de Isla Fuerte, Caribe colombiano. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Smith, R. S. (2000). *Ecología*. España: Cuarta edición.
- Valverde, T. M.-S. (2007). *Ecología y medio ambiente*. México: Editorial Pearson Educación.
- Watson, R. H. (1995). *evaluacion mundial de biodiversidad. Resumen para los responsables de la formulacion de políticas*. México: PUMA.

9. ANEXOS

Anexo 1. Especies de coral encontradas. A: este trabajo B: Escobar, 2006 C: Casas, 2011 D: Bernal, 2012.

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	A	B	C	D	
HIDROZOA	STYLASTERIDAE	<i>Stylaster roseus</i>		X	X	X	
	MILLEPORIDAE	<i>Millepora complanata</i>	X	X	X	X	
		<i>Millepora alcicornis</i>	X	X	X	X	
		<i>Millepora striata</i>			X	X	
		<i>Millepora sp1</i>			X		
ANTHOZOA	ACROPORIDAE	<i>Acropora cervicornis</i>	X	X	X		
		<i>Acropora palmata</i>	X	X	X	X	
	PORITIDAE	<i>Porites porites</i>	X	X	X	X	
		<i>Porites astreoides</i>	X			X	
	CARYOPHYLLIIDAE	<i>Eusmilia fastigiata</i>	X	X	X	X	
	POCILLOPORIDAE	<i>Madracis mirabilis</i>			X		
		<i>Madracis decactis</i>			X		
	FAVIIDAE	<i>Colpophyllia natans</i>	X		X	X	
		<i>Manicina areolata</i>			X		
		<i>Diploria clivosa</i>	X	X	X	X	
		<i>Diploria labyrinthiformis</i>	X	X	X	X	
		<i>Diploria strigosa</i>	X	X	X	X	
		<i>Favia fragum</i>		X	X		
		<i>Montastrea annularis</i>		X	X	X	
		<i>Montastrea cavernosa</i>	X	X	X	X	
		<i>Montastrea faveolata</i>	X	X	X		
		<i>Montastrea franksii</i>					
		<i>Solenastrea bournoni</i>			X		
		MEANDRIDAE	<i>Dichocoenia stokesii</i>	X	X	X	
			<i>Meandrina meandrites</i>	X	X	X	X
	SIDERASTREIDAE	<i>Siderastrea radians</i>	X		X	X	
		<i>Siderastrea siderea</i>	X	X	X	X	
	ASTROCOENIIDAE	<i>Stephanocoenia michilini</i>		X			
	AGARICIIDAE	<i>Agaricia agaricites</i>	X	X	X	X	
		<i>Agaricia lamarcki</i>					
		<i>Agaricia tenuifolia</i>	X	X	X	X	
		<i>Agaricia undata</i>	X	X	X	X	
<i>Leptoseris cucullata</i>							
MUSSIADAE	<i>Mycetophyllia aliciae</i>			X			
	<i>Mycetophyllia ferox</i>						
	<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>						
	<i>Scolymia lacera</i>	X					
	<i>Scolymia cubensis</i>						
	<i>Isophyllastrea rigida</i>						
	<i>Isophyllia sinuosa</i>	X					
		<i>Mussa angulosa</i>					
-	-	<i>Sp 1</i>		X			
-	-	<i>Sp 2</i>		X			
-	-	<i>Sp 3</i>		X			
-	-	<i>Sp 4</i>		X			

Anexo 2. Fotografías de especies dominantes en este trabajo.

	
<p>Foto1: <i>Diploria strigosa</i>. Tomada por: Julián Bernal</p>	<p>Foto 2: <i>Acropora cervicornis</i> Tomado de: http://www.nmfs.noaa.gov</p>
	
<p>Foto 3: <i>Porites astreoides</i> Tomada por: Julián Bernal</p>	<p>Foto 4: <i>Diploria clivosa</i> Tomada por: Julián Bernal</p>
	
<p>Foto 5: <i>Porites porites</i> Tomado http://coralpedia.bio.warwick.ac.uk</p>	<p>Foto 6: <i>Agaricia tenuifolia</i> Tomada por: Julián Bernal</p>
	
<p>Foto 7: <i>Montastrea cavernosa</i> Tomada por: Julián Bernal</p>	