

**CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMACIONES CORALINAS DE LA BAHÍA DE
CINTO, PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA, CARIBE COLOMBIANO, DE
ACUERDO CON LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE.**

AMELIA VILLA PINEDA

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA

BOGOTÁ, 2001.

**CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMACIONES CORALINAS DE LA BAHÍA DE
CINTO, PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA, CARIBE COLOMBIANO, DE
ACUERDO CON LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE.**

AMELIA VILLA PINEDA

Trabajo de Grado para optar el Título de Bióloga Marina.

Director

Dr. rer. nat. **JUAN MANUEL DÍAZ.**

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA

BOGOTÁ, 2001.

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

*A mis padres,
por su amor y apoyo incondicional.*

AGRADECIMIENTOS

Expreso el mas sincero agradecimiento al INVEMAR y en especial al grupo de "Áreas Coralinas", Juan Manuel Díaz Merlano, Mateo López, Fernando Parra, Gloria Helena Ospina, Lina Barrios, Sven Zea y Jaime Garzón, por el apoyo logístico, dedicación y oportunos comentarios.

A la Unidad Especial de Parques por su interés y colaboración.

A los profesores Rafael Giraldo de la Universidad del Magdalena y Bernarda Moreno de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano por la asesoría en fotointerpretación y sugerencias.

A los profesores, compañeros y amigos Juan Laverde, Andrés Franco, Florentino Riveira, Diego Luis Gil, Daniel Castellanos, Rebeca Frank, Jaime Díaz, y demás personas que de una u otra manera colaboraron con sus comentarios y ejecución de este estudio.

CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	12
1.0 ÁREA DE ESTUDIO	17
2.0 METODOLOGÍA	24
2.1 Base Cartográfica	24
2.2 Toma de Datos	25
2.2.1. Variables Biológicas	25
2.2.2. Variables Ambientales	28
2.3. Manejo de la Información	30
3.0 RESULTADOS	32
3.1 Condiciones Ambientales	32
3.1.1. Oleaje	32
3.1.2. Susceptibilidad a Perturbaciones por Deslizamientos o Derrumbes	34
3.1.3. Profundidad e Inclinación del sustrato	36
3.2. Morfología y Desarrollo	37
3.2.1. Cabezas Aisladas	37
3.2.2. Tapetes Coralinos	39
3.2.3. Arrecifes	40

3.3. Composición	42
3.3.1. Grupos Mayoritarios	42
3.3.2. Comunidad Coralina	45
3.3.3. Unidades Ecológicas de Paisaje	48
3.4 Salud Coralina	53
4.0 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
5.0 CONCLUSIONES	63
6.0 BIBLIOGRAFÍA	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Área de estudio.	19
Figura 2. Tipos de suelos de la bahía de Cinto.	21
Figura 3. Estaciones de muestreo.	26
Figura 4. Gradiente de oleaje en la bahía de Cinto.	33
Figura 5. Susceptibilidad a perturbaciones por deslizamientos o derrumbes.	35
Figura 6. Desarrollo de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto.	38
Figura 7. Geomorfología de los tapetes coralinos.	40
Figura 8. Geomorfología del arrecife franjeante.	41
Figura 9. Porcentaje de cobertura total de los grupos mayoritarios que componen las formaciones coralinas de la bahía de Cinto.	42
Figura 10. Dendrograma del índice de disimilaridad de Bray Curtis entre las estaciones de muestreo a partir del porcentaje de cobertura de los grupos mayoritarios presentes en las formaciones coralinas de la bahía de Cinto.	44
Figura 11. Dendrograma del índice de disimilaridad de Bray Curtis entre las estaciones de muestreo a partir del porcentaje de cobertura de las especies coralinas presentes en las formaciones coralinas de la bahía de Cinto.	48
Figura 12. Unidades Ecológicas de Paisaje de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto.	49
Figura 13. Porcentaje de estaciones con respecto a las categorías de muerte coralina.	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Unidades geomorfológicas de las formaciones coralinas del Parque Tayrona.	25
Tabla 2. Profundidad e Inclinación en las estaciones.	37
Tabla 3. Porcentaje de cobertura de los grupos mayoritarios de las formaciones coralinas en las diferentes estaciones.	42
Tabla 4. Coeficientes de Correlación entre los grupos mayoritarios y los parámetros Ambientales	44
Tabla 5. Porcentaje de cobertura de las especies coralinas en las diferentes estaciones.	46
Tabla 6. Porcentaje de cobertura de coral muerto de la bahía de Cinto.	53

RESUMEN

En la Bahía de Cinto, Parque Nacional Natural Tayrona, se estudió la comunidad arrecifal con el fin de conocer su estructura de acuerdo con la composición de especies coralinas y los grupos taxonómicos mayoritarios, grado de desarrollo, geomorfología y ambiente en el que se encuentran, para encontrar posibles patrones de distribución a lo largo de dicha bahía. Debido a que la dominancia de una u otra especie puede estar reflejando las condiciones ambientales, se trabajó bajo el concepto de "unidad ecológica del paisaje" el cual particulariza las especies coralinas dominantes o asociaciones de ellas y los grupos mayoritarios como algas, zoantídeos, esponjas y octocorales. Factores ambientales como profundidad, naturaleza e inclinación del sustrato, intensidad del oleaje y susceptibilidad a derrumbes terrestres fueron estimados a lo largo de la bahía, debido a ser determinantes en la estructura y composición de las comunidades arrecifales. Por último, se estimó el porcentaje de cobertura de tejido coralino vivo, el cual permita dar una aproximación preliminar del estado actual de dichas formaciones.

Se encontró que las formaciones coralinas de la bahía de Cinto son poco desarrolladas. Gran parte de esta comunidad forma escasamente tapetes coralinos que tapizan el lecho submarino sin llegar a modificar sustancialmente el relieve. Sólo en las partes protegidas al oleaje coexisten arrecifes coralinos desarrollados; sin embargo, en lugares donde la sedimentación puede llegar a

ser alta, ocurren formaciones poco desarrolladas a manera de cabezas aisladas sobre sustrato blando.

El alto número de especies encontradas, pero la dominancia en la cobertura de sólo unas especies sugiere el papel determinante de las condiciones ambientales en el beneficio de especies típicas de alta sedimentación. *Montastraea cavernosa* y *Diploria strigosa*, forman asociaciones que dominan en los tapetes coralinos típicos de los costados de la bahía, así como en los fondos blandos profundos de la parte sur. *Acropora palmata* y *Siderastrea siderea*, son los principales constructores de arrecifes franjeante y de parche que se encuentran en la parte central y sur de la bahía. Se encontraron ocho unidades ecológicas de paisaje: *A. palmata*, *A. palmata-Siderastrea-M. complanata*, Cabezas-*M. complanata*, Arrecife Mixto, *Montastraea faveolata*, *M. cavernosa-D. strigosa-Blando*, *M. cavernosa-D. strigosa-Duro* y Tapete Mixto; cada una de ellas son porciones del espacio geográfico, homogéneas en cuanto a fisionomía y composición, resultantes de la interacción compleja entre los parámetros ambientales y biológicos, reconocibles y diferenciables de las vecinas de acuerdo con un nivel de resolución espacial.

La cobertura de coral vivo en la bahía de Cinto en promedio es menor al 50 %; el 41% de la cobertura coralina presenta muerte alta, es decir entre el 50 y 75% de su tejido. Las unidades Ecológicas de Paisaje más afectadas son *A. palmata-Siderastrea-M. complanata*, Cabezas-*M. complanata*.

ABSTRACT

In Cinto Bay, Tayrona Natural National Park, the reef community was studied with the purpose of finding its structure, composition of coral species and the major taxonomic groups, degree of development, geomorphology and environment in which they are, to find possible patterns of distribution along the above mentioned bay. Due to the fact that the dominance of one or another species can be reflecting the environmental conditions, this work is based in the concept of "ecological unit of the landscape" which distinguishes the coral species dominance or associations of them, and the majority groups as algae, zoantids, sponges and octocorals. Environmental factors as depth, nature and slope of the substratum, intensity of the surge and susceptibility to terrestrial transport were evaluated and divided into zones along the bay, due to being determinants in the structure and composition of the reef communities. Finally, there was estimated the current condition of reef community of Cinto Bay in relation to the percentage of coral alive tissue, for this way to generate tools that allow the use and managing of the area.

The coral formations of Cinto Bay are little developed. Great part of this community forms coral rugs that drape the submarine bed without managing to modify substantially the relief. Only in the parts protected to the surge coral developed reefs coexist; nevertheless, in places where the sedimentation can manage to be a discharge, there happen formations little developed like heads isolated on the soft substratum.

The high number of species, but the dominance in the coverage of only a few species suggests the determinant role of the environmental conditions in the benefit of typical species of high sedimentation. *Montastraea cavernosa* and *Diploria strigosa* forms associations that dominate in the coral typical rugs of the sides of the bay, as well as in the soft deep substratum of the south part. *Acropora palmata* and *Siderastrea siderea*, they are the principal builders of fringing reef and patch reefs that they find in the central part and south of the bay. There was found eight biological units of the landscape: *A. palmata*, *A. palmata-Siderastrea-M. complanata*, Cabezas-*M. complanata*, Mixed reef, *Montastraea faveolata*, *M. cavernosa-D. strigosa-Blando*, *M. cavernosa-D. strigosa-Duro* and Mixed rug; each of them are homogeneous portions of the geographical space as for physiognomy and composition, resultant of the complex interaction between the environmental and biological factors, recognizable and distinguishable of the neighbors of agreement with a level of spatial resolution.

The coverage of alive coral tissue in Cinto Bay in average is minor to 50 %; 41 % of the coral coverage high death presents, that is to say between 50 and 75 % of its tissue. The most affected biological units are *A. palmata-Siderastrea-M complanata*, Heads-*M complanata*.

INTRODUCCIÓN

La alta diversidad y productividad biológica de las comunidades típicamente coralinas y del sin número de organismos que se desarrollan en los arrecifes coralinos está asociada íntimamente con la variedad de ambientes físicos como oleaje, luminosidad, geomorfología, etc, (Díaz *et. al.*, 1996; Schuhmacher, 1978). Estos ecosistemas tienen una gran importancia ecológica debido a las complejas interacciones que allí se desarrollan, y representan invaluable recursos de importancia económica, recreacional y cultural; sin embargo, son sistemas frágiles, seriamente amenazados (Ginsburg, 1994).

Los arrecifes del Caribe colombiano están ampliamente distribuidos. Geomorfológicamente y estructuralmente son muy variables y albergan un alto número de especies de coral. Las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta se adentran abruptamente en el mar formando una serie de bahías y ensenadas (Parque Nacional Natural Tayrona, P. N. N. T.), las cuales proporcionan un ambiente de aguas claras y calmas donde se desarrollan una de las áreas coralinas mas importantes del Caribe colombiano continental (Díaz *et. al.*, 1996; Alvarado, 1992).

La riqueza de especies coralinas del área de Santa Marta es comparable con el resto del Caribe (Erhardt y Werding 1975a, Prahly y Erhardt 1985); sin embargo, las formaciones arrecifales son

poco desarrolladas, pues sus estructuras no alcanzan a modificar significativamente el relieve del fondo (Díaz *et. al.*, 1996). Este desarrollo pobre viene siendo mencionado desde Antonius (1972) y luego por Erhardt y Werding (1975 a y b), Werding y Erhardt (1976, 1977), Solano (1987) y Werding y Sánchez (1989), atribuyendo las causas a la temperatura baja del agua ocasionada por la surgencia, a la alta sedimentación proveniente de los ríos, a la contaminación proveniente del puerto de Santa Marta, y a la escasa disponibilidad de sustratos adecuados, característica de las intrusiones rocosas abruptas que sólo llegan hasta los 30m de profundidad en el litoral del Parque Tayrona. El desarrollo o espesor de la estructura arrecifal también puede ser atribuible a la edad de las formaciones (Díaz, com. pers.); en el caso de Santa Marta su edad es aparentemente muy joven, ya que se remontan al holoceno (5000-3000 años AP) (Tschanz *et. al.*, 1969).

El presente trabajo habla pues de las formaciones coralinas de la Bahía de Cinto (P. N. N. T.) y no de arrecifes, ya que en la mayoría de los casos los corales allí presentes no contribuyen activamente con su acumulación esquelética al desarrollo topográfico de un arrecife, y pretende describir los diferentes tipos de desarrollo que allí se encuentran.

Por las características especiales del Parque Tayrona la estructura y zonación de las formaciones coralinas también son particulares, y los modelos propuestos de zonación de las comunidades coralinas en el Caribe como los de Geister (1977) o Graus y Macintyre (1989), no se aplican para esta área. Es por esto que factores como naturaleza e inclinación del fondo, frecuencia de derrumbes terrestres, oleaje y profundidad, son necesarios para determinar el esquema estructural de las formaciones coralinas del parque Tayrona.

La relación entre los aspectos ambientales y las formaciones coralinas pretende ser manejada por medio de lo que se conoce como "ecología del paisaje", que es el estudio de los atributos en su calidad de elementos del ecosistema y de los procesos que la relacionan, el cual es de carácter sintetizado, dinámico e innovador (Andrade, 1995; Echeverri, et. al., 1995). Ya que la asociación de especies y la dominancia de una o más de ellas reflejan las condiciones ambientales y las diferencias ecológicas locales (Bradbury y Young, 1981; Liddelli y Ohlhorst, 1987), el presente estudio pretende trabajar con las formaciones coralinas de acuerdo con "unidades ecológicas de paisaje", el cual se entiende como las especies que dominan un espacio determinado (Duyll 1985).

Como un complemento a las especies dominantes se tuvieron en cuenta los caracteres fisionómico-estructurales que caracterizan cada ambiente, factores como forma y tamaño de la colonia, grupos taxonómicos y tipo de sustrato, los cuales ayudan a definir ecológica, fisiológica y adaptativamente a estas comunidades (Reichelt y Williams, 1986; Sánchez y Ramírez, 1994).

Debido a su importancia como Parque Nacional Natural y a que constituye una de las áreas arrecifales más importantes en el Caribe colombiano, el Parque Tayrona y, muy en especial, la bahía de Cinto, catalogada como una de las bahías "intangibles" del parque (com. pers. Rebeca Frank, Unidad Especial de Parques Nacionales Naturales, Santa Marta), hacen que el conocimiento a cerca de las formaciones coralinas allí presentes y la perspectiva geográfica-ecológica integral permitan documentar y discutir sobre la distribución, estructura y estado actual de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto y proporcione herramientas que sirvan para la conservación y recuperación de estos ecosistemas.

1.0 AREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Natural Tayrona se encuentra ubicado sobre la costa del departamento del Magdalena, al oriente de la ciudad de Santa Marta. Geomorfológicamente está condicionado por la presencia de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta que se adentran abruptamente en el mar, formando desde bahías y ensenadas donde el agua es clara y calma, hasta tramos rectos de costa que reciben directamente el impacto de las olas (Garzón-Ferreira y Cano, 1990).

La Sierra Nevada de Santa Marta posiblemente representa un fragmento de la parte nor-occidental del escudo de Guayana desgarrado durante el Precámbrico Superior. El tercio noroeste del macizo consiste en dos franjas orogénicas paralelas de dirección noreste, provincias de Sevilla y Santa Marta, que se formaron en zonas de subducción como acreciones sucesivas del margen continental caribe del Mesozoico en la periferia del escudo de Guayana, pero que han sido deformadas por fallamiento transcurrente y deslizamientos de gravedad (Tschanz *et. al.*, 1969).

Una vez concluida la orogénesis andina a finales del Terciario, se presentaron cambios climáticos bruscos en el Cuaternario. Hace 18.000 años (A.P.) el nivel del mar se ubicaba 100m por debajo del nivel actual. Con la transgresión, el nivel del mar inicia un paulatino ascenso del orden de -

80, -50 y -30m. Testigos de esta desglaciación son los cordones litorales y plataformas de abrasión sumergidas, y valles en forma de U de la plataforma continental del Parque Tayrona y cañones submarinos en el sector de la isla de Salamanca. El ascenso del mar continúa, cubriendo los antiguos valles fluviales y geformas preexistentes hasta el nivel actual, 5.000-3.000 años A.P. (INGEOMINAS, 1998).

La Bahía de Cinto se encuentra ubicada en la parte centro-oriental de la costa del Parque Tayrona (Figura 1). No posee un acceso directo por carretera; por vía marítima, según los lancheros del área, la punta entre Neguanje y Cinto generalmente dificulta su paso por el grado de exposición al oleaje. Es una bahía abierta hacia el norte, formada en los costados por rocas metamórficas de esquistos verdes llamados Filita de Taganga (INGEOMINAS, 1983); éstos forman colinas altas de crestas alargadas y agudas con laderas de pendientes fuertes (25-50%), flancos irregulares y de erosión moderada a severa (Fletcher y Cortés, 1975). El ataque continuo del mar, los vientos secos cargados de sales, aunados a fenómenos de remoción por escorrentía, influyen en la vegetación hasta la desaparición, dejando superficies desnudas o acantilados con pendientes mayores al 75% (Fletcher y Cortés, 1975). La composición semiconsolidada del borde costero y la ausencia de playas amplias que amortigüen la acción erosiva y frontal del oleaje, permiten que los acantilados sean constantemente retrabajados y debilitados, originando desprendimiento de bloques principalmente (Martínez y Molina, 1992).

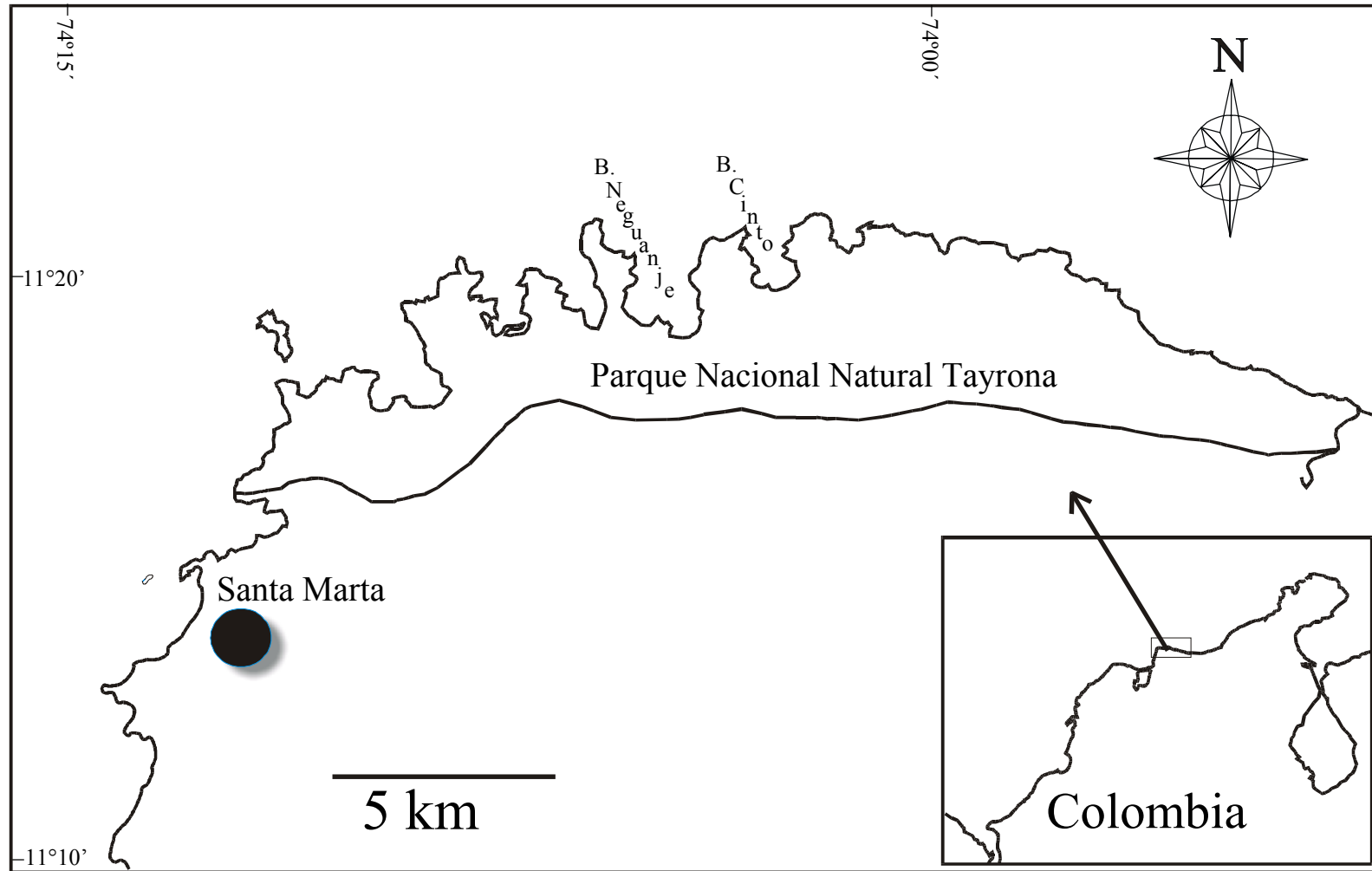


Figura 1. Área de Estudio. (modificado de Garzón-Ferreira y Cano, 1990).

La parte interna de la bahía es una zona plana limitada hacia el continente por colinas y hacia el mar por playa; su génesis está ligada a procesos fluviomarinos de sedimentación y erosión. Según Fletcher y Cortés (1975), allí se pueden encontrar tres clases de suelos; la Consociación de Neguanje es una laguna de colmatación de materiales metamórficos finos derivados de esquistos principalmente, con presencia de sales, nivel freático generalmente superficial, drenaje imperfecto y sin erosión. La Consociación Bonito Gordo, son valles estrechos plano-cóncavos de materiales metamórficos con pendientes entre 3-7%, superficiales, bien drenados y erosión laminar ligera. La Asociación Cinto es un valle aluvial de materiales mixtos (ígneos y metamórficos), de suelos profundos, bien drenados, con pendientes 0-3% y no tiene evidencias de erosión; sin embargo, posee una vertiente principal, Quebrada de Cinto, y aunque el caudal depende del régimen de lluvias, puede ejercer una influencia importante sobre los ecosistemas marinos del sector (Figura 2).

Las playas pueden ser de tres clases: Ya bien, ser el producto de la deposición de material biogénico proveniente de la erosión de formaciones coralinas, como la playa “estero” ubicada en el extremo suroccidental de Cinto, haber sido formadas por la deposición de material cuarcítico proveniente de la descarga de los ríos de la vertiente norte de la sierra que ha sido acarreado por la corriente de deriva litoral, como en la playa sur, o estar formadas por cascajo metamórfico producto de la erosión del sector (Figura 2, Garzón-Ferreira y Cano, 1990; Díaz, 1989).

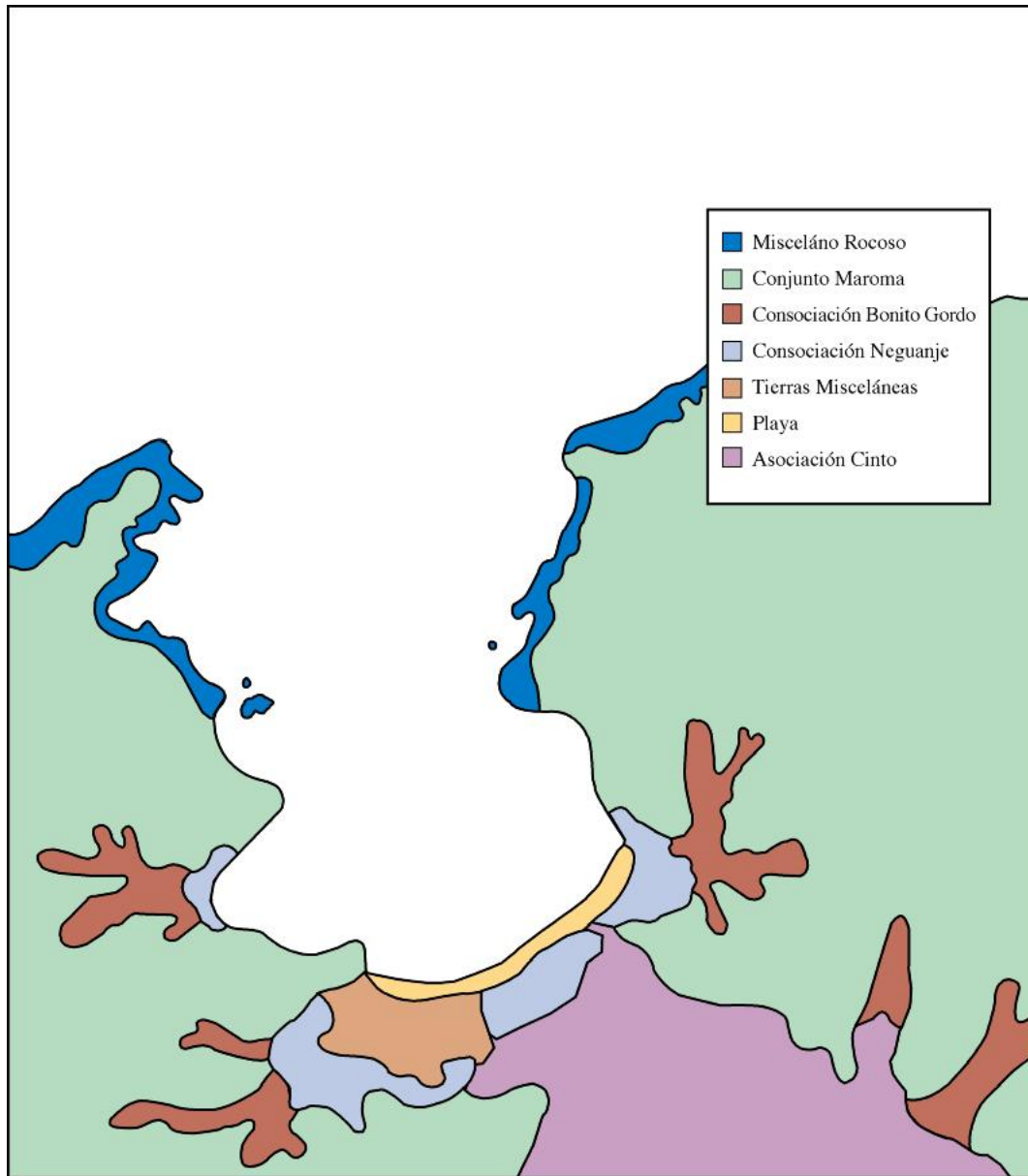


Figura 2. Tipos de suelos de la bahía de Cinto (Tomado de Fletcher y Cortés, 1975).

El área del Tayrona presenta una pluviometría que va desde 250 hasta 1000mm anuales, que se manifiesta en el cambio de vegetación de tipo Monte Espinoso Tropical en las bahías más cercanas a la ciudad de Santa Marta, a un tipo Bosque Seco Tropical, típico de la parte oriental del parque (Manjarrés, 1989). La Bahía de Cinto se encuentra dentro de las isoyetas de 500 y 1000 mm promedio anual, presentándose una vegetación típica del oriente del parque.

En términos generales, el comportamiento de los vientos se caracteriza por la influencia predominante de los Alisios provenientes del nor-este, cuyas velocidades máximas se alcanzan en la época seca. El movimiento del oleaje es generado por la acción de los vientos y su dirección está asociada a las épocas climáticas y a los cambios batimétricos de las zonas cercanas a la línea de costa. Se observa una dirección N-NE para la época seca, mientras que en la época de transición y húmeda la dirección es variable entre NE y SW. Las condiciones oceanográficas están además relacionadas con la configuración del contorno costero como con la plataforma continental adyacente; en el Parque Tayrona el oleaje es muy fuerte pero al chocar contra los acantilados pierde energía entrando suavemente hacia las ensenadas y bahías (INGEOMINAS, 1998).

En general, el litoral Caribe colombiano presenta un régimen de mareas semidiurnas de tipo micromareal, por lo que el papel ecológico de ellas es relativamente insignificante en la región (Díaz, 1989).

De acuerdo con las condiciones climatológicas y oceanográficas, el área de Santa Marta presenta dos épocas importantes. La época seca del año ocurre entre diciembre y abril, presentándose

valores de nubosidad promedio en la Bahía de Neguanje de 1/8 (Ramírez, 1987). En esta época, los vientos Alisios registran valores de 2 a 15 m/s, los cuales, ayudados por las corrientes locales, favorecen afloramientos de aguas profundas en la costa, con el consecuente descenso de la temperatura en el agua (valores hasta de 21°C) y el incremento en la salinidad (valores de 36.7 unidades a 0m de profundidad y 37.5 unidades a 25m de profundidad en la bahía de Neguanje) (Bula-Meyer 1977; Ramírez 1987). En Mayo hay una relativa calma pero en Junio, Julio y Agosto el viento incrementa de nuevo.

La época de mayor lluvia ocurre durante los meses de septiembre a noviembre, y el área se ve influenciada por el acarreo de sedimentos provenientes del Río Magdalena y la Ciénaga Grande de Santa Marta, mediante la contracorriente de Panamá-Colombia, típica de esta época del año (Bula-Meyer, 1977). Ramírez (1987) registró en la Bahía de Neguanje valores de 1.5m de transparencia del agua en esta época, lo que contrasta con los 18m en la época seca. Durante este periodo, las salinidades del agua pueden encontrarse de 2 a 5 unidades por debajo de los valores mencionados para la época seca y la temperatura alcanza sus valores máximos, hasta 29.8°C (Bula-Meyer 1977; Ramírez 1987).

2.0 METODOLOGÍA

Este trabajo se enmarca dentro del macroproyecto realizado por el INVEMAR "Evaluación Bioecológica y Ambiental de las Áreas Arrecifales del Caribe Colombiano, fase II", y sigue su enfoque y metodología de "ecología del paisaje". Este macroproyecto ha generado numerosas publicaciones referentes a las diferentes áreas coralinas del Caribe colombiano a grandes escalas como "Áreas Coralinas del Caribe Colombiano (Díaz et. al., 2000) y escalas locales como los trabajos hechos por Lopez-Victoria (1999), Cendales (2000), Huertas (2000), entre otros.

2.1 BASE CARTOGRAFICA

Se digitalizó la plancha número 5 del "Estudio Ecológico Integral de la Zona Costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona" realizado por el INVEMAR en 1989 (Díaz, 1989) a escala 1:10.000, en el Sistema de Información Geográfica ILWIS, la cual corresponde a las bahías de Cinto y Guachaquita. En campo, mediante un G.P.S portátil, se georeferenciaron los puntos más sobresalientes del mapa para constatar estos valores y hacer las calibraciones necesarias. A partir del mapa existente de los ecosistemas marinos presentes en la bahía de Cinto elaborado por Garzón-Ferreira y Cano (1990) y de una salida de reconocimiento, se constató la información y se definieron las comunidades de estudio.

2.2 TOMA DE DATOS

2.2.1. VARIABLES BIOLÓGICAS

Teniendo en cuenta los términos de unidades geomorfológicas establecidos (Geister, 1983; Rützler y Macintyre, 1982; Schumacher, 1978), a las descripciones de Garzón-Ferreira y Cano (1990) y a lo observado en una salida de reconocimiento, se hizo la siguiente clasificación del grado de desarrollo de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto y las unidades geomorfológicas que las conforman:

Tabla 1. Unidades Geomorfológicas de las Formaciones Coralinas del Parque Tayrona.

		Desarrollo		
		Arrecifes coralinos	Tapetes coralinos	Cabezas aisladas
Geomorfología	Trasarrecife		Acantilado	Plano basal
	Cresta		Vertiente sustrato primario	
	Frente		Vertiente sustrato secundario	
	Vertiente alta		Bloques aislados	
	Vertiente baja			

En cada una de las unidades geomorfológicas de cada formación coralina se ubicaron las estaciones o unidades muestrales, procurando disponerlas en líneas perpendiculares a la costa (Figura. 3). La unidad muestral comprende un espacio de aproximadamente 5x5 m; el número de ellas depende de la cantidad y tamaño de las unidades geomorfológicas correspondientes a la formación coralina.

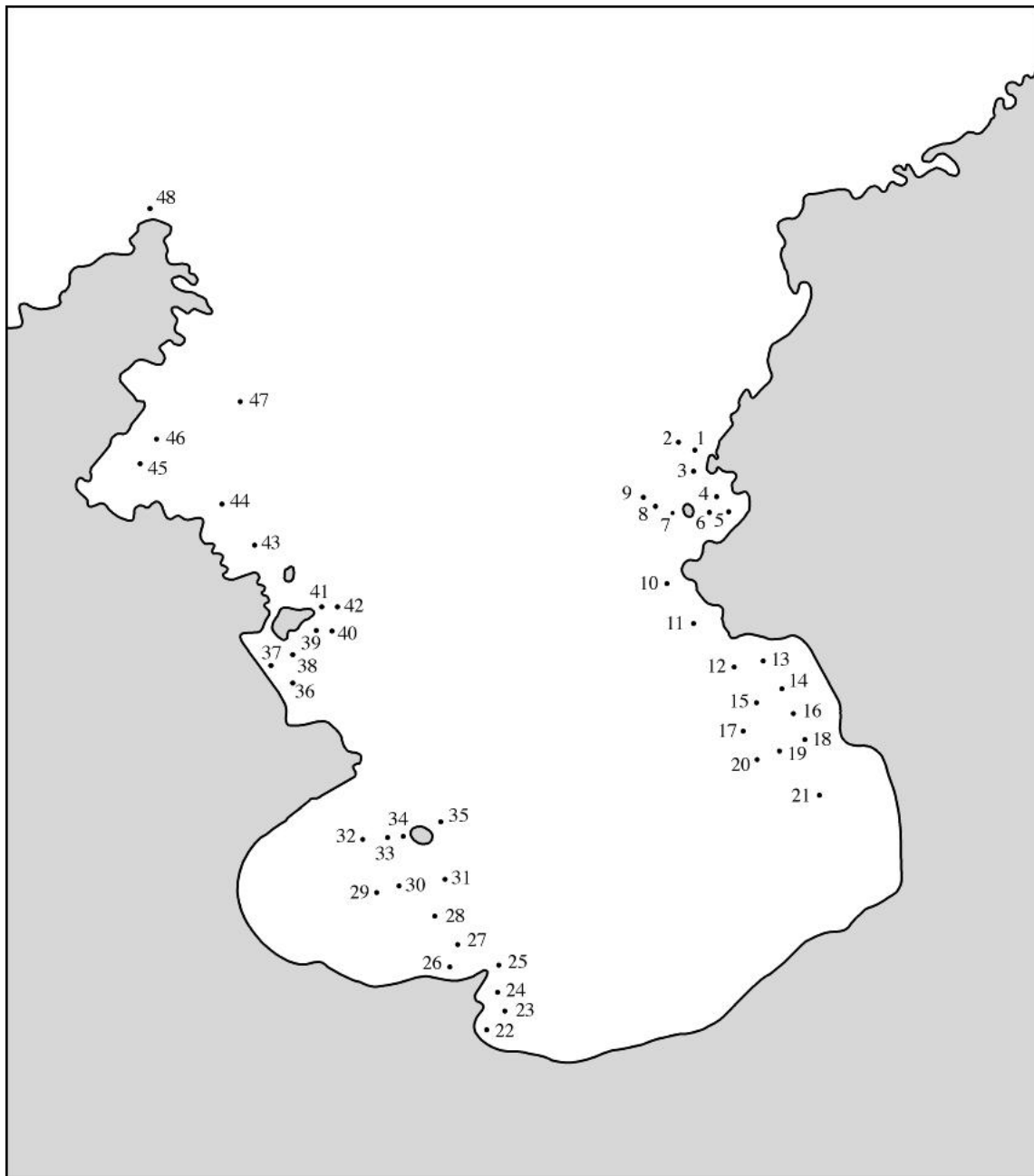


Figura 3. Estaciones de muestreo. Se ubicaron 48 estaciones procurando que cubrieran los diferentes tipos de formaciones de acuerdo al grado de desarrollo, y las diferentes unidades geomorfológicas.

El método de muestreo utilizado para cuantificar las comunidades coralinas y bénticas fue el “fast survey”, un tipo de reconocimiento visual empleado y comparado por Díaz *et. al.* (1995), y aunque no posee el detalle de las metodologías de transectos con cadena y cuadrantes, es útil en la generación de información de tipo paisajística.

El procedimiento toma aproximadamente unos 25 minutos, en los cuales se recorre toda el área muestral estimando primero el porcentaje de cobertura del sustrato duro vs blando; luego, del área del sustrato duro se estima qué porcentaje cubren los corales y los grupos de organismos sésiles mayoritarios sobre el fondo tales como: algas, octocorales, esponjas y zoantídeos. Del sustrato coralino se estima el porcentaje de cobertura de las especies o nivel taxonómico más inferior al que se pueda llegar, anotando además las formas y tamaños que presentan, como por ejemplo cabezas grandes esféricas de *Siderastrea sp*, costras pequeñas de *Diploria sp*, etc. Del coral se estima cuánto porcentaje está vivo y cuanto muerto.

El estado "coral muerto" se empleó según el término de "muerte reciente" aplicado por Garzón-Ferreira *et. al.*, (1996). Este estado se caracteriza por esqueletos blanquecinos o ya invadidos ligeramente por algas y/u otros organismos pequeños pero cuyos cálices superficiales están conservados (detalles reconocibles). En los casos de esqueletos invadidos y/o erosionados (cálices desgastados), donde la forma y los límites de la colonia no son reconocibles, fueron tenidos en cuenta como roca base, o como cascajo y escombros en el caso de que fueran fragmentos sobre el fondo.

Para poder lograr un reconocimiento rápido de los organismos, hecho que exige el método, se hizo una familiarización previa con las especies susceptibles de ser observadas. Cuando la identificación no pudo hacerse *in situ*, se tomaron fotografías para compararlas con ayudas gráficas como las de Humman (1993) y reconocerlas hasta donde fuera posible.

Los datos sobre la composición de especies y grupos mayoritarios de las formaciones coralinas se trabajaron de acuerdo al concepto de "unidad biológica del paisaje", que se refiere al set de organismos que conviven en el mismo lugar y está determinado por las especies dominantes, sus formas de crecimiento y tamaño. Ejemplos de ellas son: *Acropora palmata*, *Acropora-Millepora*, Octocorales-Cabezas y ha sido utilizada por Duyl (1985), Díaz *et. al.* (1995) y López-Victoria (1999), entre otros.

2.2.2. VARIABLES AMBIENTALES

Oleaje: Se interpretaron diferentes fotografías aéreas pancromáticas del IGAC del área (Fotos 2447 y 2448, vuelo M27 del 24 de enero de 1954; Fotos 130-132, vuelo C1497 del 5 de agosto de 1974; Fotos 09 y 10, vuelo C2315 del 20-23 de octubre de 1987; Fotos 134 y 135, vuelo C2553 del 15 de Enero de 1995), para determinar la dirección de las olas que llegan desde el océano, el comportamiento dentro de la bahía, y así estimar la intensidad de la energía del oleaje a lo largo de ésta.

Durante los días en que se hicieron las diferentes salidas de campo, y por medio de observaciones estimadas acerca del largo y alto de la ola, de la morfología del litoral rocoso en los lugares

donde rompen las olas (Garzón-Ferreira y Cano, 1990; Geister, 1977; Duyl, 1985), se estimó la intensidad del oleaje a lo largo de la bahía y se comparó con los resultados de la fotointerpretación.

Susceptibilidad a deslizamientos terrestres: Se refiere a los derrumbes que pueden ocurrir en las zonas terrestres que influirían sobre las comunidades submarinas. De acuerdo a lo propuesto por Amaya (1996), se analizaron mapas de suelos, pendiente, quebradas, aguas de escorrentía y valores debidos a erosión, y se interpretaron y compararon fotografías aéreas de diferentes años (Fotos 2447 y 2448, vuelo M27 del 24 de enero de 1954; Fotos 130-132, vuelo C1497 del 5 de agosto de 1974; Fotos 09 y 10, vuelo C2315 del 20-23 de octubre de 1987; Fotos 134 y 135, vuelo C2553 del 15 de Enero de 1995), para observar cambios de erosión. Esto se comparó con lo observado en campo como presencia de cantos y bloques tanto en la parte terrestre como en el fondo marino, presencia de construcciones e información obtenida de los habitantes del área.

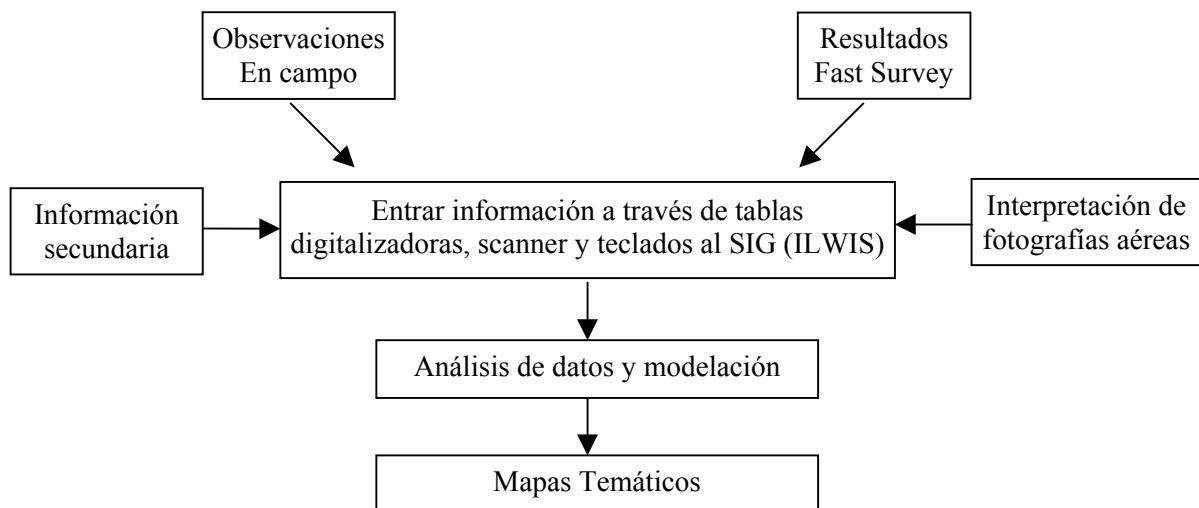
Profundidad: Por medio del profundímetro que se encuentra en la consola del equipo de buceo SCUBA se determinaron los diferentes valores de la unidad muestral y se estimó la profundidad media.

Inclinación: Estimación visual en una escala 1-5: 1= Plano; 2= hasta 25° desde la horizontal; 3= 25-45° desde la horizontal; 4= 45-75° desde la horizontal; 5= 75-90° desde la horizontal (Garzón-Ferreira y Cano, 1990).

2.3 MANEJO DE LA INFORMACIÓN

Se crearon matrices con los datos de cobertura de los grupos biológicos mayoritarios y de la cobertura de las especies coralinas en las diferentes estaciones, y se les practicaron diferentes transformaciones (raíz cuarta, logaritmo natural, y arco seno de la raíz de la proporción). Para encontrar afinidades o disimilitudes entre las estaciones y patrones de distribución, se realizó un análisis de clasificación mediante el porcentaje de disimilaridad del índice de Bray Curtis. Se construyeron dendrogramas aglomerativos con ligamiento promedio (UPGM) mediante el paquete PRIMER.

Los grupos que se encontraron significativos, o sea menores al 40% de disimilaridad, se utilizaron para ordenar gráficos y mapas digitales de la distribución de las unidades ecológicas de paisaje de las formaciones coralinas de la Bahía de Cinto.



Se hicieron relaciones tipo gráficas ejes x-y entre los valores de cobertura de cada grupo mayoritario y las diferentes variables ambientales. De acuerdo con el ordenamiento de las estaciones después del análisis de clasificación más conveniente, se dispusieron los datos de profundidad, oleaje, unidad biológica, zonación, grado de desarrollo, grupo dominante y susceptibilidad a derrumbes, de una manera gráfica mediante la cual se pudiera observar una relación evidente entre ellos.

3.0 RESULTADOS

3.1 CONDICIONES AMBIENTALES

3.1.1 Oleaje

De acuerdo con la interpretación de las fotografías aéreas se encontró que el costado nor-occidental de la bahía recibe el mayor impacto de las olas y el costado sur-oriental es la zona más protegida, lo que concuerda con el modelo del gradiente de exposición al oleaje en las bahías del parque Tayrona propuesto por Werding y Sánchez (1989) y con Garzón-Ferreira y Cano (1990).

Se reconocieron cinco categorías que dependen de la morfología de la bahía (Figura 4). Por su posición, la parte nor-occidental de la bahía recibe el impacto fuerte de las olas producidas por los vientos, casi invariables, del nor-oriental (categoría 5). Este primer choque disminuye la fuerza de las olas y, por refracción, la categoría 4 se encuentra desde la punta nor-oriental hasta la siguiente saliente y, en la parte occidental, hasta el morro que actúa como barrera de las olas. La categoría 3 se encuentra en la parte media de los dos costados. La categoría 2 corresponde al sector sur de la bahía, y el sector más protegido (categoría 1) se encuentra en el costado sur-oriental. Detrás de la rompiente del arrecife en el costado sur-occidental y en la entrada media occidental se encuentran aguas muy quietas hacia el litoral.

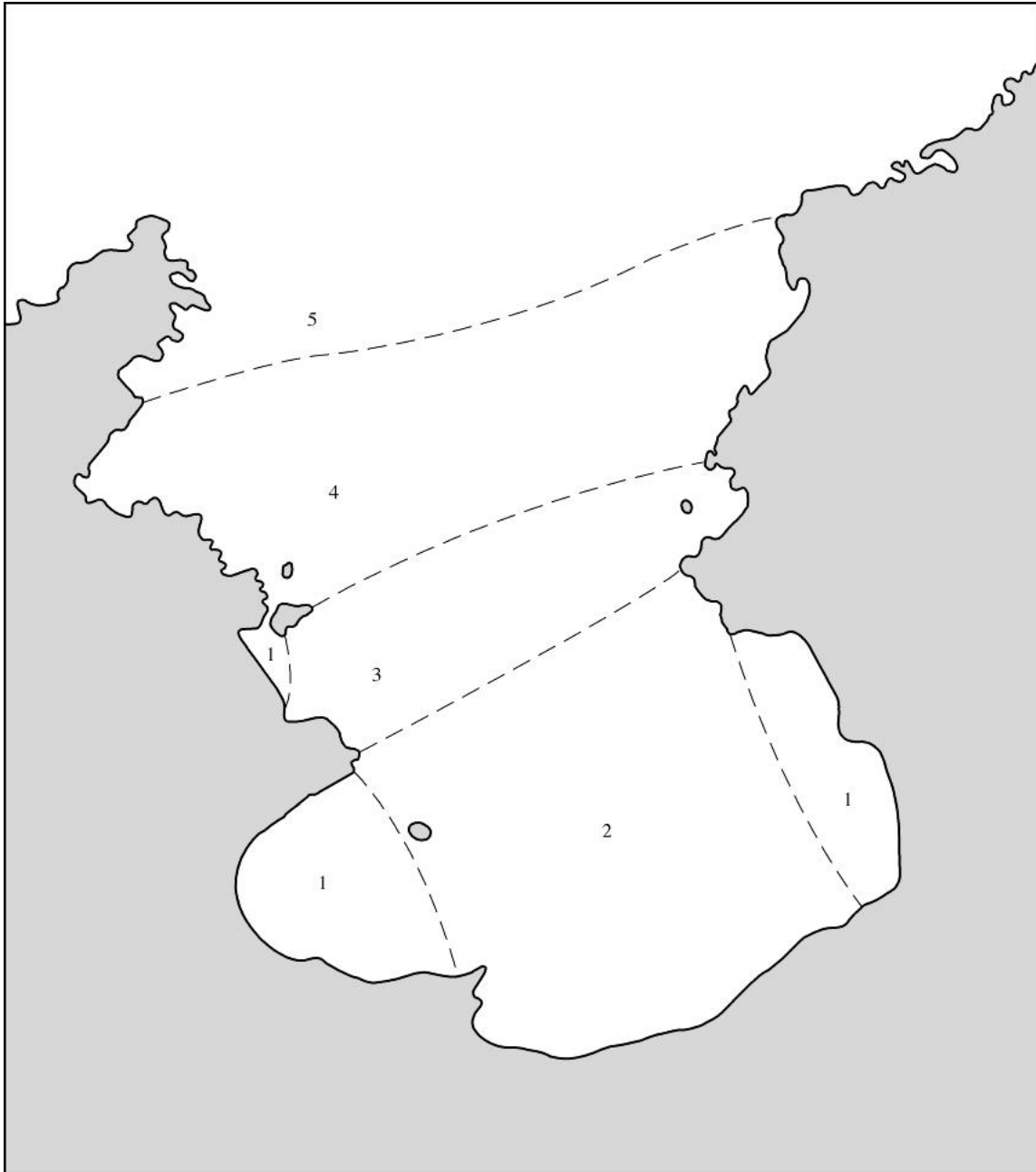


Figura 4. Gradiente de oleaje en la bahía de Cinto. Se encontraron 5 categorías de acuerdo a la intensidad del oleaje, siendo la categoría 5 la más alta, y la categoría 1 la más suave.

3.1.2 Susceptibilidad a Deslizamientos Terrestres

De acuerdo con la información encontrada sobre los suelos y la pendiente (Fletcher y Cortés, 1975), con la interpretación y comparación de las fotografías áreas pancromáticas del IGAC de los años 1954, 1974, 1987 y 1995, y con el gradiente de exposición al oleaje y corriente de deriva litoral se reconocieron seis zonas (Figura 5).

Zona A: Está ubicada en la parte nor-occidental de la bahía, compuesta por pendientes mayores a 50% que terminan en acantilados o paredes casi verticales desprovistas de vegetación. Tiene una erosión moderada a severa y, como se pudo observar en las fotografías áreas, posee zonas de drenaje profundas que han aumentado de tamaño con el paso del tiempo.

Zona B: Zona de pendiente de 50%, pero que por su posición y forma y por la cercanía de un morro que actúa como barrera del viento y el oleaje, no presenta acantilados y su vegetación es espesa. Aunque posee una zona de drenaje no se observaron señales de erosión probablemente por la vegetación que la cubre.

Zona C: En esta zona existen dos puntos de drenaje, pero por presentar un relieve plano en la parte próxima al mar, el agua de escorrentía, sedimentos y posible cascajo, forman una laguna de colmatación que disminuye la influencia sobre el ámbito marino.

Zona D: Aunque es una zona plana que no presenta erosión, se ve influenciada por la Quebrada Cinto, que puede tener dos salidas al mar. Existen además en los extremos oriental y occidental dos zonas de drenaje, pero por su relieve plano forman lagunas de colmatación disminuyendo así la influencia de agua de escorrentía al mar.

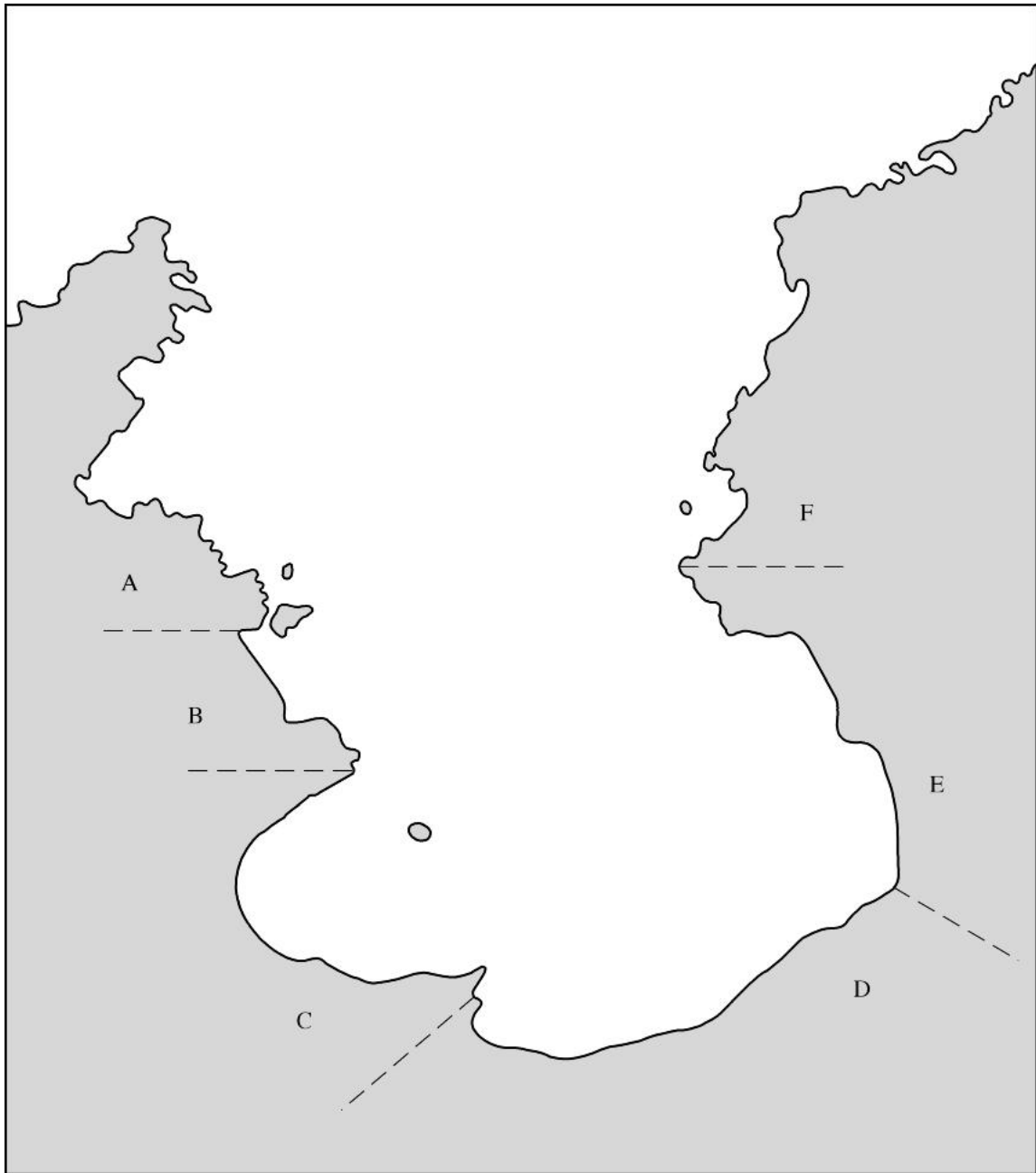


Figura 5. Susceptibilidad a perturbaciones por deslizamientos o derrumbes. Se encontraron seis zonas, de las cuales la A, D, E, son zonas que presentaron cambios en los puntos de drenaje y que pueden ejercer influencia en las comunidades submarinas debido a el arrastre de material sedimentario, mientras que las zonas B, C y F no presentaron cambios en sus puntos de drenaje o son áreas planas.

Zona E: Zona de laderas semipendientes (50%). Posee una zona de drenaje importante que al cabo del tiempo aumentó de tamaño y probablemente por lluvias fuertes y/o tala de árboles para la adecuación de zonas de vivienda ha disminuido su cobertura vegetal.

Zona F: Zona de laderas montañosas de 50% de pendiente que terminan en el mar en forma de acantilados casi verticales. Aunque posee zonas de drenaje no se observó cambio en el tamaño de éstas y conservan la vegetación, por lo que los posibles deslizamientos parecen no ser frecuentes.

3.1.3 Profundidad e Inclinación:

Los costados rocosos de la bahía se adentran abruptamente en el mar, presentándose un fondo muy inclinado que llega rápidamente a los 20 metros de profundidad, máxima profundidad a la que se encontraron formaciones coralinas. Luego el cinturón rocoso desaparece quedando a la vista fondos sedimentarios igualmente inclinados que van hasta los 100m de profundidad (Díaz, 1989). Los valles y planos de la parte sur de la bahía, se adentran en el mar, presentando una pendiente mucho mas leve en esta zona de la bahía.

Tabla 2. Profundidad e Inclinación en las diferentes estaciones.

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Profundidad (m)	12	12	20	3	3	4	5	10	12	4	3	1	2	2	4	2	6	2	4	6	2	2	4	4
Inclinación (Escala 1-5)	4	1	4	2	2	2	4	4	5	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3

Estación	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Profundidad (m)	4	1	2	3	3	6	10	2	4	5	10	3	5	3	12	15	9	15	8	15	5	5	18	18
Inclinación (Escala 1-5)	3	3	3	3	2	3	1	2	3	4	1	2	2	2	4	4	4	4	4	4	3	4	1	5

3.2 MORFOLOGÍA Y DESARROLLO

De acuerdo con la capacidad que tienen los organismos hermatípicos (= formadores de arrecifes), y en especial los corales, de modificar sustancialmente la topografía del lecho marino, y con el porcentaje de cobertura en el que se encuentra este mismo grupo, en la bahía de Cinto se presentan tres tipos de formaciones Cabezas aisladas, Tapetes coralinos y Arrecifes coralinos.

3.2.1. Cabezas Aisladas: Son sistemas (paisajes) que no poseen una cobertura alta de corales, sino que están constituidos por la combinación más o menos homogénea de arena, cascajo, cabezas de corales, esponjas, octocorales, algas y pastos marinos. Esta formación se encontró mejor representada en la parte central y sur del costado occidental de la bahía, y en ella pueden identificarse dos subzonas, una profunda y una somera (Figura 6).

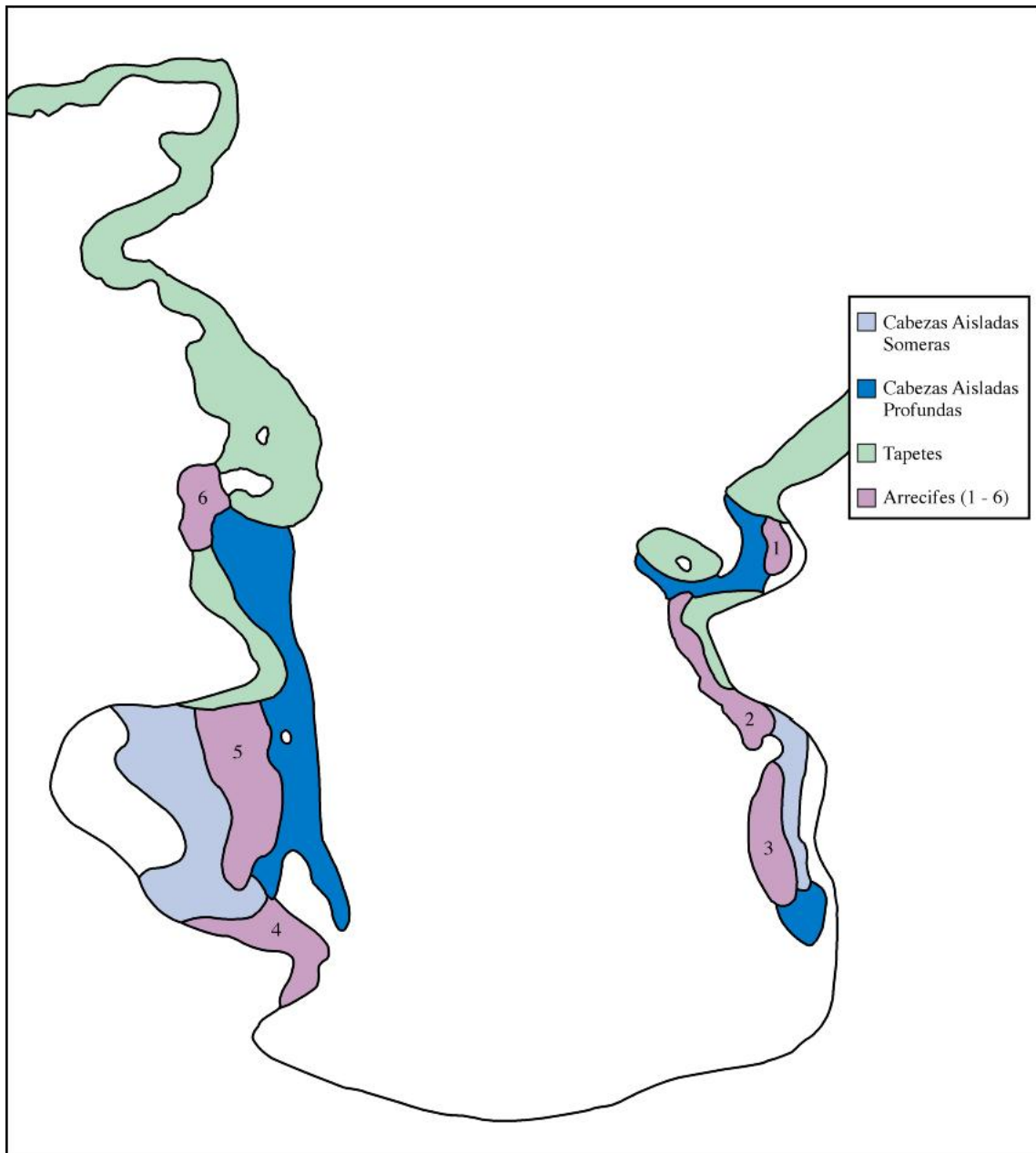


Figura 6. Desarrollo de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto. Las “Cabezas aisladas” son formaciones de colonias separadas entre sí sobre una matriz de sedimentos o cascajo; los “Tapetes coralinos” son formaciones compactas de colonias que recubren el sustrato sin modificar el relieve sustancialmente; los “Arrecifes coralinos” son formaciones coralinas con un crecimiento tanto vertical como horizontal que modifican el relieve submarino.

La primera se encuentra a profundidades mayores a 5m y está constituida por arena y cascajo sobre el cual se desarrollan cabezas medianas de *Montastraea cavernosa* y *Diploria strigosa* principalmente, densas poblaciones de octocorales de gran tamaño, las cuales fueron descritas por Botero (1987), y varias especies de esponjas, en especial *Xestospongia muta*.

La parte somera está constituida por arena, cascajo, cabezas pequeñas de *Siderastrea* spp y *Porites porites*, *Millepora complanata*, por el alga *Halimeda opuntia* en gran proporción y escasas proporciones de los pastos *Thalassia* y *Halodule*. En el costado oriental de la bahía se encuentra una formación equivalente, con la diferencia que no presenta *P. porites* ni *H. Opuntia*.

3.2.2. Tapetes: Formaciones que, aunque en algunos casos pueden estar constituidos en un 80 % por corales, su crecimiento no es vertical sino a manera de costras, lo que no permite modificar sustancialmente la topografía del fondo marino. Esta formación se encuentra recubriendo el cinturón rocoso costero que se adentra en el mar hasta los 30m de profundidad (Figura 6).

La cobertura del sustrato por parte de estos tapetes puede variar con la geomorfología del fondo. Es así como pueden encontrarse paredes casi verticales de roca primaria donde el porcentaje de cobertura es casi nulo, laderas con inclinación de 45 grados que son el resultado de la acumulación de cantos y bloques rodados de diferentes tamaños donde el porcentaje de cobertura está alrededor del 40 %, hasta morros rocosos aislados, donde los corales cubren entre 20 y 60% (Figura 7).

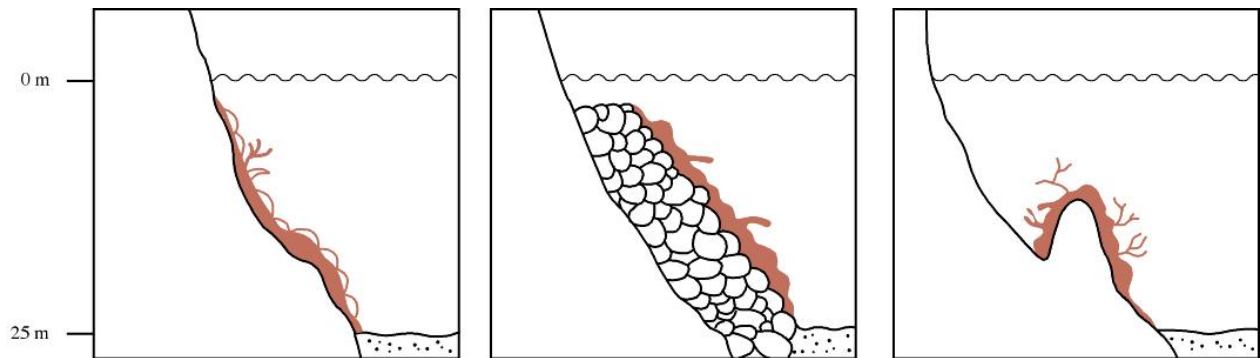


Figura 7. Geomorfología de los tapetes coralinos. Pueden encontrarse sobre paredes casi verticales de roca primaria (A), sobre laderas con inclinación de 45 grados que son el resultado de la acumulación de cantos y bloques rodados de diferentes tamaños (B), o sobre morros rocosos aislados (C).

3.2.3. Arrecifes: Se le da esta denominación a las estructuras de origen coralino (Cnidaria: Scleractina y Milleporina) que por su crecimiento horizontal y vertical han modificado las condiciones físicas del paisaje. De acuerdo a su forma y localización con respecto a la costa, los arrecifes encontrados en la bahía de Cinto pueden clasificarse como dos de los cuatro grandes tipos de arrecifes según Schuhmacher (1978): arrecifes franjeantes y arrecifes de parche.

Los arrecifes franjeantes son aquellos que se desarrollan directamente a lo largo de la costa, tendiendo a crecer su frente hacia afuera de ésta, y están separados decenas de metros de la línea de costa por una laguna de poca profundidad. El arrecife 5 de la Figura 6, es el representante de este tipo de arrecifes, el cual está característicamente estructurado en cuatro subzonas: trasarrecife (laguna de poca profundidad), cresta, vertiente alta y vertiente baja (Figura 8).

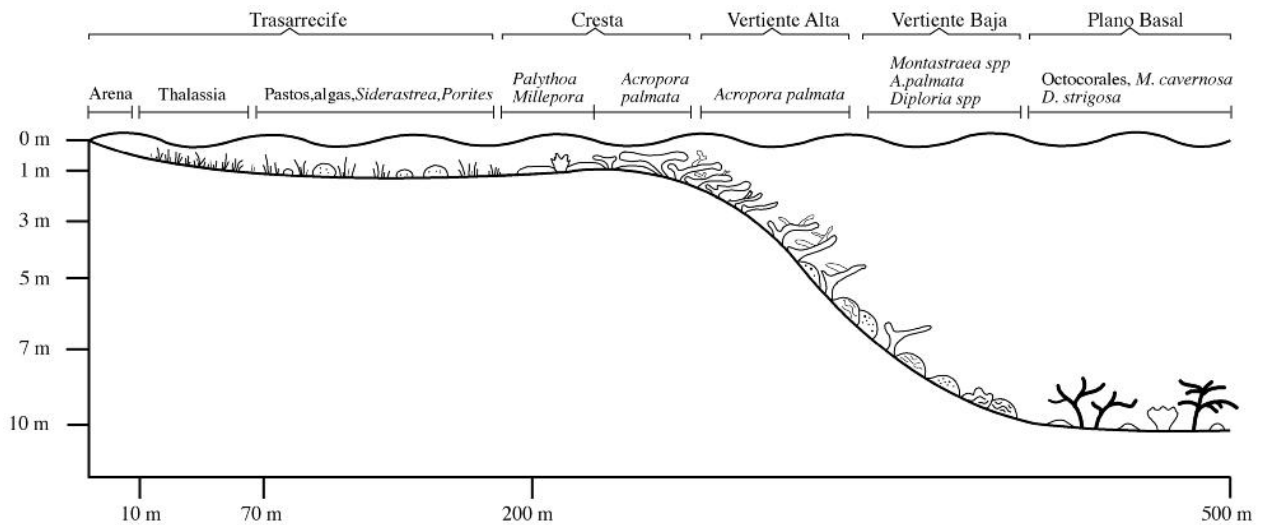


Figura 8. Geomorfología del arrecife franjeante. El arrecife de la parte sur-occidental de la bahía está estructurado en cuatro subzonas: trasarrecife, cresta, vertiente alta y vertiente baja.

Los arrecifes de parche alcanzan apenas escasas decenas de metros y se desarrollan aisladamente en aguas someras y calmas, están representados por los arrecifes 1 y 6 (Figura 6). El arrecife 4, aunque no es de tamaño considerable, presenta una zonación bien marcada, un frente o cresta y una vertiente. Los arrecifes de la parte sur-oriental (Arrecifes 2 y 3 en la Figura 6) de la bahía no son arrecifes compactos, más bien son parches pequeños contiguos, aunque se puede decir que también presentan una zonación: cresta, vertiente alta y baja.

3.3 COMPOSICION DE LAS FORMACIONES CORALINAS

3.3.1 Grupos Mayoritarios

Los grupos mayoritarios de las formaciones arrecifales de la bahía de Cinto son en primer lugar los corales, seguidos por los céspedes algales, algas frondosas, algas costrosas, octocorales, esponjas y zoantídeos (Figura 9, Tabla 3)

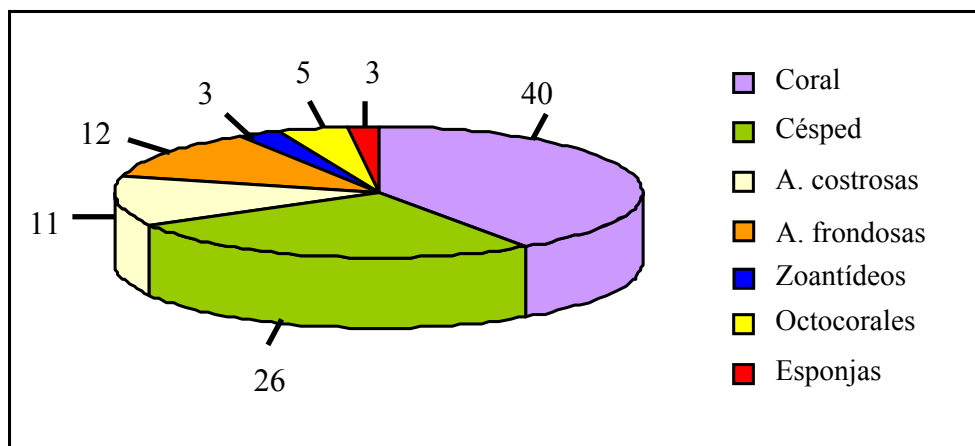


Figura 9. Porcentajes de cobertura total de los grupos mayoritarios de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto.

Tabla 3. Porcentaje de cobertura de los grupos mayoritarios en las diferentes estaciones.

Estación	Coral	Césped	Algas costrosas	Algas frondosas	Zoantídeos	Octocorales	Esponjas
1	36	12	18	16	0	5	3
2	50	7	8	15	0	2	8
3	9	16	24	32	0	4	4
4	20	56	16	8	0	0	0
5	40	30	6	24	0	0	0
6	24	21	21	21	0	8	0
7	16	17	25	21	0	17	4
8	60	12	0	24	0	2	2
9	20	12	0	24	0	32	12
10	22	26	8	0	0	2	2
11	45	13	2	28	2	0	0

12	15	57	38	0	0	0	0
13	10	50	10	0	10	0	0
14	54	10	20	0	4	2	0
15	57	21	14	0	2	2	0
16	32	9	36	0	1	2	0
17	20	45	25	8	1	1	0
18	24	43	0	1	1	1	0
19	30	52	0	1	1	0	1
20	40	38	0	0	0	0	0
21	27	29	0	0	0	1	0
22	40	51	3	3	1	1	1
23	10	60	0	1	10	6	3
24	35	25	0	0	0	5	0
25	60	18	15	0	2	0	0
26	10	67	4	4	15	0	0
27	30	42	0	0	28	0	0
28	28	17	8	17	0	0	0
29	54	4	25	0	0	7	0
30	54	0	14	18	0	4	0
31	16	4	0	0	0	30	5
32	95	5	0	0	0	0	0
33	47	24	0	18	0	4	2
34	20	12	0	24	0	32	12
35	12	6	1	5	0	25	5
36	40	40	5	10	5	0	0
37	38	48	0	3	6	0	0
38	22	6	23	15	2	2	0
39	40	0	4	28	4	2	2
40	70	10	4	10	1	1	4
41	57	2	12	16	2	3	3
42	29	6	15	33	6	3	3
43	60	8	4	6	1	1	0
44	19	42	23	9	0	2	0
45	70	15	0	10	0	0	5
46	49	4	6	6	1	2	2
47	25	12	38	22	0	3	0
48	20	0	11	60	0	2	2

Se determinaron los coeficientes de correlación entre los parámetros ambientales y los grupos mayoritarios de las formaciones coralinas en la bahía de Cinto, a partir de los datos transformados a arcoseno de la raíz de la proporción del porcentaje de cobertura de los corales, los céspedes algales, las algas costrosas y frondosas, los zoantídeos, los octocorales y esponjas, sin embargo, los valores fueron bajos. Únicamente las algas frondosas presentaron correlación positiva media con la profundidad y el oleaje, al igual que las esponjas con el oleaje (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficientes de Correlación entre los Grupos Mayoritarios (Corales, Céspedes Algales, Algas Costrosas y Frondosas, Zoantídeos, Octocorales y Esponjas) y los Parámetros Ambientales, a partir de los datos de porcentaje de cobertura de los grupos mayoritarios transformados al arcoseno de la raíz de la proporción.

Grupos Taxonómicos Mayoritarios	Parámetros Ambientales		
	Profundidad	Oleaje	Pendiente
Corales	-0.11	0.04	0.02
Céspedes	-0.45	-0.44	-0.19
A. costrosas	0.15	0.05	-0.05
A. frondosas	0.62	0.54	0.45
Zoantídeos	-0.24	-0.16	0.07
Octocorales	0.32	0.26	0.21
Esponjas	0.47	0.51	0.48

Ni las relaciones ejes x-y de cada grupo vs los parámetros ambientales (Tabla 4), ni el análisis de clasificación (Figura 10) mostraron un patrón claro y definido, lo que indica que los grupos se encuentran ampliamente distribuidos y que no se presentan grupos exclusivos de uno u otro ambiente.

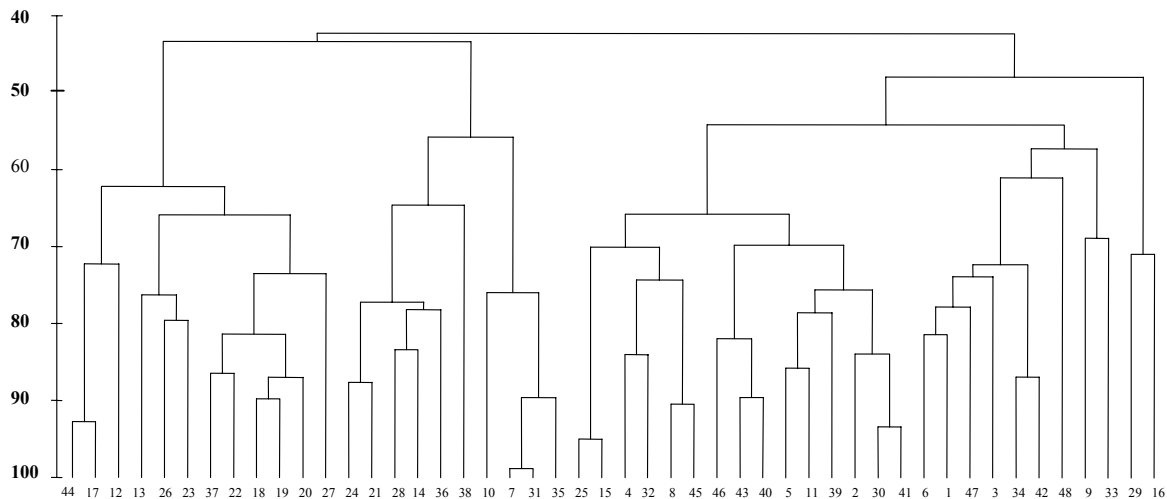


Figura 10. Dendrograma aglomerativo de disimilaridad con ligamiento UPGMA mediante el índice de Bray Curtis, a partir de los datos de cobertura de los grupos mayoritarios en las diferentes estaciones, transformados en raíz cuarta.

3.3.2 Comunidad Coralina

A partir del Fast Survey se encontraron 38 especies de corales hematípicos (Scleractina y Milleporina, Tabla 5). El número de especies encontradas por estación osciló entre 1 y 20, cubriendo un porcentaje del fondo entre el 6 y 95%.

Las especies más frecuentes y con mayores porcentajes de cobertura en la bahía de Cinto fueron *Montastraea cavernosa* (2-68%) en 30 estaciones, *Diploria strigosa* en 35 estaciones con porcentajes de cobertura entre 2-40%, *Siderastrea siderea* con porcentajes entre 1 y 40% se encontró en 41 estaciones y *Acropora palmata* se encontró en 28 estaciones, con porcentajes de cobertura relativa al coral entre 1 y 100%.

Tabla 5. Porcentaje de Cobertura de las Especies Coralinas en las Diferentes Estaciones.

Estación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>Acropora cervicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>A. palmata</i>	0	0	0	20	50	10	5	0	0	0	2	90	40	25	2	20	0	30	0	0	0	75	1	0
<i>Agaricia agaricites</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. fragilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0
<i>A. grahamae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. humilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Agaricia sp.</i>	0	5	0	0	0	0	10	1	7	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. tenuifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Colpophyllia natans</i>	0	15	1	0	0	0	0	20	3	10	2	0	0	0	0	0	1	0	14	0	1	9	3	
<i>Dichocoenia stockesii</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploria clivosa</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	7	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	35	
<i>D. labyrinthiformis</i>	5	0	0	0	0	0	5	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1	0	0	0	0
<i>D. strigosa</i>	35	7	10	0	9	0	15	13	7	25	2	0	0	3	17	1	10	1	25	10	30	1	29	0
<i>Eusmilia fastigiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Favia fragum</i>	0	0	1	0	1	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptoseris cucullata</i>	0	0	0	0	0	0	4	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Madracis decactis</i>	0	0	10	0	0	0	4	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Manicina areolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meandrina meandrites</i>	5	2	0	0	0	3	5	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	2
<i>Millepora alcicornis</i>	0	2	10	0	0	10	3	1	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. complanata</i>	0	1	0	20	1	0	2	0	3	25	23	0	20	60	38	29	30	43	20	10	10	15	29	20
<i>Montastraea annularis</i>	0	0	0	20	0	10	0	0	3	0	0	0	0	0	7	5	0	0	15	3	0	0	0	0
<i>M. cavernosa</i>	20	30	68	8	0	0	15	13	12	10	0	0	0	0	3	0	5	0	3	15	30	1	5	5
<i>M. faveolata</i>	5	5	0	0	9	20	0	20	0	0	2	0	0	0	0	5	15	1	0	40	0	0	1	0
<i>M. franksi</i>	10	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycetophyllia angulosa</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. aliciae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. danaana</i>	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. ferox</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycetophyllia sp</i>	5	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Porites astreoides</i>	0	5	0	0	0	0	5	9	7	2	1	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	1	1	0
<i>P. porites</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Scolymia cubensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. lacera</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Siderastrea radians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. siderea</i>	5	5	0	30	30	40	5	9	7	25	60	3	40	10	30	38	30	20	10	0	30	1	24	35
<i>Solenastrea bournoni</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanocoenia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubastrea aurea</i>	0	0	0	2	0	3	5	0	3	0	0	3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Continuación...

Estación	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
<i>Acropora cervicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>A. palmata</i>	0	93	91	40	70	40	0	100	70	3	0	70	35	50	0	0	0	0	0	0	15	5	0	0
<i>Agaricia agaricites</i>	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. fragilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>A. grahamae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>A. humilis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Agaricia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0
<i>A. tenuifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Colpophyllia natans</i>	25	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	5	5	0	0	5	0	5	5	10	0
<i>Dichocoenia stockesii</i>	0	0	0	0	0	5	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Diploria clivosa</i>	0	1	3	0	10	10	0	0	0	7	0	0	0	0	0	10	0	0	0	20	20	0	10	20
<i>D. labyrinthiformis</i>	0	0	0	0	0	5	5	0	0	3	0	0	0	0	10	5	0	10	20	0	5	15	0	0
<i>D. strigosa</i>	10	0	0	30	0	0	30	0	10	7	40	0	0	8	37	5	20	39	20	25	5	10	10	20
<i>Eusmilia fastigiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Favia fragum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Leptoseris cucullata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Madracis decactis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Manicina areolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Meandrina meandrites</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	5	5	0	2	5	0	0	5	5
<i>Millepora alcicornis</i>	0	0	0	0	0	15	15	0	0	7	5	0	0	0	1	0	5	5	0	0	4	0	0	5
<i>M. complanata</i>	15	5	3	0	10	0	0	0	3	3	5	0	35	15	0	5	0	0	5	0	3	0	0	0
<i>Montastraea annularis</i>	10	0	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	5	7	1	8	10	0	0	0	0	10	0	0
<i>M. cavernosa</i>	3	0	0	5	0	5	35	0	0	10	40	0	0	0	28	10	50	39	30	40	4	0	40	40
<i>M. faveolata</i>	5	0	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	10	0	0	10	0	4	20	0	0
<i>M. franksi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0
<i>Mycetophyllia angulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. aliciae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0
<i>M. danaana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. feroz</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycetophyllia sp</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Porites astreoides</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	4	7	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>P. porites</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scolymia cubensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
<i>S. lacera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Siderastrea radians</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. siderea</i>	25	0	3	10	0	15	0	0	10	7	2	30	0	20	10	10	5	5	0	10	35	30	5	3
<i>Solenastrea bournoni</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	5
<i>Stephanocoenia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubastrea aurea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0

3.3.3. Unidades Ecológicas del Paisaje

De acuerdo con la clasificación mediante el índice de Bray Curtis (Figura 11) de los datos de cobertura de las especies y a la tabla 5 se definieron 8 Unidades Ecológicas de Paisaje, las cuales se ubican en la Figura 12.

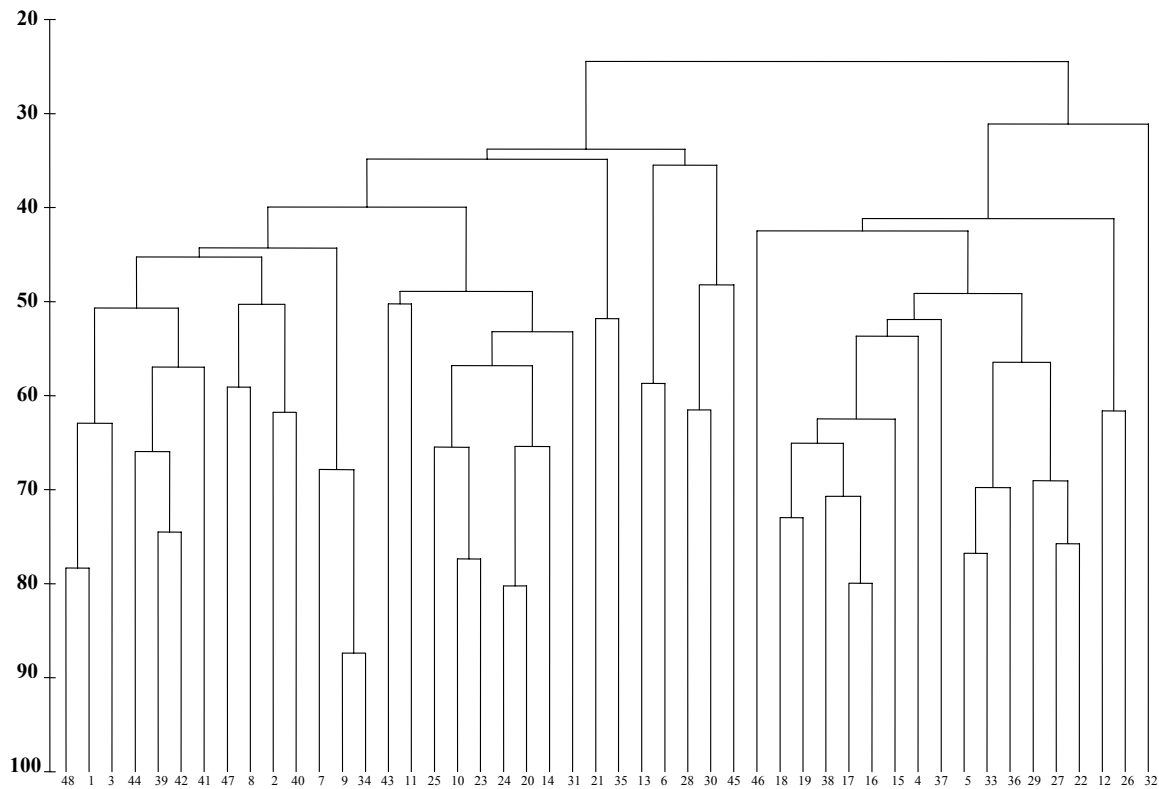


Figura 11. Dendrograma aglomerativo de disimilaridad con ligamiento UPGMA mediante el índice de Bray Curtis, a partir de los datos de cobertura relativa de especies coralinas en las diferentes estaciones, transformados a arcoseno de la raíz de la proporción.

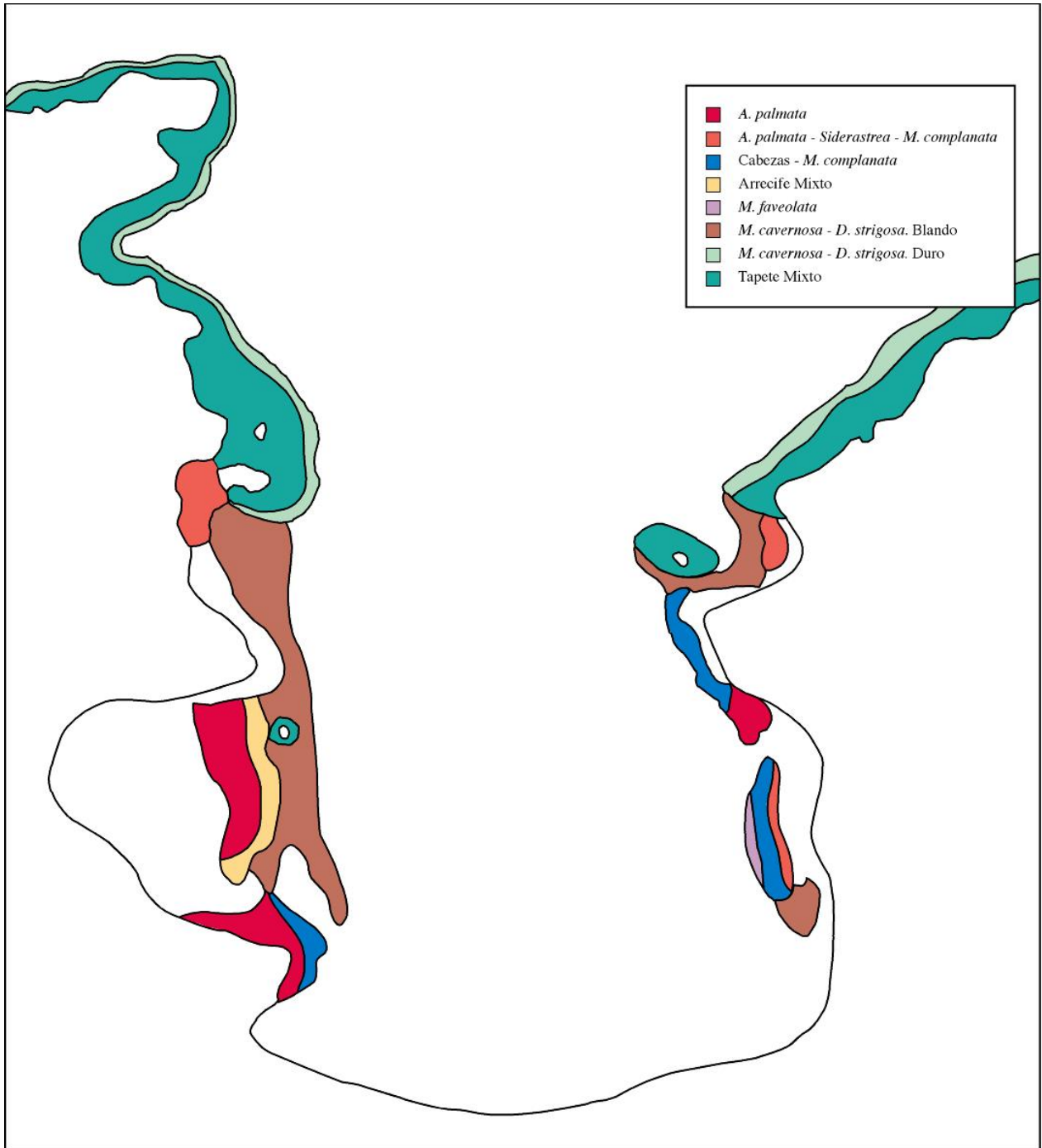


Figura 12. Unidades Ecológicas de Paisaje de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto. Las Unidades Ecológicas de Paisaje están determinadas por las especies coralinas dominantes, sus formas y tamaños y los grupos mayoritarios que las acompañan.

Definición de las Unidades Ecológicas de Paisaje de las Formaciones Coralinas de la Bahía de Cinto:

***A palmata*:** Se encuentra en los arrecifes del costado sur occidental, en la cresta y en la vertiente alta del arrecife a una profundidad entre 1 y 3m, el oleaje es suave a protegido (categorías 1 y 2), la pendiente del fondo es hasta de 45° de inclinación. Aunque pueden encontrarse cabezas y costras pequeñas de *Diploria clivosa*, *D. strigosa* y *Siderastrea*, la comunidad coralina viva está dominada por la especie *A. palmata*.

Sin embargo, los arrecifes de parche (sur-oriental, y sur-occidental) presentan un alto porcentaje de sustrato coralino muerto, entre el 70 y el 90%, mientras que el arrecife franjeante de la parte sur-occidental, presenta un porcentaje bajo de cobertura de sustrato coralino muerto, 5%. En el primer caso, el grupo dominante son los céspedes algales, mientras que en el segundo, el grupo dominante es el de los corales y están acompañados en menor proporción de algas costrosas y frondosas.

***A palmata-Siderastrea- M. complanata*:** Es el componente principal de los arrecifes de parche localizados en las zonas protegidas de la parte media de la bahía donde el agua es calma, o bien, se encuentra en la vertiente alta de los arrecifes de la parte sur de la bahía. Se encuentra a profundidades entre 2 y 5m donde el fondo tiene una inclinación hasta de 25°. Como su nombre lo indica está dominada por *A. Palmata*, *Siderastrea* y *Millepora complanata* en similares proporciones. En esta unidad se encontró un alto porcentaje de muerte coralina que varía entre 40 y 85%. Los céspedes algales y los octocorales ocupan un lugar importante.

Cabezas-*M. complanata*: Unidad que se encuentra en la parte sur de la bahía, en ambientes de oleaje suave, a profundidades entre 2 y 6m, donde la pendiente del fondo es de 25 a 45°. Forma la vertiente baja de los arrecifes y está compuesta por corales acompañados por céspedes algales y octocorales en una proporción menor. Las especies dominantes son *D. strigosa*, *D. labyrinthiformis*, *S. siderea* y *M. complanata*, en proporciones similares, las cuales presentan una mortalidad del 61% en promedio.

Arrecife Mixto: Formado por corales, algas frondosas y octocorales, se encuentra en los límites del arrecife franjeante donde se desarrollan *A. palmata*, *Diploria spp*, *Siderastrea spp*, *Montastraea spp*, entre otras, de 8 a 10 especies por estación, sin llegar a ser dominante alguna especie en particular. El porcentaje de cobertura coralina muerta es variable, entre 2 y 50%.

***Montastraea faveolata*:** Se encuentra en los límites inferiores del arrecife de parche del costado sur-oriental, sobre fondos con una inclinación de 45°, y en donde domina *M. faveolata*, acompañada de *Diploria spp*, *M. cavernosa* y *M. Complanata*. El porcentaje de cobertura coralina muerta es alto, 65% en promedio.

***M. cavernosa- D. Strigosa-Blando*:** Unidad de cabezas aisladas y octocorales que se encuentra en planos basales de arena y cascajo. Compuesta por cabezas pequeñas y medianas de *M. cavernosa* y *D. strigosa* principalmente, densas poblaciones de octocorales de gran tamaño y varias especies de esponjas en especial *Xestospongia muta*. El porcentaje de coral muerto varia entre 50 y 70%.

Tapete Mixto: Unidad de gran riqueza tanto de los grupos mayoritarios, como coralina, hasta de 20 especies de corales, entre ellas *Agaricia spp*, *Diploria spp*, *M. decactis*, *Mycetophyllia spp*, *Montastraea spp*, etc. Sin embargo, posee un bajo desarrollo, ya que las colonias crecen a manera de costras que tapizan el fondo sin modificar sustancialmente el relieve. Se encuentra en zonas de alta exposición al oleaje y sujetas a posibles derrumbes de cascajo y bloques de roca. Se desarrollan sobre los costados rocosos de la bahía y sobre los morros rocosos que sobre salen hasta la superficie, donde la pendiente es bastante inclinada hasta paredes casi verticales, y a profundidades desde los 5m hasta los 10 y 15m. El coral muerto es variable, cubre entre el 2 y el 40%.

M. cavernosa-D. Strigosa-Duro: Tapetes coralinos que se desarrollan en los límites profundos del cinturón rocoso, a profundidades entre 9 y 20m, donde la pendiente es entre 45 y 75°. La alta variedad de especies que se desarrollan en los primeros metros de profundidad es reemplazada por pocas especies, dominando *M. cavernosa* y *D. strigosa*, y presentando un promedio de cobertura de coral muerto de 38.4%.

3.4 SALUD CORALINA

En un total de 37 estaciones se estimó el porcentaje de cobertura coralina muerta (Tabla 5). Ésta se clasificó en cuatro categorías, de 0 a 25%, de 25 a 50%, de 50 a 75% y de 75 a 100%. Las estaciones que poseen una mortalidad coralina normal a baja, entre 25-50% y 0-25%, representan el 19 y 25% del número total de estaciones, respectivamente (Figura 12). Aunque el número de estaciones con mortalidad severa (75-100%) fue el más bajo, las estaciones con mortalidad alta, (porcentajes entre el 50 y 75), representan el 41% del total de las estaciones.

Tabla 6. Porcentajes de cobertura de coral muerto con respecto al sustrato coralino en las formaciones coralinas de la bahía de Cinto.

Estación	2	3	4	5	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
% Cobertura Coral muerto	2	85	80	50	20	40	15	60	50	85	40	40	60	80	65	65	50	55	15

Estación	23	26	27	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	45	46
% Cobertura Coral muerto	90	90	70	2	5	5	50	20	70	40	60	60	30	2	25	50	30	50

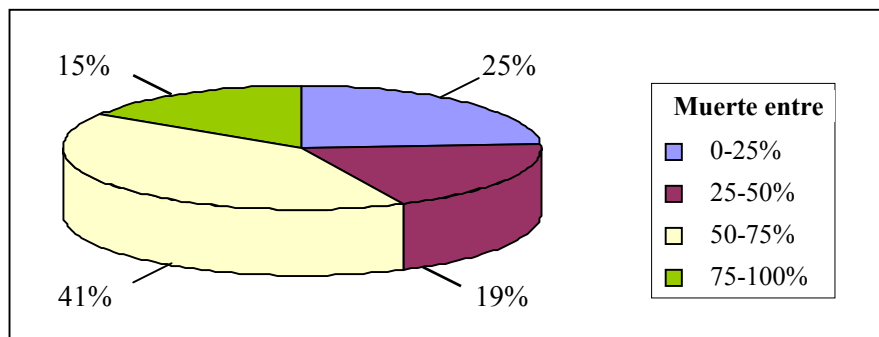


Figura 13. Porcentaje de estaciones con respecto a las categorías de muerte coralina. Muerte coralina entre 0-25% es baja, entre 25-50% es normal, entre 50-75% es alta, y entre 75-100% es severa. El 41% de las estaciones presentaron una muerte coralina alta.

4.0 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las formaciones coralinas de la bahía de Cinto son poco desarrolladas. Estas formaciones se limitan a "tapetes coralinos", cabezas aisladas o parches coralinos. Sólo al costado sur-occidental de la bahía se encuentra un arrecife bien desarrollado y estructurado.

Por otro lado, la riqueza y composición de la fauna escleractínea del área de estudio, 40 especies de las 45 señaladas por Erhardt y Werding (1975a) para el área de Santa Marta, son similares a las que se encuentran en otros arrecifes del Caribe. Aunque las diferencias en el número de especies por región tiene que ver con el tipo de muestreo, el tiempo de dedicación y la profundidad hasta la cual llegue el estudio, algunos valores en las diferentes áreas del Caribe son: 21 especies en el Bajo Imelda, Islas del Rosario (Navas *et. al.*, 1992), 29 en Islas Pavitos, Islas del Rosario (Galvis, 1987), 38 en Isla Ceycén (Erhardt y Meinel, 1975) 41 en Isla Grande, Islas del Rosario (Coral y Caicedo, 1983), 37 en Belize (Cairns, 1982), 40 en Bonaire (Scatterday, 1974), 41 en Panamá (Porter, 1972) y 62 especies encontradas por Goreau y Wells (1967) hasta los 90m de profundidad en los arrecifes de Jamaica.

El alto número de especies encontradas, pero las características observadas en el desarrollo y en la estructura comunitaria, sugiere que las comunidades coralinas de la bahía de Cinto están controladas por factores de crecimiento y expansión colonial.

La tasa de crecimiento de los corales depende de la localización geográfica, probablemente como una función de las condiciones locales (Gladfelter *et. al.*, 1978). Es por esto que el tamaño medio de la colonia es utilizado como un indicador relativo de la estabilidad de las condiciones ambientales (Jordán 1989, Nagelkerken *et. al.*, 1999) y el grado de cobertura indica lo "adecuado" del ambiente para estos organismos (Jordán, 1989). Esto puede estar relacionado con el tipo de formación más común en la bahía de Cinto y el tamaño de las colonias que allí se desarrollan, es decir, tapetes de colonias medianas.

El desarrollo de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto está relacionado con el oleaje, la profundidad, los deslizamientos terrestres y la inclinación del sustrato que a su vez dependen entre sí. El oleaje fuerte que choca contra las paredes rocosas al norte de la bahía imposibilita el desarrollo de las formaciones coralinas en los primeros metros, siendo colonizadas principalmente por el zoantídeo *Palythoa caribaeum*.

En las partes protegidas de la bahía se desarrollan satisfactoriamente los arrecifes coralinos; sin embargo, éstos se encuentran a pocas profundidades o sobre fondos con una inclinación entre 25 y 45 grados, lo que permite que haya una remoción de sedimentos. En ambientes por debajo de diez metros de profundidad, y donde el relieve del fondo es plano, lo que fomenta la acumulación de sedimentos que provienen de la descarga de la Quebrada Cinto o por la corriente de deriva litoral, se encuentran cabezas aisladas, formaciones poco desarrolladas.

En las intrusiones rocosas de los costados de la bahía, desde los cinco metros de profundidad, empiezan a desarrollarse tapetes coralinos. Si bien el carácter inclinado de estas intrusiones puede

estar impidiendo la acumulación de sedimentos, el deslizamiento de cascajo y bloques de roca, que son más frecuentes en esta zona, puede estar influyendo en el desarrollo de arrecifes consolidados.

Además son otros los factores que también pueden estar restringiendo el desarrollo coralino en la Bahía de Cinto. Primero, las intrusiones rocosas no son lo suficientemente anchas, llegan de una manera rápida a los 20m de profundidad y después de esto continúan fondos sedimentarios no aptos para el reclutamiento de las plánulas (Werding y Erhardt, 1976, 1977; Solano, 1987; Werding y Sánchez, 1989).

Por otro lado, las condiciones de la bahía, como características del suelo terrestre (Fletcher y Cortés 1975) y la precipitación (Manjarrés 1989), pueden ocasionar altas tasas de sedimentación en el agua, lo que ocasiona ahogamiento y abrasión de las colonias, disminución de la intensidad lumínica que a su vez disminuye el crecimiento de las colonias coralinas y la acreción arrecifal y cambia la composición de especies favoreciendo a las fotoadaptadas (Loya, 1972; Adjeroud, 1997).

Ya que la capacidad de rechazar sedimento varía fuertemente entre las especies, la identidad de especies dominantes puede ser utilizada como un indicador biológico de ambientes más o menos afectados por sedimento libre (Jordán, 1989). En el área de estudio, *Montastraea cavernosa*, *Diploria strigosa* y *Siderastrea siderea* dominan en muchos ambientes, coincidiendo con lo señalado por Lidelli y Ohlhorst (1987) en que son las especies más resistentes a altas tasas de sedimentación. La monopolización de *M. cavernosa* en aguas turbias ha sido documentada para

el Caribe por Lewis (1960) en Barbados, Goldberg (1973) en Boca Ratón y Loya (1976) en Puerto Rico, entre otros.

Además de la diferencia entre especies, la eficiencia en el rechazo de sedimento influye en aspectos como forma, tamaño y disposición de la colonia (Bak y Elgershuizen, 1976). En las áreas profundas de la bahía de Cinto donde el relieve es plano se encuentran formaciones poco desarrolladas de colonias hemisféricas pequeñas y aisladas, lo que concuerda con lo propuesto por Graus y Macintyre (1989), que predicen una cobertura reducida y altamente discontinua en lugares de aguas quietas e inclinación del fondo menor al ángulo de reposo de los sedimentos (30 grados). En las áreas de la bahía donde el fondo tiene una inclinación mayor a 30 grados, se observan tapetes de colonias costrosas que siguen la disposición oblicua del fondo.

En los arrecifes de parche y franjeantes de la bahía de Cinto, la especie dominante es *Acropora palmata*; debido a su rápido crecimiento, es considerada como una especie importante en la construcción de arrecifes (Jordán, 1988). Aunque secreta mucus activamente, por lo que se le puede adherir sedimento (Bak y Elgershuizen 1976), se desarrolla en zonas someras donde el oleaje permite la libre circulación del agua.

A pesar de que los datos arrojados en las estaciones muestreadas no no permiten apreciar una clara relación entre los grupos taxonómicos mayoritarios de los arrecifes y las variables ambientales, observaciones directas en campo muestran que:

1. Se pudo observar que en la cresta, sobre los esqueletos de *A. palmata*, los zoantídeos alcanzan coberturas importantes, coincidiendo con Haywick y Mueller (1997) que encontraron que *Palythoa* spp puede dominar en el arrecife trasero y la cresta, formando incluso tapetes monoespecíficos.
2. En las estaciones que se ubicaron dentro de la formación de cabezas aisladas, donde como se expuso en el capítulo 3.2, por su profundidad y geomorfología, puede haber una tendencia a la acumulación de sedimentos, se presentaron los porcentajes de cobertura más altos de octocorales, debido probablemente a su mayor resistencia al sedimento con respecto a los escleractíneos (Jordán 1979, Sánchez y Ramírez 1994).
3. Las esponjas tuvieron una baja representatividad en el muestreo, probablemente por el carácter incrustante de algunas de ellas, lo que el método de muestreo no pudo percibir.
4. A pesar de que en los resultados las algas costrosas no muestran una relación negativa con respecto a la profundidad, como fue sugerido por Liddelli y Ohlhorst (1987), se observó que se encuentran colonizando la base de las colonias de *A. palmata* o sobre el pavimento calcáreo de la cresta. La estrategia de las algas costrosas para prosperar en este tipo de ambientes es de tipo físico; mediante su hábito costroso y un talo calcificado grueso, resisten la abrasión por el oleaje y el herbivorismo, además tienen una alta resistencia a la desecación durante la marea baja (Díaz-Pulido 1995).
5. Las algas frondosas tienen una relación positiva con respecto a la profundidad (Glynn y Leyte 1997). Aunque en la bahía de Cinto esta relación no es clara, las estaciones que presentaron

una mayor cobertura están a profundidades entre 12 y 18m. Esto puede coincidir con que el incremento en la profundidad disminuye la presión de herbivoría (Mejía 1997), y la falta de refugios para los peces en los tapetes coralinos de la bahía puede estar explicando la mayor cobertura de algas frondosas, debido a una baja remoción de biomasa macroalgal por parte de los peces.

6. Los céspedes algales representan el segundo componente más importante en términos de cobertura en las formaciones coralinas de la bahía de Cinto; se distribuyen principalmente en las zonas someras y presentan una clara relación positiva con el porcentaje de coral muerto. Los céspedes algales son un conjunto de especies con morfologías simples, de rápido crecimiento y regeneración; la alta luminosidad y movimiento de las aguas someras facilita las altas tasas de productividad, por lo que se han señalado como los principales productores primarios de los arrecifes coralinos y se cree que soportan la mayor parte de la demanda de alimento de los peces herbívoros (Díaz-Pulido 1995).

Actualmente en la bahía de Cinto, la cobertura de coral vivo en promedio es del 35 % con respecto al sustrato duro. En muchas áreas del mundo se ha detectado la reducción de cobertura viva coralina (Ginsburg, 1994); en Colombia parece haber descendido a un nivel promedio de 20 a 30% del sustrato duro disponible, como se ha determinado en San Andrés, Islas del Rosario, Islas de San Bernardo y la región de Santa Marta (Díaz, 2000; Garzón-Ferreira, 1997).

Son muchos los factores, naturales y antrópicos, con los cuales se ha relacionado esta disminución. Entre ellos está el fenómeno de "El Niño", el cual causó, principalmente en especies

de los géneros *Acropora* y *Pocillopora*, el blanqueamiento de aproximadamente el 40 y 50% de los corales y con el incremento hasta del 80-90% de muerte coralina (Brown y Suharsono, 1990). La susceptibilidad a esta afección puede estar influenciada por el tamaño del pólipo; es así como micropólipos, como los del género *Acropora*, entre otros, resultan más afectados que especies con macropólipos, como algunos corales cerebro (Fishelson, 1973)

En la bahía de Cinto las unidades ecológicas de paisaje más afectadas fueron *A.palmata-Siderastrea-M.complanata* y *Cabezas-M.complanata*. Garzón-Ferreira y Cano (1990) encontraron un porcentaje de muerte de *Acropora palmata* hasta del 90%, que coincide con los porcentajes de coral muerto encontrados en los arrecifes de parche de la parte sur-oriental y sur-occidental, sin embargo, se encontraron colonias de *Acropora palmata* en el arrecife franjeante del costado sur-occidental con cobertura viva hasta del 100%, por lo que se recomienda hacer estudios mas detallados de la salud coralina.

Las unidades ecológicas del paisaje encontradas concuerdan con lo encontrado por Díaz (2000) y Werding y Sánchez (1989), aunque la terminología varía en los trabajos debido fundamentalmente a las diferencias de escala. Estas unidades presentan unos parámetros de distribución que están relacionados con los factores ambientales a lo largo de la bahía de Cinto.

A medida que aumenta la profundidad, se incrementa el número de especies coralinas (Lewis, 1974). Sin embargo, la disminución de la intensidad lumínica con la profundidad va acompañada de la disminución en las tasas de crecimiento de las colonias coralinas y del cambio en la composición de las especies a favor a las fotoadaptadas como *M. cavernosa* (Adjeroud, 1997). Es

así como las comunidades típicas de los costados rocosos de la bahía de Cinto, con alta pendiente y expuestas al oleaje, corresponden a las unidades **Tapetes Mixtos** y *M. cavernosa-D. strigosa-Duro*. Esto también concuerda con la comunidad descrita por Werding y Sánchez (1989) compuesta por colonias incrustantes altamente diversa, donde en las partes más profundas *M. cavernosa* y *A. agaricites* son dominantes, y a la unidad de "costras de coral sobre roca", descrita por Díaz (2000) que se encuentra en el Caribe colombiano, principalmente en el Parque Tayrona. *M. cavernosa* y *A. agaricites* también dominan en zonas profundas y de alta inclinación del fondo en diferentes áreas del Caribe como en Puerto Rico (Loya, 1976), Jamaica (Liddelli y Ohlhorst, 1987) y Cozumel, México, (Fenner, 1988), entre otros.

La asociación *A. palmata- Agaricia agaricites f. bifasciata* descrita para el Parque Tayrona por Werding y Erhardt (1976), Solano (1987) y Werding y Sánchez (1989), y para otras áreas del Caribe colombiano (Díaz, 2000), se encuentra, a diferencia de estos trabajos, en el costado occidental medio de la bahía de Cinto. Aquí está acompañada además de algunas colonias de *Acropora prolifera*, únicas representantes de esta especie en el parque (Werding y Sánchez 1989; Garzón-Ferreira y Cano 1990), y, al igual que lo sugerido por Duyl (1985), se encuentra en zonas donde la energía del oleaje es suave.

En el modelo de zonación de Geister (1977), la zona de *M. annularis* corresponde a las zonas de menor exposición al oleaje. La asociación típica de la parte suroriental de las bahías del Parque es la de Cabezas gigantes (Werding y Sánchez 1989), donde hay menor exposición al oleaje. Actualmente en este sector de Cinto las colonias de *Montastraea annularis* y *Siderastrea radians* están casi completamente muertas.

La unidad *Acropora palmata* está bien representada en la parte sur-occidental de la bahía de Cinto al igual que en las bahías de Chengue y Gairaca (Solano 1987; Werding y Sánchez 1889). Comunidades dominadas por esta especie también han sido documentadas en otras áreas del Caribe colombiano (Díaz, 2000), así como en Jamaica (Goreau 1959), Belize (Rützler y Macintyre 1982), Bonaire y Curacao (Duyf 1985). Al igual que en Cinto, en Bonaire y Curacao (Duyf 1985) ésta unidad se encuentra en la terraza alta y a veces en la media, entre 0.5 y 2m de profundidad.

Porites porites y *Acropora cervicornis* son unidades típicas en el modelo de Geister (1977), por el contrario, no se encuentran bien representadas en la bahía de Cinto, son ocasionales y con coberturas del 2%, a diferencia de lo observado en otras bahías del parque (Solano 1987, Werding y Sánchez 1989) y en el resto del Caribe colombiano (Díaz, 2000).

Pueden ser muchos otros los factores que están influyendo en el desarrollo y estructura de las formaciones coralinas de la bahía de Cinto. Por ejemplo, la disminución de la temperatura, típica de esta área, afecta tanto en la extensión lineal como en la calcificación (Gladfelter *et. al.*, 1978) y se ha documentado que en las áreas de afloramientos de surgencia el crecimiento vertical de los arrecifes es pobre (Hudson, 1981; Glynn *et. al.*, 1983; Guzmán y Cortés 1993; Glynn y Leyte 1997).

CONCLUSIONES

Existe un gradiente de exposición al oleaje compuesto por cinco categorías que dependen de la morfología de la bahía.

Factores como características del terreno, precipitación y presencia de la Quebrada Cinto, hacen de esta bahía un área susceptible a perturbaciones causadas por aportes terrígenos. El sur de la bahía se ve afectado por sedimentos finos provenientes de la quebrada y la corriente de deriva litoral. Los costados de la bahía están influenciados por sedimentos finos provenientes de la escorrentía y por el desprendimiento de cascajo y bloques de roca.

Sobre el sustrato rocoso, inclinado, en los primeros metros donde el oleaje fuerte choca, se desarrollan comunidades de algas costrosas y zooantídeos.

En los costados rocosos, inclinados, desde los cinco metros de profundidad, se desarrollan comunidades coralinas que cubren el sustrato sin llegar a modificar sustancialmente el relieve submarino llamados "tapetes coralinos".

En las partes protegidas de la bahía, en los primeros metros, se desarrollan comunidades coralinas que modifican el relieve submarino formando "arrecifes coralinos".

En los fondos blandos, planos, se desarrollan comunidades de colonias coralinas aisladas, acompañadas de octocorales y esponjas, principalmente *Xestospongia muta*, denominadas "Cabezas aisladas".

Acropora palmata y *Siderastrea siderea* son los principales formadores de los pequeños arrecifes. *Montastrea cavernosa* y *Diploria strigosa* dominan en los tapetes coralinos y en las formaciones tipo cabezas aisladas.

Las características ambientales actuales, la historia geológica, y las interacciones biológicas intervienen conjuntamente en el desarrollo y estructura de las formaciones coralinas, formando una relación compleja entre factores abióticos y las comunidades que allí se desarrollan, expresándose en ocho Unidades Ecológicas de Paisaje, las cuales se definieron de acuerdo al tipo de sustrato, desarrollo, geomorfología, especies dominantes, profundidad, inclinación del fondo, oleaje y susceptibilidad a perturbaciones, y son las siguientes:

Acropora palmata

A. palmata-Siderastrea-M. complanata

Cabezas-*M. complanata*

Montastraea faveolata

Arrecife Mixto

Tapete Mixto

M. cavernosa-D. strigosa-Duro

M. cavernosa-D. strigosa-Blando

En la actualidad el estado de salud con respecto al porcentaje de coral muerto dentro de la bahía es de 46% promedio, sin embargo, en los arrecifes coralinos es en la mayoría de los casos severa, donde los corales han sido reemplazados por los céspedes algales, convirtiéndose éstos últimos en los grupos mayoritarios de los arrecifes. Cabe destacar, que la parte de la bahía mas afectada es la sur oriental, y aunque las causas pueden ser meramente naturales, surge la pregunta de que si el hecho de ser la zona con mas edificaciones de la bahía tenga alguna relación con el estado de salud coralino, por lo que se recomienda tener en cuenta este aspecto en el plan de uso y manejo del parque y en programas de monitoreo.

6.0 BIBLIOGRAFÍA

- ADJEROUD M. 1997. Factors influencing spatial patterns on coral reefs around Moorea, French Polynesia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 159: 105-119.
- ALVARADO, E.M. (Ed). 1992. Sistemas Arrecifales en Colombia: Investigación y Manejo. *Bol. Ecotrópica*, Supl. 1:1-85.
- AMAYA, M. 1996. Amenazas naturales. *En Andrade & Amaya (Eds.). Guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial urbano.* IGAC, Bogotá: p.158-184.
- ANTONIUS, A. 1972. Occurrence and distribution of stony corals (Anthozoa and Hydrozoa) in the vicinity of Santa Marta, Colombia. *Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient.* 6: 89-103.
- BAK, R.P. y H.B.W. ELGERSHUIZEN. 1976. Patterns of oil-sediment rejection in corals. *Mar. Biol.* 37: 105-113.
- BOTERO, L. 1987. Zonación de octocorales gorgonáceos en el área de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona, costa Caribe Colombiana. *An. Inst.Inv. Mar. Punta de Betín* 17: 61-80.
- BRADBURY R.H., y P.C YOUNG. 1981. The effects of a major forcing function, wave energy, on a coral reef ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 5: 229-241.
- BULA-MEYER, G. 1977. Algas marinas bénticas indicadoras de un área afectada por aguas de surgencia frente a la costa caribe colombiana. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín.* 7: 45-73.

- CAIRNS, SA. 1982. Stony corals (Cnidaria: Scleractinia-Hydrozoa) of Carrie Bow Cay, Belize. I: Structure and communities. *Mar. Sci.* 12: 271-302.
- CENDALES, MH. 2000. Cartografía y evaluación ecológica de los biotopos marinos arrecifales del Archipiélago Islas del Rosario, Isla Barú y bajos intermedios. Universidad Nacional de Colombia, Tesis, Facultad de Ciencias, Bogotá: .
- CORAL, A y A CAICEDO. 1983. Descripción de la formación arrecifal de la Isla Grande (Islas del Rosario) con anotaciones ecológicas. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Tesis, Facultad de Biología Marina, Cartagena: 111p.
- DÍAZ, J.M., (Ed). 1989. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Informe final de proyecto. INVEMAR, Santa Marta: 439p.
- DÍAZ, J.M., (Ed). 2000. Áreas Coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No 5, Santa Marta. 176p.
- , J. GARZÓN-FERREIRA y S. ZEA. 1995. Los arrecifes coralinos de la Isla de San Andrés, Colombia: Estado actual y perspectivas para su conservación. Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, colección Jorge Alvarez Lleras 7, Bogotá: 150 p, 25il.
- , G. DÍAZ-PULIDO, J. GARZÓN-FERREIRA, J.A. SÁNCHEZ y S. ZEA. 1996. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano. I. Complejos arrecifales oceánicos. INVEMAR, Santa Marta. Serie de Publicaciones Especiales 2: 83p.
- DÍAZ-PULIDO, G. 1995. Comunidades macroalgales de los atolones Albuquerque y Courtown. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Tesis, Facultad de Biología Marina, Bogotá: 110p.
- DUYL, F.C. 1985. Atlas of the living reefs of Curaçao and Bonaire (Netherland Antilles). Foundation for the cultural cooperation in Surinam and Netherland Antilles, Amsterdam: 79 p.
- ERHARDT, H. y B. WERDING. 1975a. Los corales (Anthozoa e Hydrozoa) de la Bahía de Santa Marta, Colombia. *Boletín Museo del Mar* 7: 3-50.

----- y -----1975b. Los corales (Anthozoa e Hydrozoa) de la ensenada de Granate, una pequeña bahía al este de Santa Marta (Colombia). *Caldasia* 11 (53): 107-138.

----- y W. MEINEL. 1975. Die scleractinen korallen der insel Ceycen, Islas San Bernardo, von der kolumbianischen Atlantikküste. *Philippa* 2(4):

FENNER, D. 1988. Some leeward reefs and corals of Cozumel, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 42(1): 133-144.

FISHELSON, L. 1973. Ecology of coral reefs in the gulf Aqaba (Red Sea) influenced by pollution. *Oecologia (Berl.)* 12: 55-67.

FLETCHER, A. y A. CORTÉS. 1975. Estudio semidetallado de suelos del Parque Tayrona. Informe IGAC.

GALVIS, N. 1987. Evaluación cuantitativa de las llanuras arrecifales de las Islas Pavitos, Parque Nacional Corales del Rosario. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Tesis, Facultad de Biología Marina, Cartagena: .

GARZÓN-FERREIRA y M. CANO. 1990. Tipos, distribución, extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Natural Tayrona. Versión presentada al Séptimo Concurso Nacional de Ecología "Enrique Pérez Arbelaez". Fondo Para la Protección del Medio Ambiente - FEN Colombia, Santa Marta: 82 p.

-----, S. ZEA y J.M. DÍAZ. 1996. Evaluaciones de salud coralina en cuatro atolones del Caribe occidental. 8^{vo} Simposio internacional sobre arrecifes de coral, 24-29 Junio de 1996, Ciudad de Panamá, Panamá: p68.

-----, 1997. Arrecifes coralinos: Un tesoro camino a la extinción?. *Colombia Ciencia y Tecnología* 15: 11-19.

GEISTER, J. 1977. The influence of wave exposure on ecological zonation of Caribbean coral reefs. *Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp*, Miami: 23-29.

-----1983. Holocene west Indian coral reefs. Geomorphology, ecology and facies. *Facies* 9: 283 p.

GINSBURG, R.G. (Compilador). 1994. Proceedings of the Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs. Health, Hazards and History. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Miami: 420p.

GLADFELTER, E., R. MONAHAN y W. GLADFELTER. 1978. Growth rates of five reef building corals in the northeastern Caribbean. *Bull. Mar. Sci.* 28(4): 728-734.

GLYNN P.W., E.M. DRUFFEL y R.B. DUNBAR. 1983. A dead Central American coral reef tract: possible link with the little ice age. *J. Mar. Res.* 41: 605-637.

----- y G.E. LEYTE MORALES. 1997. Coral reefs of Huatulco, west Mexico, reef development in upwelling gulf of Tehuantepec. *Rev. Biol. Trop.* 43 (3): 1033-1047.

GOLDBERG, W.M. 1973. The ecology of the coral-octocoral communities of the southeast Florida coast. Geomorphology, species composition and zonation. *Bull. Mar. Sci.* 23: 465-488.

GOREAU, T.F. 1959. The ecology of Jamaican coral reefs. Species composition and zonation. *Ecology* 40: 67-90.

----- y J. W. WELLS. 1967. The shallow water Scleractinia of Jamaica: Revised list of species and their vertical distribution range. *Bull. Mar. Sci.* 17(2): 442-453.

GRAUS R.R. y I.G. MACINTYRE. 1989. The zonation patterns of Caribbean coral reefs as controlled by wave and light energy input, bathymetric setting and reef morphology: computer simulation experiment. *Coral Reefs* 8: 9-18.

GUZMÁN H.M. y J. CORTÉS. 1993. Arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical: revisión y perspectivas. *Rev. Biol. Trop.* 41: 535-557.

HAYWICK D.W. y E.M. MUELLER. 1997. Sediment retention in encrusting *Palythoa* spp. A biological twist to a geological process. *Coral Reefs* 16: 39-46.

- HUDSON H.J. 1981. Growth rates in *Montastrea annularis*: a record of environmental change in Key Largo Coral Reefs Marine Sanctuary, Florida. *Mar. Sci.* 31 (2): 444-459.
- HUERTAS, J.C. 2000. Caracterización estructural, composición y estado de salud de las formaciones coralinas de Isla Fuerte, Bajo Burbujas y Bajo Bushnell, Caribe colombiano. Universidad de Antioquia, Tesis, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Medellín: 94p.
- HUMMAN, H. 1993. Reef coral identification. Paramount Miller Graphics Inc., Jacksonville FL., USA: 44p.
- INGEOMINAS. 1983. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. INGEOMINAS, Publicación especial No. 14, Bogotá: 235p.
- INGEOMINAS. 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. INGEOMINAS, Publicaciones geológicas especiales No. 21, Bogotá: 73p.
- JORDÁN, E. 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la península de Yucatán, México. *An. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 6(1): 69-86.
- 1988. Arrecifes profundos en la Isla de Cozumel, México. *An. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 15(2): 195-208.
- 1989. Efecto de la morfología del sustrato en el desarrollo de la comunidad coralina. *An. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 16(1): 105-118.
- LEWIS, J.B. 1960. The coral reefs and coral communities of Barbados. *Zoology.* 38: 1133-1145.
- 1974. Settlement and growth factors influencing the contagious distribution of some Atlantic reef corals. *Proc. 2nd Int. Coral Reefs Symp.* 201- 206.
- LIDDELLI, W.D. y S.L. OHLHORST. 1987. Patterns of reef community structure, north Jamaica. *Bull. Mar. Sci.* 40(2): 311-329.

- LÓPEZ-VICTORIA, M. 1999. Estado actual de las áreas coralinas del Archipiélago de San Bernardo: Distribución, estructura, composición estado de salud con notas sobre su origen y desarrollo ecológico. Universidad del Valle, Tesis, Facultad de Biología, Cali: 134p.
- LOYA, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Elliat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13: 100-123.
- 1976. Effects of water turbidity and sedimentation on the community structure of Puerto Rican corals. *Bull. Mar. Sci.* 26(4): 450- 466.
- MANJARRÉS, G. 1989. La vegetación natural terrestre de la zona costera. En Díaz (Ed). Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Informe final de proyecto. INVEMAR, Santa Marta: Capitulo 5.
- MARTÍNEZ, J.O. y L.E. MOLINA. 1992. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Sector Parque Tayrona - Bocas de Ceniza. Ingeominas, Informe inédito, Santafé de Bogotá: 100p.
- MEJÍA L.S. 1997. Comunidades ícticas de los cayos colombianos de San Andrés y su relación con la estructura y salud arrecifal. Universidad Nacional de Colombia, Tesis Magister Scientiae, Santa Marta: 112p.
- NAGELKERKEN I., E.H. MEESTERS y R.P.M. BAK. 1999. Depth related variation in regeneration of artificial lesions in the Caribbean corals *Porites astreoides* and *Stephanocoenia michelinni*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 234 (1): 29-39.
- NAVAS, G.R., O.D. SOLANO y D.F. TORRES. 1992. Las comunidades del bajo arrecifal Imelda, Isla Barú, Caribe colombiano: II. Caracterización estructural de la comunidad coralina (Scleractinia). *Mem. VIII Sem. Cien. Tec. del Mar.*, Santa Marta, I: 291-303.
- PORTER, J.W. 1972. Patterns of species diversity in Caribbean reef corals. *Ecology* 53:745-748.
- PRAHL, H. von y H. ERHARDT. 1985. Colombia. Corales y arrecifes coralinos. FEN Colombia. Bogotá: 295 p.

- RAMÍREZ, G. 1987. Características hidroquímicas y composición química de los sedimentos en la bahía de Neguanje, Caribe colombiano. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín*. 17: 15-26.
- REICHELTL R.E. y W.T. WILLIAMS. 1986. Patterns in the structural typology of benthic communities on two coral reefs of the Central Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 4: 161-167.
- RÜTZLER K. y I.G. MACINTYRE. 1982. The habitat distribution and community structure of the barrier reef complex of Carrie Bow Cay, Belize. *Mar. Sci.* 12: 9-45.
- SÁNCHEZ J.A. y A. RAMÍREZ. 1994. Descripción y estructura de las comunidades coralinas de los arrecifes de la Isla del Tesoro, Caribe colombiano. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Tesis, Facultad de Biología Marina, Bogotá: 130 p.
- SCATTERDAY, J.W. 1974. Reefs and associated coral assemblage of Bonaire, Netherlands Antilles, and their bearing on Pleistocene and Recent reef models. *Proc. 2nd Int. Coral Reef Symp*, Brisbane: 85-106.
- SCHUHMACHER, H. 1978. Arrecifes coralinos. Extensión, mundo animal y ecología. Ediciones Omega. Barcelona: 288p.
- SOLANO, O. D. 1987. Estructura y diversidad de la comunidad de corales hermatípicos en la Bahía de Chengue (Parque Nacional Tayrona). Universidad Nacional de Colombia, Tesis (Magister Scientiae), Facultad de Ciencias, Bogotá: 111 p.
- TSCHANZ CH., A. JIMENO y J. CRUZ. 1969. Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta. Ingeominas, Reporte preliminar, Bogotá: 288p.
- WERDING, B. y H. ERHARDT. 1976. Los Corales (Anthozoa e Hidrozoa) de la Bahía Chengue en el Parque Nacional Tayrona (Colombia). *Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient.* 8: 45-57.
- y -----1977. Un encuentro de *Madracis myriaster* (Milne-Edwards & Haime) (Scleractinia) en la bahía de Santa Marta, Colombia. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín, Suplemento 1*: 67-74.

----- y H. SÁNCHEZ. 1989. The coral formations and their distributional pattern along a wave exposure gradient in the area of Santa Marta, Colombia. *Medio Ambiente* 10 (2): 61-68.