ECOLOGIA E HISTORIA NATURAL DE UNA COMUNIDAD CORALINA PERTURBADA (BAHIA NENGUANGE, CARIBE COLOMBIANO)

MAURICIO GONZALEZ

UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGIA MARINA

BOGOTA, D.C.

2001

ECOLOGIA E HISTORIA NATURAL DE UNA COMUNIDAD CORALINA PERTURBADA (BAHIA NENGUANGE, CARIBE COLOMBIANO)

MAURICIO GONZALEZ

Tesis para optar el título de
Biólogo Marino.

Director
JUAN MANUEL DIAZ MERLANO
Dr. Rer. nat.

UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGIA MARINA

BOGOTA, D.C.

2001

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____
Presidente del Jurado

_____
Jurado

_____
Jurado

Bogotá (D: , M: , A:)

To Violeta:

Over the abyss that separates us and through this darkness that surrounds us I extend my hand out to you.

AGRADECIMIENTOS

La gracia para los amados. A mi madre Amparo, mi padre Jaime y mi hermana Alexandra (we're flowers born of a tear drop).

A mi familia de amigos, Juan Gonzalo Esquerra (you the man), Patrick Dimpfl, David Saenz, Jenn Fuentes, John Jairo de los Ríos, Glenn Adam Gilbert y Alexandra Rojas; sin ustedes seguramente no estaría aquí.

A mi familia extendida. Gracias tío pescado por enseñarme el mar y cómo nadar cuando era niño.

A mi director de tesis Juan Manuel Díaz que me brindo apoyo y tuvo paciencia. Creo que eso es una virtud que le da esperanza a las investigaciones costeras y marinas.

A aquellas instituciones que me dieron la oportunidad de abrir mi mente como la Fundación ProSierra Nevada de Santa Marta (F.P.S.N.S.M.), la Unidad Administrativa Especial de Parques Naturales Nacionales en Tayrona (U.A.E.S.P.N.N.T.) y la Asociación de Pesqueros de Playa del Muerto (A.S.O.P.L.A.M.). Ustedes fueron más que generosos, gracias. Especialmente a los señores y señoras Ariel Martínez, Guillermo Rodríguez, Jesús Henao, Wilson Blanco, Rebecca Franke, El Gato, Yolanda Guttierez, Carlos Toncel, Pilo, Nikanor, y Alberto Rodríguez.

A Ricardo Betancur, Rebecca Franke, Wilson Blanco, Juan Gonzalo Esguerra, Ignacio Gómez, Luz Marina Mejía, María Cristina Agudelo, Alba Lucia Fonseca, y Helmut Bartels quienes contribuyeron y colaboraron con el presente estudio.

A Alexandra Rojas quien es responsable por mi inquietud por las comunidades coralinas y quien participó en la fase del trabajo del año 1998.

A Probuzos (El dúo Víctor y Hugo) quienes tuvieron plena confianza en mi dejandome llevar cualquier equipo de buceo que necesitara sin preguntas.

A la negra pesada, volveré a verte algún día.

A todos aquellos maestros a distancia quienes escribieron libros. Sin ustedes estos últimos años hubieran sido casi que total obscuridad académica.

Claro está que no todo fue flores y fiestas. Le recomiendo a varias otras instituciones lograr más seriedad y compromiso con la vida. Ustedes saben quienes son.

CONTENIDO

	pág.
PROEMIO	20
2. AREA DE ESTUDIO	22
2.1 OROGENESIS	23
2.2 CLIMA	25
2.3 ECOSISTEMAS EN NENGUANGE	26
3. CAMPO TEORICO	27
3.1 ECOLOGIA DE COMUNIDADES	27
3.2 CUANTITATIVISMO Y CUALITATIVISMO	27
3.3 UBICACION TAXONOMICA DE LOS CORALES ESTUDIADOS	29
3.4 GENERALIDADES DE LOS CORALES	29
3.5 DISTRIBUCION GENERAL DE LOS CORALES	30
3.5.1 En el bentos.	30
3.5.2 En la comunidad.	31
3.6 ANOTACIONES GENERALES DE LAS COMUNIDADES BENTONICAS EN EL DOMINIO DE ESTUDIO	31
3.7 ECOLOGIA ADAPTATIVA Y EVOLUTIVA	32
4. METODOS Y MATERIALES	37
4.1 FASE DE PREPARACION	37
4.1.1 Para digitalizar cartas y fotografías aéreas.	37
4.1.2 Para la identificación de los componentes bentónicos.	37
4.1.3 Para delimitar y describir el dominio.	38
4.1.4 Para determinar las estaciones.	38
4.2 FASE DE MUESTREO Y MEDICION CUANTITATIVO	42

4.2.1 Para determinar la cobertura de los principales componentes bentónicos. 42

4.3 FASE DE GABINETE 43

4.3.1 Para determinar la representatividad del tamaño de la unidad muestreal. 43

4.3.2 Conversión de datos en bruto a porcentajes. 43

4.3.3 Para comparar los porcentajes de cobertura espacio-temporalmente. 44

4.3.4 Para buscar una correlación entre la profundidad y la diversidad. 44

4.3.5 Para comparar el porcentaje de cobertura de coral que ha muerto del total que alguna vez cubrió el fondo. 44

4.3.6 Para comparar la frecuencia de cada especie de coral vivo espacio-temporalmente. 44

4.3.7 Para comparar índices de riqueza, diversidad organismal y uniformidad del coral vivo espacio-temporalmente. 45

4.3.8 Para describir el grado de similaridad y clasificar las estaciones espacio-temporalmente según el componente coral vivo. 45

4.3.9 Para determinar el arreglo espacial de las especies de coral dominantes en el dominio. 46

4.3.10 Para relacionar la información obtenida en cartas temáticas escala 1:3000. 46

4.4 INTERCAMBIO CON LOS HABITANTES 46

4.4.1 Primer taller. 46

4.4.2 Segundo taller. 47

4.4.3 Tercer taller. 47

4.4.4 Cuarto taller. 47

4.4.5 Quinto taller. 48

5. RESULTADOS 49

5.1 DESCRIPCION CUALITATIVA 50

5.1.1 Exploración de la porción terrestre. 50

5.1.2 Exploración del dominio de estudio. 55

5.1.2.1 Playa Viva. 55

5.1.2.2 Playa del Muerto. 66

5.1.2.3 Piedra Ahogada. 73

5.1.2.4 Recuperación de *Acropora*. 76

5.2 DESCRIPCION CUANTITATIVA 79

5.2.1 1998. Exploración en la zona de Playa del Muerto. 79

5.2.1.1 Punto de vista espacial: Zona. 79

5.2.1.1.1 Coral vivo. 82

5.2.1.1.2 Coral enfermo y muerto. 83

5.2.1.1.3 Ubicación espacial de las especies de coral y tipos de algas. 85

5.2.1.2 Punto de vista espacial: Estaciones. 87

5.2.1.2.1 Estaciones MA, MB y MC. 87

5.2.1.2.2 Estaciones MD, ME, MF y MI. 89

5.2.1.2.3 Estaciones MG y MH. 90

5.2.2 1999. Exploración en el dominio entre los 3.5 y 4.5m de profundidad. 91

5.2.2.1 Punto de vista espacial: Dominio. 91

5.2.2.1.1 Coral vivo. 93

5.2.2.1.2 Coral erosionado, muerto y enfermo. 93

5.2.2.2 Punto de vista espacial: Zonas. 95

5.2.2.2.1 Playa Viva. 97

5.2.2.2.2 Playa del Muerto. 98

5.2.2.2.3 Piedra Ahogada. 100

5.2.2.3 Punto de vista espacial: Estaciones. 101

5.2.2.3.1 Playa Viva. 101

5.2.2.3.1.1 Estación V1. 101

5.2.2.3.1.2 Estación V2. 101

5.2.2.3.1.3 Estación V3. 102

5.2.2.3.2 Playa del Muerto. 102

5.2.2.3.2.1 Estación M1. 102

5.2.2.3.2.2 Estación M2. 103

5.2.2.3.2.3 Estación M3. 103

5.2.2.3.3 Piedra Ahogada. 104

5.2.2.3.3.1 Estación A1. 104

5.2.2.3.3.2 Estación A3. 104

5.2.2.3.3.3 Estación A2. 105

5.2.2.4 Análisis de patrón espacial. 106

5.3 MONITOREO EN PLAYA DEL MUERTO ENTRE LOS 3.5 Y 4.5m DE PROFUNDIDAD 110

5.3.1 1998 contra 1999. 110

5.3.1.1 Similaridad entre las estaciones de Playa del Muerto. 110

5.3.1.2 Cobertura de los principales componentes. 111

5.3.1.2.1 Punto de vista espacial: Zona. 111

5.3.1.2.2 Punto de vista espacial: Estaciones. 111

5.3.1.3 Frecuencia de especies. 112

5.3.1.4 Diversidad y riqueza de especies. 112

5.3.1.4.1 Punto de vista espacial: Zona. 112

5.3.1.4.2 Punto de vista espacial: Estaciones. 113

6. DISCUSION DE RESULTADOS 114

6.1 HISTORIA ANTROPICA 114

6.2 SE PREPARAN LAS GRANDES PERTURBACIONES 117

6.3 LA SEDIMENTACION COMO ENLACE VISIBLE ENTRE EL CONTINENTE Y EL MAR 119

6.4 EL PASO A PIE A TRAVES DEL LITORAL 121

6.5 LA COMUNIDAD CORALINA 122

6.6 ECOLOGIA CUANTITATIVA Y CUALITATIVA 124

6.7 SIMILARIDAD CONTRA DIVERSIDAD EN PLAYA DEL MUERTO 125

6.8 FLORA Y FAUNA ASOCIADA 128

6.9 SALUD CORALINA 131

6.10 POSIBLES SEÑALES DE RECUPERACION EN LA COMUNIDAD CORALINA 133

6.11 OTROS AGENTES DE PERTURBACION 135

6.12 HERRAMUENTAS ADICIONALES PARA LA PLANEACION 140

6.13 COMPARACION DE RIQUEZA DE ESPECIES ENTRE 1976, 1987 Y 1999 143

6.14 ZONA DE PLAYA DEL MUERTO: 1998 CONTRA 1999 145

6.15 DESENLACE 146

7. CONCLUSIONES 149

8. RECOMENDACIONES 152

BIBLIOGRAFIA 155

ANEXOS 161

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Cobertura de los principales componentes bentónicos para Playa del Muerto, 1998. 82

Tabla 2. Estadísticas de las especies de coral para la zona de Playa del Muerto, 1998. 83

Tabla 3. Profundidad y diversidad en Playa del Muerto, 1998. 90

Tabla 4. Estadísticas de las especies de coral para el dominio, 1999. 94

Tabla 5. Comparación espacio-temporal de las especies de coral encontradas en la bahía de Nenguange. 126

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Caribe colombiano. 22

Figura 2. Vista tridimensional de la Sierra Nevada de Santa Marta. 23

Figura 3. Región de Santa Marta y el Parque Tayrona. 24

Figura 4. Amarre de boya a estructuras orgánicas bentónicas. 41

Figura 5. El transepto sobre el bentos. 41

Figura 6. Carlos y la Gaviota. 42

Figura 7. Cuadrante empleado en el muestreo cuantitativo. 42

Figura 8. Mapa de la bahía de Nenguange. 50

Figura 9. Derrumbe sobre la carretera. 51

Figura 10. Escarpo con sedimentos. 51

Figura 11. Vista del sur-orriente de la Bahía. 51

Figura 12. Vista del oriente de la playa de Nenguange. 52

Figura 13. Vista del bosque de mangle desde el mar. 52

Figura 14. Vista de la laguna costera desde el bosque de mangle. 52

Figura 15. Camino entre el bosque de mangle. 53

Figura 16. Basura entre las raíces de *Rhizopohora mangle*. 53

Figura 17. Nivel bajo extremo de la marea. 54

Figura 18. La Piedra Ahogada. 54

Figura 19. Ecosistemas en la porción oriental de la bahía de Nenguange. 56

Figura 20. Mapa detallado de características paisajísticas de la comunidad coralina. 57

Figura 21. Colonia de *Madracis mirabilis.* 58

Figura 22. El poliqueto *Sabellastarte magnifica* sobre la colonia de *M. mirabilis.* 58

Figura 23. Impacto sobre *M. mirabilis.* 58

Figura 24. El pepino *Isostichopus badionotus.* 59

Figura 25. Colonia de *Madracis formosa.* 59

Figura 26. Colonia de *Madracis decactis.* 59

Figura 27. Colonia de *Agaricia humilis.* 60

Figura 28. Colonia de *Mycetophyllia aliciae.* 60

Figura 29. El pepino *Holothuria thomasi.* 61

Figura 30. El erizo *Echinometra viridis.* 61

Figura 31. El erizo *Tripneustes ventricosus.* 61

Figura 32. Cementerio de *Acropora palmata* invadido por *Millepora complanata.* 61

Figura 33. Cementerio de *Acropora cervicornis* invadido por *Cerithium litteratum.* 61

Figuras 34 y 35. Recuperación de *A. palmata* y *A. cervicornis.* 62

Figura 36. Colonia de *Scolymia sp.* 62

Figura 37. Colonia del actiniario *Lebrunia danae.* 63

Figura 38. Una esponja erecta. 63

Figura 39. Blanqueamiento de *Millepora alcicornis* posteriormente a huracán Lenny. 63

Figuras 40 y 41. Impacto mecánico sobre cabezas de coral. 64

Figura 42. Regeneración de *A. cervicornis* con una proliferación de algas verdes. 65

Figura 43. Banco de *Acanthurus bahianus* en Playa Viva. 65

Figura 44. El pez escorpión *Scorpaena plumieri* camuflado. 66

Figura 45. Una nueva colonia de *A. palmata.* 67

Figuras 46 y 47. Colonias de *Siderastrea radians* y *Montastrea annularis.* 67

Figura 48. La estación M2. 68

Figura 49. Colonia masiva de *Solenastrea bournoni.* 68

Figura 50. Recuperación de *A. palmata* en Playa del Muerto. 68

Figuras 51 y 52. Otros grandes cementerios de *A. palmata* y *A. cervicornis.* 69

Figura 53. Individuos del pez *Myripristis jacobus* buscando refugio bajo una colonia saludable de *A. palmata.* 70

Figura 54. Un banco del pez *Acanthurus bahianus* pastoreando sobre una cabeza saludable de *Siderastrea sp.* 70

Figura 55. El pez trompeta *Aulostomus maculatus.* 70

Figura 56. La barracuda *Sphyraena barracuda.* 70

Figura 57. Huellas de pastoreo sobre una colonia de *Siderastrea sp.* 71

Figura 58. El pez *Stegastes sp.* con un sembrado de algas verdes sobre *A. palmata.* 71

Figura 59. Un "emsamblaje" típico de organismos bentónicos en Playa del Muerto. 71

Figura 60. Manchas claras sobre una colonia de *Siderastrea sp.* 72

Figura 61. Colonia de *Agaricia agaricetes.* 73

Figura 62. El pez *Pomacanthus arcuatus.* 73

Figura 63. El pez *Lactophrys triqueter.* 73

Figura 64. El coralimorfario *Ricordea florida.* 74

Figura 65. El erizo *Lytechinus variegatus.* 74

Figura 66. El pelecipodo *lima scabra.* 74

Figura 67. Colonia de *Mycetophyllia ferox.* 74

Figura 68. Colonia de *Solenastrea hyades* tentativo. 75

Figura 69. Colonias masivas de *Siderastrea sp.* 75

Figuras 70 y 71. Manchas claras y oscuras en colonias masivas de *Siderastrea sp.* 75

Figuras 72 y 73. Crecimiento aglomerado de un rico ensamblaje de especies de coral en la Piedra Ahogada. 76

Figura 74. Impacto mecánico sobre una cabeza de *Colpophyllia natans.* 76

Figura 75. Impacto mecánico sobre una cabeza de *Montastrea cavernosa.* 76

Figura 76. Cascajo de *A. cervicornis* muerto. 77

Figura 77. Un matorral de *A. cervicornis* saludable. 77

Figura 78. Otro gran cementerio de *A. palmata.* 77

Figura 79. Crecimiento de tejido vivo de *A. palmata* cerrandose sobre el viejo esqueleto erosionado. 78

Figura 80. Una pequeña colonia de *A. palmata* emergiendo del cementerio que la rodea. 78

Figura 81. Vista de Playa del Muerto desde la Gaviota. 79

Figura 82. Número acumulativo de especies contra esfuerzo de muestreo en cuadrantes (primer muestreo en la zona de Playa del Muerto, 1998). 80

Figura 83. Número acumulativo de especies contra esfuerzo de muestreo en cuadrantes (segundo muestreo en la zona de Playa del Muerto, 1998). 80

Figura 84. Ubicación espacial de las estaciones del año 1998 y 1999. 81

Figura 85. Ubicación y cobertura por estaciones de las especies de coral (Playa del Muerto, 1998). 85

Figura 86. Ubicación espacial y cobertura por estaciones de los tipos de algas (Playa del Muerto, 1998). 86

Figura 87. Similaridad, riqueza y diversidad entre estaciones y sus réplicas con base en el coral vivo (Playa del Muerto, 1998). 88

Figura 88. Correlación entre la profundidad de las estaciones y sus diversidades (Playa del Muerto, 1998). 89

Figura 89. Número acumulativo de especies contra esfuerzo de muestreo en cuadrantes (dominio, 1999). 92

Figura 90. Cobertura de los principales componentes bentónicos en el dominio, 1999. 92

Figura 91. Cobertura relativa de los principales componentes bentónicos por zona, 1999. 95

Figura 92. Frecuencia de especies por zona, 1999. 97

Figura 93. Similaridad entre estaciones de los muestreos del `98 y `99 con base en el coral vivo. 98

Figura 94. Ordenación PCA en dos dimensiones para las estaciones de los muestreos del `98 y `99 con base en el coral vivo. 99

Figura 95. Análisis de las varianzas de los cuadrantes pareados (PQV), 1999. 107

Figura 96. Comparación de coberturas relativas de los principales componentes bentónicos en Playa del Muerto entre los 3.5 y 4.5m de profundidad para el 98 y 99. 111

Figura 97. Cambio en algunos atributos de la comunidad entre el 98 y 99 por estaciones. 112

Figura 98. Comparación de frecuencias de las especies de coral en las estaciones de Playa del Muerto entre el 98 y 99. 113

Figuras 99 y 100. Bahía Santa Marta antes y durante el huracán Lenny. 170

Figura 101. Impacto de las olas sobre el camellón. 170

Figuras 102 y 103. Blanqueamiento de *M. cavernosa* y *C. natans* despues del huracán. 171

Figura 104. Impacto de las olas causando el levantamiento de adoquines. 171

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Matriz empleada para el muestreo cuantitativo. 163

Anexo B. Peces asociados a la comunidad coralina. 164

Anexo C. Especies de coral encontradas. 169

Anexo D. Huracán Lenny, 1999. 170

Anexo E. Talleres: Intercambio con los habitantes de Nenguange 172

Anexo F. Lista de definiciones y códigos. 178

Anexo G. Mapa de los ecosistemas de la porción oriental de Bahía Nenguange.

EPITOME

El propósito general del presente documento es describir la comunidad coralina que habita la porción sur-oriental de la bahía de Nenguange empleando una aproximación ecológica de comunidades tanto cuantificable como calificable. La descripción permitirá conocer algunos atributos del estado actual de la comunidad y propiciará información detallada como herramienta para organizar las actividades que se realizan en aquella localidad. Como característica primordial, la cobertura coralina viva era del 26.6% relativo al fondo marino entre los 3.5 y 4.5m de profundidad lo que es comparable con otras localidades del mundo. En general no se puede afirmar un cambio significativo de cobertura entre los años 1998 y 1999 en Playa del Muerto lo que puede estar indicando un nuevo estado estable para la comunidad. Se encontraron un total de 37 especies de coral para todo el dominio junto con algunos registros nuevos en comparación con cuarenta especies encontradas por Werding y Vélez en 1976 para solo la zona de Playa Viva y 31 especies encontradas por la Universidad Nacional en 1987. La diversidad organismal tendía a subir con la profundidad. La zona de Playa Viva era la más rica y diversa de las demás zonas debido, probablemente, a la heterogeneidad paisajística que ésta presentaba. Sin embargo, de acuerdo al análisis de patrones espaciales se encontró el efecto de algún agente ambiental en la zona de Piedra Ahogada que creaba gradientes a lo largo de la misma profundidad estudiada el cual causaba la aglomeración intensa de varias especies de coral. Debido a estos gradientes isobáticos y a la buena transparencia relativa del agua se encontraron las coberturas más altas de coral vivo a la profundidad estudiada de esta zona. No obstante, el dominio presentaba más coral muerto que vivo en una proporción de más del doble estimándose que si todo el coral que en algún momento ha cubierto el fondo estuviera vivo ocuparía al menos un 64.3% del fondo. Es imperativo abordar todos los problemas que enfrenta Nenguange ya que el futuro de la Bahía, su poblamiento y el resto del parque depende de élla.

Abstract. The general purpose of the present study is to describe the coral community that resides in the south eastern portion of Nenguange bay using a community ecology approach that is both cuantitative and cualitative. This description will present some of the communities present day attributes and will also provide detailed information necessary for the organization of the activities that take place in the locality. As a primordial characteristic, there was a 26.6% live coral cover between the 3.5 and 4.5m isobaths comparable to many other localities throughout the world. There wasn't a significant change in live coral cover between 1998 and 1999 possibly indicating a new stable state for the community. A total of 37 species of scleractinian and mileporid corals were found as compared to 40 found in 1976 in just one zone of the total area studied and 31 found in 1987. Organismal diversity was significantly greater with increasing depth. The zone of Playa Viva was the richest and most diverse out of the other two studied due in part, probably, to the heterogenous sea-scape present. Notwithstanding, as the spatial pattern analysis uncovered, there is some environmental agent that is causing the species of coral to aggregate themselves in specific localities along one same depth in the zone called Piedra Ahogada. Due to this and to the water's transparency, at this zone the greatest live coral covers were found. In spite of what has been mentioned thus far, about twice as much dead coral cover was found than live coral cover throughout the domain. A conservative estimate says that if all the coral that at one time has covered the sea-bottom where to be alive today 64.3% of the sea-bottom would be alive. Therefore it is imperative to account for all the problems that Nenguange is facing today because the future of the bay, its people, and the rest of the protected area depend on her.

PROEMIO

La humanidad en su desmesurada búsqueda de asegurar sus necesidades inmediatas y su desesperado delirio de controlar la vida ha empleado sus conocimientos científicos y tecnológicos en grandes esquemas de extracción, producción y construcción. En pocos siglos de ejecución ha puesto en peligro la implementación de la vida sobre la faz de la Tierra. Hace más de quinientos millones de años (periodo Ordovicio) los arrecifes ya venían elaborando complejos esquemas de extracción, producción y construcción capaces de promover y proteger la diversidad marina en las costas tropicales del mundo y alcanzando las productividades más altas de la Naturaleza junto con las selvas húmedas tropicales (Meglitsch y Schram, 1991; Stiling, 1996 y Johns, 1997). Se destacan dos diferencias definitivas entre ambos esquemas de vida: La eficiencia en el empleo de los recursos y la innecesidad de un sistema racional para lograrlo por parte de los corales. La humanidad ha pretendido sobrepasar las "reglas" delicadamente relacionadas a, e interdependientes con el gran ecosistema de la Tierra en base a criterios racionales hasta tal punto que hoy tiene que paralelamente buscar la manera de remediar los problemas y salvar su único sustento de vida, la misma Naturaleza. Este es el motivo del presente estudio aquí presentado, el de emplear los conocimientos y la tecnología adquirida, pero para crear una herramienta para remediar la degradación y ayudar a proteger la comunidad coralina que habita la bahía de Nenguange. Para lograr esto el estudio intentó describir el origen de la Bahía, las condiciones ambientales y ecológicas del área y el estado de la comunidad en el pasado y presente resumiendo estudios antiguos, empleando técnicas de la ecología matemática de comunidades y rescatando una antigua pero cotidiana manera de percibir el mundo, la afectiva. La herramienta es una especie de reseña historico-natural de la Bahía y la ecología de la comunidad coralina. Gracias

al cierre del Parque Natural Nacional Tayrona (P.N.N.T.) en mayo del año 1998, las condiciones fueron propicias para intentar una comparación del estado de la comunidad a pocos días de uso turístico intenso y un año después de relativa ausencia de esta presión. Como referencia a la localidad se consultaron los estudios de Werding y Vélez (1976), Universidad Nacional (1987), Wedler y Alvarez-León (1989) y Garzón y Cano (1991). Varias "charlas" con los habitantes de la región dieron luz a las realidades del uso antrópico de la comunidad coralina y los incentivó a proteger esta comunidad que directamente les brinda el bienestar asegurándoles la importancia del papel que juegan como determinantes del futuro de la comunidad coralina y por ende, de la suya propia.

2. AREA DE ESTUDIO

La región donde se encuentra la bahía de Nenguange es una de las más diversas de la costa caribeña colombiana (véase la figura 1) al estar influenciada directamente por las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta que llegan hasta el mar (véase la figura 2) y crean una inmensa variabilidad de hábitats (Werding y Vélez, 1976). En esta región las estribaciones se sumergen en forma de una "mano", entre cuyos dedos se encuentran las bahías de Concha, Chengue, Gairaca, Nenguange, Cinto y Guachaquita, caracterizadas por playas cortas en extensión (Díaz, 1990); véase la figura 3. Las bahías se encuentran abiertas hacia el norte y los costados occidentales de cada una están formados por playas y litorales rocosos expuestas a fuertes grados de oleaje, a diferencia de los costados orientales que se caracterizan por oleajes tranquilos (Werding y Vélez, 1976).

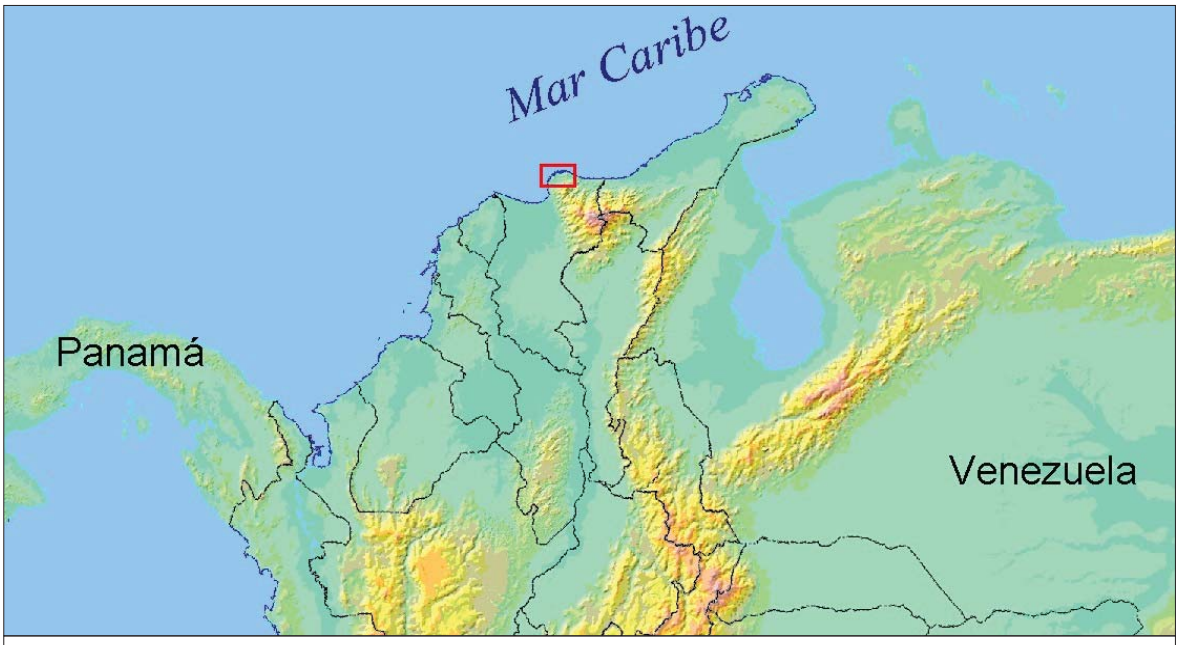


Figura 1. Costa caribeña colombiana. La región de Santa Marta y el Parque Tayrona encuadrada en rojo (véase la figura 3). Fuente de la figura: laboratorio S.I.G. de la F.P.S.N.S.M.

Según Werding y Vélez (1976) y Garzón y Cano (1990), la bahía de Nenguange es la más grande del P.N.N.T. y está situada en la parte central de su extensión. A diferencia de las características fisiográficas de las demás bahías, tiene las playas interiores más expuestas al oleaje. Su costado occidental está conformado en su mayoría por litoral rocoso mientras que el costado oriental de la bahía es el más variado en formaciones fisiográficas y por ende, es el que presenta mayor riqueza biológica.

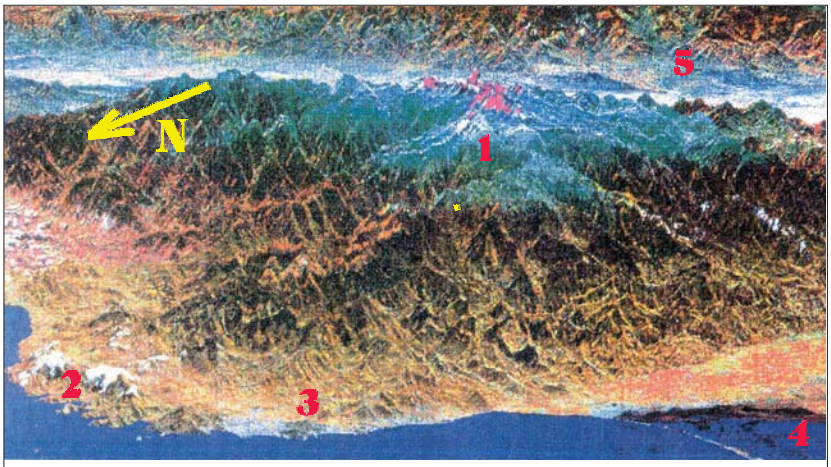


Figura 2. Vista tridimensional de la Sierra Nevada de Santa Marta. 1 = picos nevados, 2 = parque Tayrona y bahía Nenguange, 3 = Santa Marta, 4 = Ciénaga Grande de Santa Marta y 5 = Serranía la Perijá (F.P.S.N.S.M., 1997).

2.1 OROGÉNESIS

De acuerdo con el trabajo de Tschanz *et al.* (1974), la génesis de la bahía de Nenguange comienza por debajo del mar desde el periodo Pérmico. Las montañas más altas y antiguas de la Sierra Nevada de Santa Marta ya venían desarrollándose como consecuencia de una serie de olas orogénicas en el periodo Pérmico debido a la subduccion y al fallamiento (*faulting*) a lo largo de la antigua margen continental como consecuencia de la acción de la extensión del fondo marino y también por la deriva continental. Estos últimos movimientos fueron los responsables, además, de la apertura del Caribe. La Sierra, por consiguiente, experimentó un movimiento hacía el noroccidente, mientras que la placa Caribe se movía hacía el oriente por la falla de Oca. En el Cretácico, como consecuencia de nuevas olas orogénicas de la misma naturaleza, Nenguange y las áreas adyacentes fueron emergiendo hasta aproximarse al nivel del mar, surgiendo en la esquina noroccidental de la Sierra hace aproximadamente cien

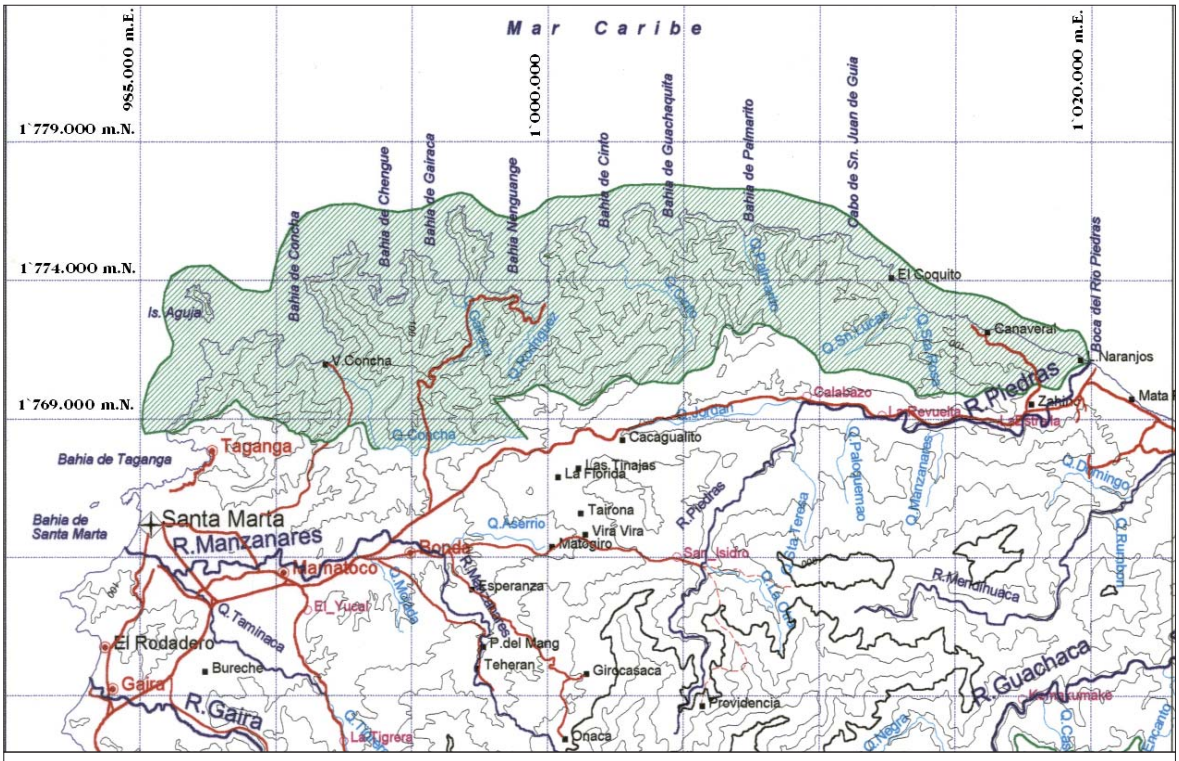


Figura 3. El parque Tayrona (verde), Santa Marta y áreas aledañas.
(Fuente de figura: laboratorio S.I.G. de la F.P.S.N.S.M.)

millones de años. Cabe añadir que la composición geológica de la región también fue producto de los movimientos tectónicos. La roca subyacente fue sufriendo diversas metamorfosis una y otra vez hasta el Terciario, causando diferentes condiciones fisicoquímicas que transformaron, en su mayoría, las rocas anfibólicas en esquistos verdes y filitas (Tschanz *et al.*, 1974 y I.G.A.C., 1975).

Hoy en día, las montañas de Nenguange se elevan hasta más de trescientos metros por encima del mar (I.G.A.C., 1989); dentro de dichos valles corren unas pequeñas cuencas que terminan en planicies aluviales, las cuales reciben los sedimentos provenientes de la escorrentía de las aguas de lluvia. El abanico de las principales planicies se extienden por debajo del mar (I.G.A.C., 1975). Las porciones montañosas que están sumergidas en el mar alcanzan una profundidad máxima de sesenta metros donde se encuentra la pequeña plataforma continental. No obstante, desde su surgimiento, Nenguange ha visto varios cambios adicionales, tales como glaciaciones en el Pleistoceno, las cuales han modificado el

nivel marino notoriamente. Según Skinner y Porter (1992), la última glaciación ocurrida hace 18.000 mil años- causó un descenso global de al menos cien metros en el nivel del mar, ocasionando que grandes extensiones de plataforma continental somera quedaran expuestas. Sin duda, la biota de Nenguange cambió paralelamente con las glaciaciones. Debido a que estos cambios, por lo general, fueron graduales, las comunidades ecológicas fueron cambiando gradualmente su ubicación y probablemente su composición y función a través del tiempo geológico, como por ejemplo la comunidad de coral.

2.2 CLIMA

El Parque Nacional Natural Tayrona se encuentra en la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, que está considerada como la más húmeda (F.P.S.N.S.M., 1997). La región presenta, además, particularidades relacionadas con factores como la cercanía al mar y la influencia directa de los vientos alisios del noreste. En general, el régimen de lluvias está definido, en gran parte, por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (Z.C.I.T.), lo que permite distinguir de forma general dos períodos lluviosos: de abril a junio y de agosto a principios de diciembre, alternados por dos épocas secas, de diciembre a marzo y de junio a agosto (veranillo de San Juan); F.P.S.N.S.M., 1997. El valor promedio de precipitación anual en el Parque en general es de 1.400mm a 30msnm (F.P.S.N.S.M., 1997). Sin embargo, a medida que se recorre el Parque, de oriente a occidente decrece la precipitación anual, hasta alcanzar un valor de 500mm en la bahía de Nenguange, evidenciándose esto por la presencia de monte espinoso tropical hacia las puntas salientes (Díaz, 1990; Manjarrés, 1990). La isoyeta de 500mm, según Manjarrés (1990), divide la porción oriental de la occidental en la bahía.

2.3 ECOSISTEMAS EN NENGUANGE

En tierra, la topografía, el régimen de lluvias, los vientos predominantes y la Zona de Convergencia Intertropical en conjunto han moldeado la composición y estructura de la flora, la cual a su vez moldeó la fauna nativa. Esta región probablemente ha presentado una flora característica de un bosque seco tropical desde la última glaciación. El litoral fue caracterizado en varios biotipos por Werding y Vélez (1976), estas son: playa arenosa, litoral rocoso, lagunas mixohalinas y manglares. Por detrás de las playas más grandes se formaron lagunas costeras, las cuales han jugado un papel importante en la retención de sedimentos provenientes de la escorrentía de aguas por las colinas adyacentes. Esta retención ha logrado mantener las aguas marinas de la Bahía relativamente transparentes, permitiendo el crecimiento de la comunidad coralina y creando el sustrato necesario para la formación de bosques de mangle, los cuales limitan las lagunas. Junto con los corales y los manglares, también se encuentra el pasto tortuga *Thalassia testudinum*, el cual contribuyó a la consolidación de las playas arenosas previniendo su erosión (Werding y Vélez, 1976). Las principales comunidades marinas probablemente empezaron a desarrollarse en la Bahía una vez ésta se formó.

Cómo definimos un problema a menudo determina lo que estamos dispuestos a considerar como la solución.
Nat B. Frazier

3. CAMPO TEÓRICO

3.1 ECOLOGÍA DE COMUNIDADES

La ecología en general se encarga de explicar la distribución y abundancia de plantas y animales y el control de sus números (Stiling, 1996). Según Roughgarden y Diamond (1986), en la ecología, una comunidad es un conjunto de especies que se pueden definir de varias formas cuyas virtudes relativas dependen de la pregunta que se formule. Stiling (1996) precisa una definición menos ambigua diciendo que la ecología de comunidades trata las poblaciones en conjunto, sin aislarlas, en las áreas naturales donde interactúan y sobre un rango amplio de escalas. Ludwig y Reynolds (1988) explican que los ecólogos que estudian las comunidades se interesan por obtener información que le pertenece a un gran número de variables en la comunidad sin imponerles manipulaciones. Por lo tanto, estos ecólogos siguen una aproximación multivariada de **observación** que es inductiva y no experimental.

3.2 CUANTITATIVISMO Y CUALITATIVISMO

La ecología estadística cae dentro del campo más amplio de la ecología cuantitativa o matemática (Ludwig y Reynolds, 1988). Según los autores mencionados, esta ecología utiliza, como su nombre lo dice, numerosas metodologías cuantitativas para explorar los *patrones* (cursiva de los autores) en comunidades bióticas. Esta ecología (formal-matematizable-cuantificable) presupone que la "forma" es ontológica y lógicamente "primera" y anterior a la sustancia, polémica que originariamente estaba centrada en torno a la confrontación entre las visiones de Platón y Aristóteles (Conde, 199?). En otras palabras, la forma descrita por

ecuaciones existe en un plano principal y le concede la posibilidad de existencia a la sustancia y no *viceversa*. El cuantitavismo vino a dominar las ciencias naturales a fines de la edad media con Galileo y después con Newton, quienes se encargaron de describir el fenómeno natural en términos de un "ciframiento absoluto". El mundo estriado, no homogéneo, no liso, demasiado complejo y diferenciado cualitativamente que Aristóteles proponía perdió su aspereza como lo requería la matematización y su condición primordial -el espacio euclídeo. De herramienta de ayuda, la matemática pasó a ser la descripción central y "real" de la Naturaleza. Entre otros efectos, el determinismo reduccionista surge para explicar la Naturaleza como la suma de sus partes. No obstante, este dogma y el mundo de Platón han comenzado a ser cuestionados nuevamente con la llegada de la física relativista y cuántica. La **cualidad** dual de la observación (es decir, relatividad e incertidumbre) y de la luz han puesto en tela de juicio la verdad de un orden ontológico en estas dos maneras de describir la Naturaleza.Ciertas cualidades parecen tener el efecto de crear nuevas formas. En la ecología se encuentra un consenso nuevo respecto de incorporar todos los detalles minuciosos de las especies (niveles de organización) (Stiling, 1996) dado que la cuantificación generaliza, limita, impersonaliza y reduce lo observado, perdiéndose así mucha información igualmente válida para una comprensión aceptable. Una propiedad cualitativa de suma importancia en la ecología es el surgimiento de propiedades emergentes en la Naturaleza, lo que desacredita los presupuestos acerca de que la Naturaleza es, sencillamente, la suma de sus partes, como en el caso de la consideración de las comunidades como la suma de sus poblaciones. Por lo tanto se ha llegado hasta proponer que la cualidad (sustancia) es ontológicamente primera que la forma y que incluso todo aquello que percibimos como irracional y absurdo (es decir, lo afectivo y lo receptivo-artístico) se aproxima más a lo Absoluto (Kiergegaard, 1954 y Pirsig, 1984). Entre estas dos concepciones tenemos, entonces, una tercera cultura, es decir, un medio donde puede iniciarse el diálogo indispensable entre el paso de una modelización matemática y la experiencia conceptual y práctica de aquellos que intentaron describir la Naturaleza en *toda su complejidad* (cursiva mía) (Conde, 199?).

3.3 UBICACION TAXONOMICA DE LOS CORALES ESTUDIADOS (Meglitsch y Schram, 1991)

Reino ANIMALIA

Sub-Reino METAZOA

Division EUMETAZOA

Grado RADIATA

Phylum COELENTERATA o CNIDARIA

Clase HIDROZOA Owen, 1843

Orden MILLEPORINA Hickson, 1901

Clase ANTHOZOA Ehrenberg, 1834

Subclase ZOANTHARIA o HEXACORALLIA

Orden SCLERACTINIA Bourne, 1900 o MADREPORARIA Bourne, 1900

3.4 GENERALIDADES DE LOS CORALES

Los corales existen en las aguas cálidas de los trópicos (Stiling, 1996). Los corales hermatípicos están compuestos específicamente por animales coloniales (pólipos), en su mayoría capaces de secretar un esqueleto calcáreo que varía en forma interespecífica, es decir, por la especiación e intraespecíficamente, es decir, por condiciones ambientales (Von Prahl y Erhardt, 1985). Estas formaciones crean sustratos donde pueden crecer otros corales y organismos como algas y esponjas. Además, albergan una variedad inmensa de microorganismos, invertebrados y peces, caracterizándose esta comunidad como una de los biomas más interesantes y ricos del planeta (Stiling, 1996). Estudios ecológicos han demostrado que la productividad de las comunidades coralinas es alta, especialmente cuando interactúan con otros sistemas como manglares y fanerógamas marinas (Cintron y Schaeffer,

1983). Pueden alcanzar productividades brutas de 10 gC/m^2/día en comparación con los 4 gC/m^2/día que alcanzan los campos humanos de cultivo agrícola. Este valor, según Von Prahl & Erhardt (1985), "adquiere aún más importancia si se considera que (las comunidades coralinas) se desarrollan generalmente en aguas transparentes, lejos del aporte de ríos continentales, y zonas de surgencia, es decir, en aguas poco fértiles". Su estrategia de sobrevivencia se basa en la utilización de recursos de una manera eficiente -en la competencia- y en el aprovechamiento de todos los niveles tróficos presentes. Estas actividades, a la vez, aumentan la capacidad de almacenar recursos y adaptar características que reducen la mortalidad (es decir, como la simbiosis); Kilham y Hecky, 1988. Adicionalmente, para adquirir este estado de complejidad, a través de la historia evolutiva del sistema coralino su localización (Scheer, 1978) debió permanecer estable y su localidad (Scheer, 1978) cerca a la capacidad de carga relativa (Kilham y Hecky, 1988). Sin embargo, debido a estar en una localidad tan pobre en nutrientes, los sistemas coralinos son altamente sensibles a perturbaciones sutiles y variables. Cualquier perturbación en este sistema es capaz de causar una pérdida inmediata en el potencial productivo (Stiling, 1996). Por lo tanto, no existe una contradicción entre el grado de complejidad y la baja estabilidad de la comunidad, como así lo sugieren Ramírez y De la Pava (1981). De esta forma, las comunidades coralinas han adquirido una gran capacidad de carga (Von Prahl y Erhardt, 1985) en aguas notoriamente pobres.

3.5 DISTRIBUCION GENERAL DE LAS COMUNIDADES CORALINAS

***3.5.1* En el bentos.** Demarcan el límite inferior de la zona eulitoral (medio-litoral) y el límite superior de la zona sublitoral (infra-litoral); Taylor, 1978; desarrollándose hasta profundidades de más de 60m (Von Prahl y Erhardt, 1985) en la distribución espacial vertical del sistema marino. En la distribución horizontal sólo se encuentran estas maravillosas formas de vida en la zona nerítica del trópico (Stiling, 1996).

3.5.2 En la comunidad. Similarmente, a escalas mayores (es decir, pequeñas áreas) e intervalos de profundidad menores dentro de los arrecifes coralinos se encuentran diferencias paisajísticas. Se establecen áreas visiblemente homogéneas en cuanto a estructuras bentónicas, las cuales a menudo se arreglan en cinturones, paralelamente dispuestas a la línea de playa cuando ocurren en más o menos el mismo grado de profundidad.

3.6 ANOTACIONES GENERALES DE LAS COMUNIDADES BENTONICAS EN EL DOMINIO DE ESTUDIO

Según Wedler & Alvarez-León (1989), las algas calcáreas funcionan como cemento, desarrollando, con el transcurso del tiempo, una formación calcárea compacta en la parte próxima a la costa (sotavento) del arrecife de la Playa del Muerto, cerca de la orilla. Así mismo, la erosión constante que fracciona la formación arrecifal se refleja en la acumulación de arena biogénica en la playa, la laguna interior y los canales del arrecife.

Werding y Vélez (1976) realizaron un inventario de las especies de coral frente a Playa pescadores encontrando un total de cuarenta. En general, en la parte sur, las formaciones coralinas llegaban hasta la superficie, formando así una barrera que daba protección a las partes situadas detrás de ella, especialmente al área de *Thallasia testudinum.* Frente al manglar la formación coralina comenzaba con colonias dispersas de *Millepora sp.* seguidas por una formación extensa de *Acropora palmata* a los 2m de profundidad que llegaba hasta la superficie creando una barrera maciza. Esta continuaba hasta los 4m de profundidad hasta que era reemplazada por colonias dispersas de *Millepora alcicornis* y *M. complanata.* Entre los 5 y 7m se extendía una formación de *A. cervicornis* que terminaba en un fondo areno-fangoso. Más hacia el norte, el área era menos uniforme y más rica en especies que la anterior, sin tener un cubrimiento tan denso como aquella. Aquí predominaban *A. palmata* y *Millepora sp.*. En

dirección hacia el mar aumentaban las formaciones de *A. palmata* y *A. cervicornis* que cubrían superficies relativamente grandes. En la saliente rocosa que divide a Playa pescadores de la Playa del muerto, el coral crecía sobre fondos rocosos que favorecían el crecimiento de formaciones compactas de varias especies que resistían movimientos fuertes de agua como *A. palmata* y *Millepora sp.* Estas colonias, que llegaban hasta la superficie, brindaban protección al área rocosa costera. El movimiento de las olas producía el rompimiento de parte de los corales, por eso se encontraban numerosos fragmentos de *Acropora sp.* sobre el fondo que prestaban sustrato y protección a diferentes invertebrados. La sedimentación en la zona, el oleaje fuerte y los fondos lodosos eran tales que en ninguna parte crecían colonias de corales a más de 14m de profundidad.

3.7 ECOLOGÍA ADAPTATIVA Y EVOLUTIVA

El crecimiento y diversificación de la comunidad coralina se explica por un variado conjunto de hipótesis tomadas de la teoría de ecología de poblaciones y comunidades. Es importante analizar las ideas de forma conjunta ya que todas ejercen una influencia sobre la comunidad aunque indudablemente algunas tengan mayor incidencia que otras.

Los factores climáticos en las zonas tropicales presentan menos variaciones notorias y más de poca intensidad, lo que es corroborado por la falta de tolerancia a los cambios de salinidad y temperatura por parte de los corales y por la falta de osmorregulación de los mismos (Meglitsch y Schram, 1991). Por lo tanto, gracias a que las fluctuaciones climáticas no son lo suficientemente amplias, las poblaciones de coral poseen una posibilidad mayor de supervivencia (hipótesis: *estabilidad climática*). No obstante, en el transcurso del tiempo algunas pequeñas fluctuaciones alteran la estabilidad climática limitando en algunos casos el crecimiento de poblaciones y facilitando la gradual colonización de otras quienes aprovechan los nichos abiertos (hipótesis: *tiempo ecológico*).

Otro investigador conocido con el nombre Connell (1978) propuso que aunque bien las condiciones climáticos en los trópicos fluctúan con menor intensidad en comparación con las zonas templadas existen, sin embargo, acontecimientos perturbantes que suceden en una escala diferente de tiempo y que determinan de forma importante la generación de diversidad en una comunidad. Así que a largo plazo los límites de los parámetros ambientales permanecen dentro de rangos estrechos pero el periódico acontecimiento de huracanes o incluso eventos como El Niño sirven para alterar el ambiente e iniciar nuevas sucesiones en la comunidad. Reice (1994) argumenta que de hecho las ideas de estabilidad y comunidades maduras no existen y que todas las comunidades se están recuperando de una última perturbación. La naturaleza de las perturbaciones debe ser intermedia en fuerza y efecto por lo que a diferencia no causaría respuesta alguna o a lo contrario, podría terminar por eliminar localmente especies completas (extirpación). Esta idea se conoce como la hipótesis de la *perturbación intermedia*. Entre los eventos perturbantes existen, entonces, intervalos más estables de recuperación y diversificación.

Otros factores abióticos que limitan o promueven de forma notoria la composición y estructura de la comunidad son la presencia o ausencia de sustrato duro y el grado de heterogeneidad del ambiente físico-químico. MacArthur y Wilson (1967) demostraron, en su teoría general conocida como *equilibrio de zoogeografía insular* o *biogeografía de islas* que la diversidad está directamente determinada por el área disponible -sustrato duro en el caso del coral. Específicamente, la idea se conoce como la hipótesis del *área*. Similarmente, cuando existe una ausencia de gradientes físicos y/o químicos, los cuales le permiten a las especies subdividir los recursos entre sí, se disminuye la diversidad (Reice, 1994). Gracias al gradiente de profundidad, la topografía creada por los arrecifes y los gradientes lumínicos, químicos, mecánicos etc. que emergen, la posibilidad de albergar más complejidad biótica se ve favorecida (hipótesis: *heterogeneidad espacial*).

Una vez establecida cierta riqueza de especies, y por consiguiente una base energética en la red alimenticia (hipótesis: *energía-especie*), los factores bióticos empiezan a jugar un papel importante, como es el caso de los competidores por espacio y los consumidores que existen directa o indirectamente gracias a los excedentes de producción coralina y los demás productores primarios de la comunidad. Como consecuencia del aumento de la complejidad biótica, los competidores como las algas y los consumidores de productos de coral (es decir, peces de la Familia Chaetodontidae) retroalimentan el sistema coralino manteniendo las poblaciones en números lo suficientemente bajos para que existan nichos abiertos para la colonización de otras especies (teorías: *competencia* y *depredación*). Las interacciones entre los productores primarios, los competidores y los depredadores dentro de la red alimenticia promueven la diversidad por efectos que se denominan base-copa (*bottom-up*) y copa-base (*top-down*): factores intrínsecos o de vida de los corales y las condiciones energéticas favorables en la base alimenticia, así como la presencia de consumidores en la copa interactúan para retroalimentarse y promover la biodiversidad.

Existen otros mecanismos denominados evolutivos que complementan la explicación de la diversidad del sistema coralino. Primero, y de forma general, en el trópico existe mayor "rapidez" evolutiva dados los altos niveles de energía que suministra la luz solar directa, lo que permite, entre otros, tiempos de generación cortos en las especies, altas tasas de mutación y una aceleración de la selección, lo que conlleva a la fijación de mutantes favorables (Stiling, 1996). Esto último es más notorio debido al segundo mecanismo evolutivo a mencionar: la reproducción asexual que predomina entre los corales. Esta forma de reproducción favorece un mayor flujo genético (*gene flow*) y la distribución exitosa de mutaciones (Meglitsch y Schram, 1991). Debe anotarse, sin embargo, que ésta última hipótesis cuenta con una fuerte oposición (Dawkins, 1988).

Existen varias razones por las cuales se considera a la diversidad como una cualidad importante para cuidar en la Naturaleza. Las razones varían entre el uso exclusivo para el beneficio del hombre hasta la importancia del papel que juega en la sobrevivencia de la vida orgánica del planeta como conjunto. Como la tendencia del presente es enfocar el estudio de la vida hacia la ecología integral, en donde se considera al humano como un animal más en el ecosistema, se excluirá el argumento antropocéntrico y a continuación se expondrá la importancia de la diversidad en términos ecológicos. Aunque no existen pruebas experimentales del papel ecológico que cumple la biodiversidad, sí existe un creciente consenso de su importancia (Lugo, 1994). La biodiversidad parece proveer redundancia en las características funcionales del ecosistema y contribuye al aislamiento de funciones ecosistémicas del ambiente abiótico externo (Lugo, 1994). Algunos autores especulan que la diversidad hace el ecosistema en mención más estable y resiliente, previniendo la extinción de las especies en el tiempo (Stiling, 1996), aunque también es importante anotar que existen opiniones en contra de este paradigma (ver Lugo, 1994). De acuerdo con la última idea, las perturbaciones son amortiguadas y las fluctuaciones en la comunidad regresan a estados estables iniciales. Los cambios en las variables de estado, las variables de efecto y en los parámetros son asimilados por el ecosistema dándole la facultad de permanecer en el tiempo (resiliencia) y, en el evento de cambio, el ecosistema puede regresar al estado en que estaba antes de la perturbación (estabilidad equilibrada) (Lugo, 1994). Visto en términos energéticos, un ecosistema resiliente es capaz de cumplir los procesos, ciclos y flujos de energía aún bajo condiciones de inestabilidad. En el evento de que las condiciones cambiaran y permanecieran diferentes, el ecosistema podría encontrar un nuevo arreglo de especies que perduraría en el tiempo. Esto se conoce como la *hipótesis de estados estables múltiples.* Una meta importante de los monitoreos es poder determinar si el sistema coralino tiende hacía la estabilidad, la estabilidad equilibrada, la resiliencia o la inestabilidad. La importancia de discernir estas diferencias radica en que de acuerdo con la tendencia establecida se determinará no solo la factibilidad de manejar el sistema coralino con resultados esperados

definidos sino que el proceso por el cual se debería encaminar el manejo y conservación de la comunidad involucraría diferentes métodos.

Quien en el arco iris puede delinear en donde el
tono Violeta termina y el tono naranja comienza?
Herman Melville

4. MÉTODOS Y MATERIALES

El muestreo de 1998 se realizó en los meses de julio y septiembre. El muestreo de 1999 se realizó en los meses de septiembre y diciembre. La preparación y salidas preliminares se realizaron a lo largo de ambos años.

4.1 FASE DE PREPARACION

4.1.1 Para digitalizar cartas y fotografías aéreas. Antes de comenzar la fase de campo, en el laboratorio de sistemas de información geográfico (S.I.G.) de la Fundación ProSierra Nevada de Santa Marta se crearon una serie de cartas de la localidad de estudio. Con la ayuda del software ILWIS 2.1 (I.T.C., 1997), se digitalizaron las cartas elaboradas por el I.G.A.C. en 1989 de la región (escala 1:10.000) del proyecto Punta Gloria - Río Piedras para el INVEMAR con proyección conforme de Gauss y la aerofotografía tomada en el vuelo C-1506 A en mayo de 1974 (escala 1:15.000). Con base en la aerofotografía, se identificaron posibles paisajes submarinos de acuerdo con los diferentes tonos de gris, siendo representados como polígonos. Para georeferenciar la fotografía se tomaron puntos de amarre (tiepoints) sobre las coordenadas de la carta I.G.A.C. (1989).

4.1.2 Para la identificación de los componentes bentónicos. Primero, se realizaron tres visitas al departamento de colecciones del INVEMAR para revisar los esqueletos coralinos *ex situ* de las diferentes especies. En segundo lugar, se realizaron dos salidas al campo para fotografiar (cámara Minolta Vectis IX240) e identificar corales *in situ* dentro del dominio de estudio. El dominio se consideró como todas las formaciones coralinas en el costado oriental

de la Bahía. En las mismas salidas se reconocieron los grupos de algas, esponjas y sustratos descritos por Cintrón *et al.* (1994). Se tomaron anotaciones de fecha, zona (por ejemplo: zona Playa del Muerto, zona Playa Viva o zona Piedra Ahogada), ubicación aproximada dentro de la zona donde se tomó cada foto y anotaciones generales de la comunidad coralina. Los individuos de los diferentes grupos de la comunidad (es decir, peces e invertebrados asociados) y las colonias de coral que no se pudieron reconocer *in situ* fueron identificados posteriormente con base en las fotografías tomadas y principalmente con los manuales de Humann (1992, 1993, y 1994).

4.1.3 Para delimitar y describir el dominio. Primero, se descendió hasta las formaciones coralinas más profundas con la ayuda de un equipo autónomo de buceo SCUBA y se recorrió la periferia externa, delimitando la extensión del dominio mar adentro. La periferia del dominio se consideró cuando se encontraba una franja de transición con otra comunidad (es decir, fanerógamas o fondos blandos) mar adentro y hacia el limite inferior del supralitoral.

En segundo lugar, con las cartas elaboradas previamente en el S.I.G. y traspasadas a tablas acrílicas, se asociaron los polígonos delineados con la información paisajística observada en campo a través del careteo, realizando barridos que comenzaban en puntos reconocibles en los mapas traspasados, modificándose los polígonos con la información obtenida en campo. También se tomaron fotos de los organismos de la comunidad coralina en estas salidas.

4.1.4 Para determinar las estaciones. Para el muestreo de 1998 en la zona de Playa del Muerto se establecieron tres líneas de referencia (Cintrón *et al.*, 1994) para determinar la localidad de las estaciones y para poder ubicarlas en los mapas. Las líneas de referencia corrían perpendicularmente a la costa desde puntos definidos en el supralitoral (es decir, salientes rocosas) y en la playa reconocibles en los mapas, extendiendo dichas líneas de referencia mar adentro hasta la periferia del dominio, manteniéndolas fijas al fondo blando

mediante el uso de estacas. Para asegurar que las líneas permanecieran templadas sobre el fondo, mar adentro, se les amarraron un ancla y, desde el ancla, otra cuerda cuyo extremo estaba dotado de una boya de buceo. En orden, el lector se puede imaginar la línea de referencia, un ancla, un cabo, y una boya, todo unido con nudos. Las longitudes de la línea y el cabo estaban calculadas desde la distancia del litoral hacia la periferia de la comunidad coralina mar adentro y en la profundidad máxima. Los ensamblajes se amarraron en el litoral a las rocas salientes y a un árbol en la playa, manteniendo la distribución de ellas lo más equidistante y repartida a lo largo de la zona. La lancha procedió en dirección perpendicular a la costa extendiendo el ensamblaje mar adentro. Al llegar a la distancia del ancla se botó esta última permaneciendo a flote la boya y el extremo del cabo que los unía. Se logró extender la línea halando el extremo con la boya. Este procedimiento se realizó para cada línea independientemente y facilitó, además, retirar el ensamblaje desde la superficie una vez ubicadas las estaciones en el fondo.

En cada una de las tres líneas de referencia se ubicaron tres estaciones para un total de nueve al frente de Playa del Muerto. Las estaciones se ubicaron en donde se encontraron formaciones coralinas homogéneas a diferentes profundidades, distribuidas uniformemente sobre el bentos, aunque tratando de mantener un patrón de estaciones someras, medianamente profundas y profundas. Las estaciones se marcaron con boyas amarradas con cuerdas de polifilamento a rocas o agujeros en las formaciones coralinas. Las boyas flotaban sub-superficialmente y superficialmente. La red de estaciones en frente de Playa del Muerto se definió, por lo tanto, según una línea de referencia para su extensión a lo largo de la playa y según su profundidad para su extensión mar adentro, y de acuerdo con el grado de homogeneidad determinado visualmente de la formación coralina encontrada. El arreglo resultante de las estaciones se encuentra en la figura 84 representadas por la siguiente nomenclatura: una "**M**" mayúscula en "Playa del **M**uerto", seguida por una sucesión de letras que va, en orden alfabético, de la"**A**" a la "**I**" para cada una de las nueve estaciones. Debido a

que se realizaron dos réplicas dentro de cada estación, la segunda réplica realizada se diferenció por la minúscula de la segunda letra correspondiente (es decir, "**a**", "**b**", "**c**" *et cétera*). En la figura mencionada anteriormente la nomenclatura de las estaciones del muestreo en mención se representaron por el color amarillo encuadrados en un fondo carmelito oscuro.

El muestreo del año 1999 pretendía abarcar no sólo la zona de Playa del Muerto sino también las zonas de Playa Viva y Piedra Ahogada. Para poder realizar comparaciones entre las tres zonas se escogieron estaciones que obedecieran a ciertos criterios como:

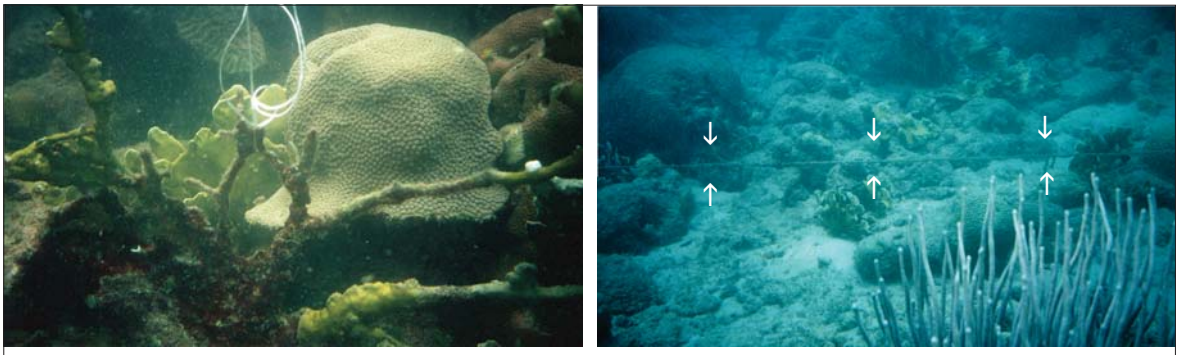
1. estar entre los 3.5 y 4.5m de profundidad,
2. estar a barlovento del arrecife, si existía,
3. en lo posible estar repartidas uniformemente en el dominio,
4. que hubiese tres estaciones por zona y
5. que se ubicaran dentro de formaciones coralinas homogéneas con un mínimo del 12% de cobertura viva.

Las razones por las cuales se decidió escoger estaciones entre los 3.5 y 4.5m de profundidad fueron:

1. evitar cementerios de *Acropora* que se encontraban normalmente por encima de esta profundidad,
2. incluir la influencia de lanchas,
3. encontrar una mayor diversidad, como lo menciona Werding (1976),
4. incluir la influencia de los pescadores con arpón y turistas de careteo y
5. que se pudiera comparar de forma más segura las estaciones de cada zona y consiguientemente las zonas del dominio evitando gradientes físicos de profundidad.

Las tres estaciones escogidas en la zona de Playa del Muerto para el muestreo del año 1999 fueron aquellas del año anterior que obedecían a los criterios mencionados, estas eran la **MD**, **ME** y **MI**. Por razones de simplificación, estas estaciones se renombraron **M1**, **M2** y **M3** respectivamente cuando se compararon espacio-temporalmente. Las estaciones de Playa **V**iva fueron nombradas **V1**, **V2** y **V3** y de igual manera **A1**, **A2** y **A3** para la Piedra **A**hogada. Para este muestreo las estaciones en la figura 84 se representaron con letras rojas y encuadradas en amarillo. Por lo tanto, el dominio no sólo fue estudiado de forma espacial sino también en la dimensión temporal (1998 contra 1999).

Para ubicar la tres estaciones que faltaban en cada una de las zonas de Playa Viva y Piedra Ahogada que cumplieran los criterios, se realizó un recorrido por estas con equipo SCUBA de forma paralela a la costa en la profundidad estipulada. A medida que se encontraban áreas candidatas se marcaron con boyas de trasmallo o de suela de chancleta que permanecían flotando sub-superficialmente y superficialmente amarradas con línea polifilamento (véase la figura 4). Luego, se extendieron diez metros de cuerda polifilamento en dirección paralela a la línea de costa (véase la figura 5) comenzando en la boya previamente colocada para marcar los transectos. En el caso de la Piedra Ahogada, los transectos se extendieron de forma periférica al eje de ésta. Se evitó en lo posible el daño a los organismos bentónicos y también se evitaron las zonas de transición entre diferentes comunidades. Por lo tanto, fueron nueve estaciones las que se escogieron para el muestreo del año 1999, tres en Playa Viva, tres en Playa del



Figuras 4 y 5. Amarre de una boya a la estructura orgánica y el transepto sobre el bentos

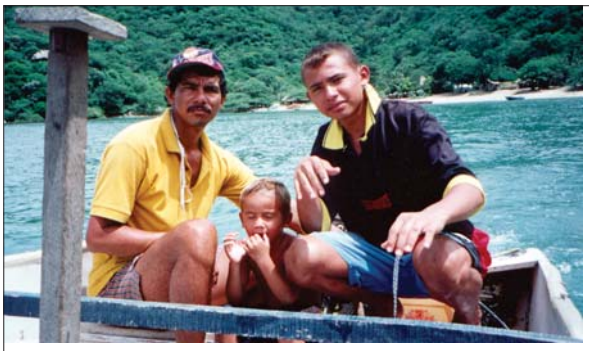
Muerto y tres en la Piedra Ahogada.

4.2 FASE DE MUESTREO Y MEDICION CUANTITATIVA

4.2.1 Para determinar la cobertura de los principales componentes bentónicos. La recolección de datos se realizó en una matriz transcrita a tablas acrílicas (véase el anexo A). Esta fase de campo se demoró aproximadamente una semana para cada muestreo de los años 1998 y 1999.

Para realizar el método de cuadrantes descrito por Weinberg (1981) y Rogers *et al.* (1994) el investigador, con apoyo de Carlos en la Gaviota (véase la figura 6) y equipo autónomo SCUBA, muestreó, a lo largo de los transectos establecidos anteriormente, los componentes bentónicos con cuadrantes (véase la figura 7) de $1m^2$ corriéndolos hasta completar una **unidad muestreal** de $8m^2$. Se escogió este tamaño de acuerdo con Weinberg (1981). Dentro de cada cuadrante previamente subdividido en 100 cuadritos (cada cuadrito representaba un 1%) se determinó la cobertura con base en el número de cuadritos que ocupaban las siguientes categorías:

1. Corales (es decir, especies o géneros vivos, enfermos y/o muertos),
2. Algas (es decir, cespitosas, carnosas, calcáreas e incrustantes según Cintrón *et al.*



Figuras 6 y 7. Carlos, Juancho y Rafa en la Gaviota; el cuadrante empleado en el estudio.

(1994)),

3. Esponjas (es decir, erectas e incrustantes según Cintrón *et al.* (1994)) y

4. Tipos de sustrato (es decir, coral erosionado, arena, arcilla, canto y roca; modificado de Cintrón *et al.* (1994), English *et al.* (1994) y Díaz *et al.* (1995)).

Adicionalmente se registró el número de colonias de cada especie de coral y de otros grupos de organismos donde fue posible. La nomenclatura de la estación, la profundidad de la unidad muestreal y la fecha también se anotaron. Este procedimiento se realizó para cada una de las nueve estaciones de cada año. Las especies o géneros de coral no identificables *in situ* fueron fotografiados y representados por un símbolo en campo para su posterior reconocimiento.

4.3 FASE DE GABINETE

4.3.1 Para determinar la representatividad del tamaño de la unidad muestreal. La representatividad del tamaño de la unidad muestreal se determinó para cada estación realizando curvas de especies acumuladas contra esfuerzo de muestreo (número de cuadrantes). El orden de los cuadrantes se escogió aleatoriamente con números aleatorios utilizando una calculadora.

4.3.2 Conversión de datos en bruto a porcentajes de cobertura de los principales componentes bentónicos. Se sumaron el número de cuadritos de los componentes en cada unidad muestreal. Luego, el conjunto de los resultados de las unidades muestreales se pasó a una nueva matriz. En esta nueva matriz se convirtieron los datos a coberturas relativas (%) a las unidades muestreales (modificado de Díaz *et al.*, 1995). Se creó una tabla independiente para las especies de coral y se expresó la cobertura de cada una relativa al componente de coral vivo (Díaz *et al.*, 1995). Las tablas mencionadas arriba fueron la base para realizar las tareas descritas a continuación.

4.3.3 Para comparar los porcentajes de cobertura de los componentes espacio temporalmente. Primero, se determinaron los porcentajes de cobertura de los principales componentes bentónicos en la zona de Playa del Muerto en 1998 y en 1999 en la totalidad del dominio. Segundo, se compararon las coberturas de los componentes entre las tres zonas diferentes para el año 1999. Tercero, se compararon los porcentajes de cobertura de los componentes en la zona de la Playa del Muerto entre los años 1998 y 1999 entre los 3.5 y 4.5m de profundidad. Las tareas de comparación se hicieron promediando los resultados de las unidades muestreales de cada zona y entre años tomando en cuenta la variabilidad (rango) de los datos. La prueba del signo se utilizó para determinar diferencias significativas. Cuarto, se halló el porcentaje de cobertura de coral enfermo y muerto relativo a la cobertura coralina total y para cada especie individual. Se compararon, además, las coberturas del dominio con otras localidades en el Caribe.

4.3.4 Para buscar una correlación entre la profundidad y la diversidad. Para el muestreo del año `98 en la zona Playa del muerto se empleó el coeficiente de grados de Spearman para correlaciones. La formula empleada estaba de acuerdo con la de Johnson (1988). Dado que no se sabía la tendencia, se empleó, por lo tanto, una prueba de doble cola.

4.3.5 Para comparar el porcentaje de cobertura de coral que ha muerto del total que alguna vez cubrió el fondo. para calcular el coral muerto relativo al total de estructura coralina que ha crecido sobre el fondo se realizó la siguiente expresión: (coral muerto total / (coral vivo total + coral muerto total))*100. Esto se realizó para cada zona y para la Playa del Muerto en los años 1998 y 1999.

4.3.6 Para comparar la frecuencia de cada especie de coral vivo espacio temporalmente. La frecuencia de cada especie está dada por la suma de las unidades

muestreales donde aparecían dividida por las unidades muestreales totales. Los valores de frecuencia se encuentran entre 0 (completa ausencia) y 100% (presentes en todas las estaciones) para 1998 y de cero a tres en las figuras de 1999 de acuerdo a si se encontraban o no en las tres estaciones de cada zona (Rogers *et al.*, 1994).

4.3.7 Para comparar índices de riqueza, diversidad organismal y uniformidad del coral vivo espacio temporalmente. Se calculó el índice de riqueza de Hill (N0) y los índices de diversidad de Hill (N1 y N2). Se calculó además el índice de uniformidad de números modificados de Hill (E5). Este último índice se calculó con base en el logaritmo natural (Ludwig y Reynolds, 1988). Los índices se hallaron llevando la información de porcentajes de las especies de coral relativo al componente coral vivo para cada unidad muestreal (Díaz *et al.*, 1995) y con el programa SPDIVERS.BAS (Ludwig y Reynolds, 1988) con ayuda de una computadora personal. También se compararon temporalmente para cada estación frente a la Playa del Muerto.

4.3.8 Para describir el grado de similaridad y clasificar las estaciones espacio temporalmente según el componente coral vivo. Con base en los porcentajes de cobertura de cada especie relativos al coral vivo se estableció el grado de similaridad entre estaciones con el coeficiente de disimilaridad de Bray-Curtis sin transformar los datos más allá de la transformación que ocurre al relativizar (%) las coberturas absolutas. Se construyó un dendrograma fusionando cada par próximo de agrupaciones según la media del grupo anterior (*Group-average link*) sin asignarles un peso (*unweighted*, U.P.G.M.A.). El paquete COMM en el programa CLUSTER se utilizó para calcular los algoritmos y para crear el dendrograma. Como apoyo se realizó un ordenamiento en dos dimensiones conocido como el *análisis de componentes principales* (PCA) con los datos de abundancia de las especies en cada estación sin transformar. El paquete PCA.BAS del programa ECOLOGY se utilizó. Este programa analiza la información con base en los valores propios (eigenvalues).

4.3.9 Para determinar el arreglo espacial de las especies de coral dominantes en el dominio. Para este ejercicio se utilizó el paquete PQV.BAS del programa ECOLOGY con el método de la varianza con los cuadrantes pareados (*Paired-Quadrant Variance*). Se digitaron las coberturas en porcentaje de las especies dominantes, una a la vez y en cada estación, para hallar una serie de varianzas que se plotearon sobre un plano cartesiano. Dependiendo del tipo de curva en los planos, se determinó si la disposición de cada especie en cada estación era azarosa, uniforme, o aglomerada.

Para el muestreo de 1998 la ubicación espacial de cada especie de coral y cada grupo de algas se representaron gráficamente según sus presencias en las diferentes estaciones. Las estaciones en la gráfica se dispusieron de acuerdo con su posición espacial en el campo.

4.3.10 Para relacionar la información obtenida anteriormente en cartas temáticas (escala 1:3000). Se complementó el mapa base elaborado en la fase de preparación con la información obtenida en campo de los ecosistemas utilizando el programa I.L.W.I.S. 2.1 para Windows.

4.4 INTERCAMBIO CON LOS HABITANTES DE LA BAHIA

4.4.1 Primer taller. En este taller, denominado "sensibilización", realizado en Playa del Muerto se expusieron a los habitantes de la Bahía temas como:

1. qué y cuáles son los recursos naturales, la biodiversidad, los ecosistemas, los grupos principales de organismos, conservación, participación colaborativa, etc.,

2. cuáles son los cambios que ha sufrido el medio ambiente y los habitantes como

consecuencia,

3. cuál es la importancia de cuidar los recursos y el medio ambiente en general según varios puntos de vista,

4. cómo o qué podemos hacer para cuidar nuestros recursos, y

5. una introducción al proyecto.

En el taller se trabajaron actividades como por ejemplo dibujos en grupos pequeños, preguntas abiertas, una demostración de los equipos y métodos que se emplean en la investigación, y una discusión sobre el consumo de los recursos de la bahía.

4.4.2 Segundo taller. Este taller se dominó "profundización" y fue realizado en la Playa del Muerto. Se exploró a fondo la experiencia científica del investigador con el conocimiento real de los habitantes. Los siguientes temas eran centrales en el desarrollo de tal actividad:

1. el colaborador relató su experiencia de lo que observó en los recorridos generales de la comunidad coralina,

2. el investigador dio a conocer los términos y métodos técnico-científicos que utilizó en el desarrollo de la investigación, y

3. se realizó un ensayo para homologar los términos empleados por cada grupo.

En este taller también se estableció quienes de los habitantes serían entrevistados para el estudio de poblamiento.

4.4.3 Tercer taller. Este taller fue denominado "reseña histórica". Se realizaron una serie de entrevistas.

4.4.4 Cuarto taller. En el cuarto taller llamado "encuentro" se presentó un avance de lo

adelantado en el proceso de la investigación ante las instituciones participantes, los habitantes, y entidades de turismo.

4.4.5 Quinto taller. Este taller llamado "Continuación" cuyo lugar de encuentro será en las instalaciones de la Universidad Jorge Tadeo Lozano será donde se presentará el informe final de la investigación y el informe para la continuación del monitoreo anual de los recursos marinos de la bahía de Nenguange.

5. RESULTADOS

El presente capitulo fue organizado en tres principales temas: Descripción general (exploración cualitativa), descripción detallada (exploración cuantitativa) y monitoreo (exploración cualitativa y cuantitativa).

La descripción general consiste en dos sub-temas. El primer sub-tema es un recorrido de la franja terrestre llegando a la Bahía de Nenguange y su litoral. El segundo es un recorrido submarino que empieza desde las primeras formaciones coralinas que se encuentran al llegar a Playa Nenguange al sureste de la Bahía por la carretera y procede por casi la totalidad de la comunidad coralina presente en el costado oriental de la Bahía terminando en el norte en la Piedra ahogada. El conjunto de las formaciones coralinas encontradas se define como la comunidad o el "dominio" de estudio.

Segundo, se describe de forma cuantitativa detalles de atributos de la comunidad que se hallaron en 1998 para la zona de Playa del Muerto y luego para el año 1999 en todo el dominio (zona de Playa Viva, Playa del Muerto y Piedra Ahogada) entre los 3.5 y 4.5m de profundidad. Este tema a su vez se divide en tres sub-temas o puntos de vista dependientes de la escala espacial y resolución de la información: punto de vista del dominio que toma en cuenta los atributos de toda la comunidad coralina, punto de vista por zonas o unidades paisajísticas, y el punto de vista más detallado describiendo los atributos por cada estación dentro de las zonas estudiadas.

El tercer tema principal compara los muestreos del año 1999 y 1998 entre los 3.5 y 4.5m de

profundidad en la zona de Playa del Muerto.

5.1 DESCRIPCION CUALITATIVA

5.1.1 Exploración de la porción terrestre. La carretera que conducía a la bahía de Nenguange desprendía de la troncal Caribe a unos 12 km aproximadamente al nor-oriente de Santa Marta comunicando las bahías de Gairaca y Nenguange. La carretera fue construida a lo largo de fuertes escarpes los cuales en la época de lluvia del año 1999 caían derrumbes de material orogénico causando impasses (véanse las figuras 8 y 9). Al llegar al litoral (ver **T**), el material, producto de la erosión, causaba una fuerte descarga de sedimentos que corría al mar por varios canales y en especial por la carretera. En la figura 10 se aprecia en primer plano un fuerte escarpe cubierto por sedimentos y en segundo plano se aprecia a Playa Brava también conocida como Playa Siete Olas (ver **E**). (El costado occidental de la Bahía (ver **A**) ha sido poco

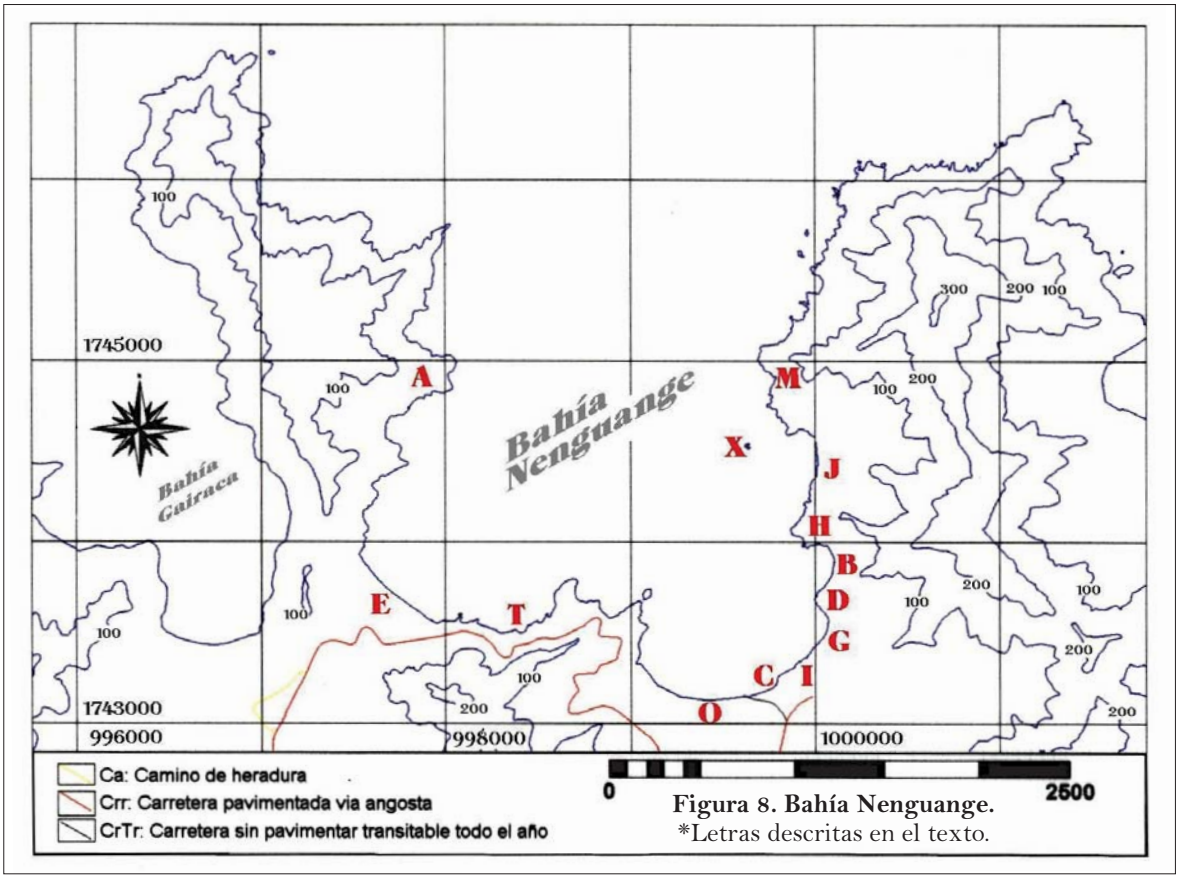


Figura 8. Bahía Nenguange.
*Letras descritas en el texto.

Figura 9. Un derrumbe en la carretera.

Figura 10. Vista de Playa Brava (fondo) y escarpe con sedimentos (primer plano).

explorado con respecto al costado oriental (ver **M**) aunque inventarios de vegetación se mencionan en algunos estudios como Hernández *et al.*, 1980 y Universidad Nacional, 1987.) En el costado oriental se encontraba, de sur a norte (véase la figura 11), Playa Nenguange o Playa Oriental (ver **O**), luego Playa Pescadores (ver **G**), Playa Viva (ver **B)** y, por último, Playa del Muerto (ver **J**). Al llegar a la porción oriental de Playa Nenguange, sobre la saliente rocosa llamada Bella Vista, la Unidad de parques construyó un muelle de cemento en el año 1999 (ver **C** y la figura 12). Desde el muelle, mirando hacia Playa Nenguange se observó una cobertura vegetal modificada a través del tiempo en donde se ubicaban casetas de vendedores

Figura 11. Vista del sur-oriente de la bahía de Nenguange.

Figura 12. La esquina oriental de Playa Nenguange.

de comidas y se encontraba basura apilada. Por encima de la misma saliente se encontraba un camino que conllevaba a las playas del oriente de la Bahía (ver **I**). Entre Playa Pescadores y Playa Viva existió un bosque de mangle (ver **D**) que se encontraba bordeado a lado y lado por el mar (véase la figura 13) y una laguna costera (véase la figura 14). En la porción marina, por

Figura 13. Vista de una porción del bosque de mangle. Las manchas oscuras en el agua son parches de pasto tortuga .

Figura 14. Vista de la laguna costera que se ubica por detrás del pequeño bosque de mangle.

debajo del espejo de agua, crecía una pradera de pasto tortuga, *Thalassia testudinum* Banks, que recorría toda la playa. (Existen varios estudios acerca de la pradera y fauna y flora asociada como: Guillot y Marquez, 1975; Acero, 1977; Aubad, 1981; Echeverry, 1982; Laverde, 1992 y Herrera, 1995.) Por dentro del bosque se observó cómo el tránsito de personas había abierto paso al no haber neumatóforos del mangle negro *Avicennia germinans* por el camino (véase la figura 15). Adicionalmente, se encontró acumulación de basuras entre las raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* Linné (véase la figura 16). (Varios estudios

Figura 15. Camino dentro del bosque de mangle.

Figura 16. Basura entre las raíces de ***Rhizophora mangle.***

Figura 17. Nivel bajo extremo de la marea dejando expuestos cantos rodados y cabezas de coral.

acerca del pequeño bosque también existen como: Pascuas, 1978; Reyes, 1991 y García, 1994.) El camino continuaba hacía el norte por la playa y seguía por encima de la saliente rocosa Majaguita (ver **H**) hasta llegar a Playa del Muerto. En el mes de diciembre del año 1999 se observó un nivel bajo extremo de la marea dejando expuesto cantos rodados y algunas cabezas de coral como se observa en la figura 17. En frente a Playa del Muerto, mar adentro, se encontraba la Piedra Ahogada (ver **X** y la figura 18).

Figura 18. La Piedra Ahogada.

5.1.2 Exploración del dominio de estudio. (Para efectos de simplificación, en las páginas que siguen, las playas Viva y Pescadores se denominaran en conjunto como Playa Viva.) De acuerdo con la zonación establecida en el presente estudio de la porción oriental de la Bahía de Nenguange (zona de Playa Viva, Playa del Muerto, y Piedra Ahogada) se encontraron formaciones coralinas características dentro de cada una acompañadas de otras comunidades (véase la figura 19).

5.1.2.1 Playa Viva. Frente a Playa Viva colonizaba un verdadero arrecife de franja. Aguas-adentro la formación arrecifal estaba bordeada por restos de cascajo de coral provenientes de los corales más someros, en especial de la especie *Acropora cervicornis* (Lamarck) Verrill, y en algunos casos estaba bordeada por fondo areno-fangoso. En el arrecife propio se distinguieron franjas paralelas a la costa comenzando aguas-adentro con la franja del talud arrecifal compuesta por más de 25 especies de coral, la franja de cresta dominada por *Acropora*, y la laguna arrecifal que se consolidaba en una franja de pradera marina de la especie *Thalassia testudinum* antes de salir el fondo arenoso para formar la playa propia. En el sublitoral de la saliente rocosa llamada Bella Vista en Playa Nenguange se encontraba un primer paisaje submarino conformado por parches coralinos, una denominada zona mixta, y los inicios de la pradera de *Thalassia testudinum*. El parche coralino se encontró en muy mal estado con aproximadamente 50% de coral muerto (ver **1** en la figura 20). En el mes de septiembre se encontró una abundancia de larvas de peces catadromos migrando hacía la quebrada Giraca en esta zona altamente turbia por el aporte de las aguas continentales y el invierno prolongado. Hacia el norte se encontraba un parche coralino dominado por grandes cabezas de la especie *Colpophyllia natans* (Houttuyn) Mathai (ver **2**). Siguiendo hacia el nor-este se encontraba una zona mixta pequeña de 5m² aproximadamente dominada por *Thalassia testudinum* consolidándose gradualmente en la franja de pradera en la pequeña laguna arrecifal a lo largo de la Playa. En este punto la pradera / zona mixta presentaba una densidad de vástagos de aproximadamente 18 por m² la cual estaba separada del arrecife por

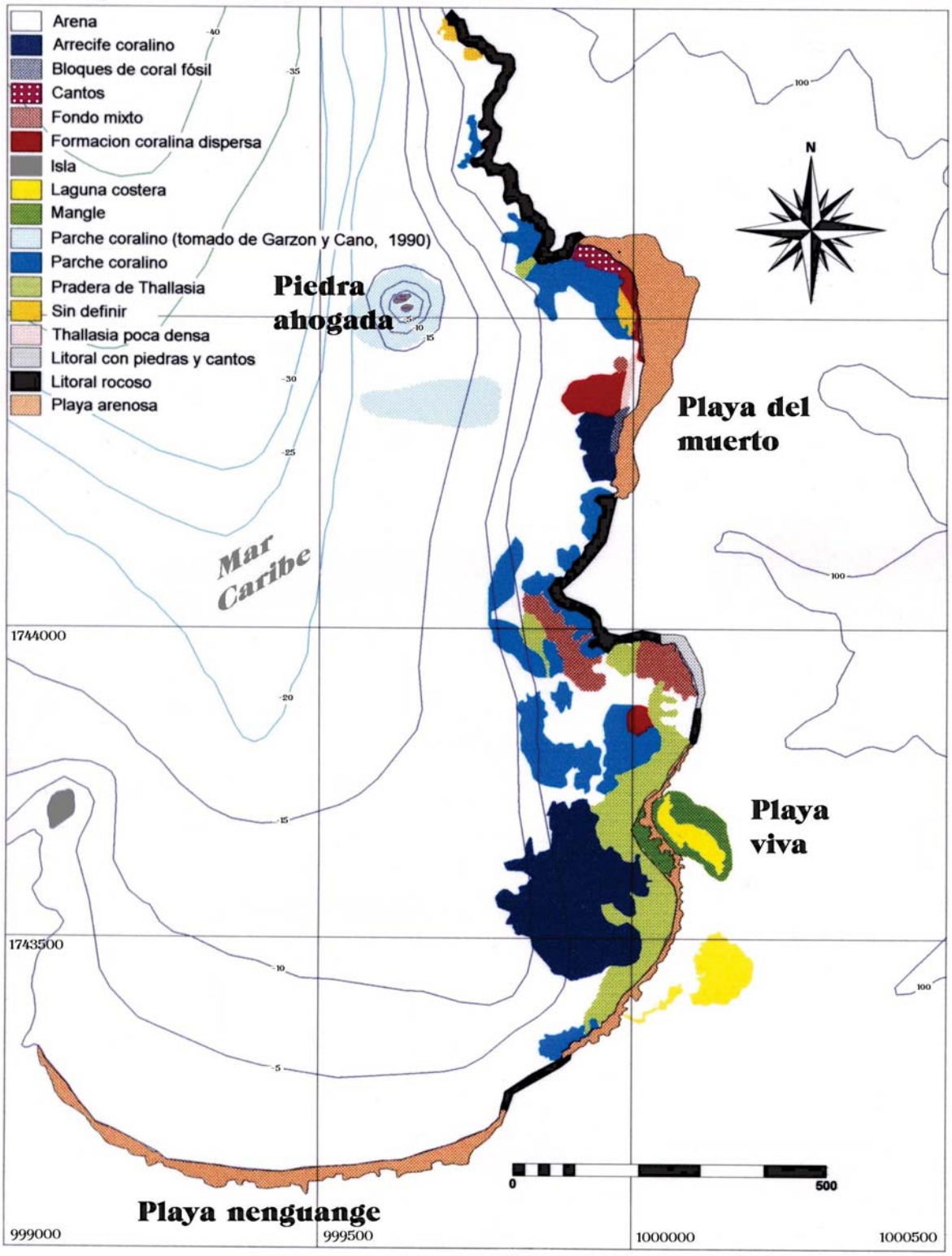


Figura 19. Mapa de los principales componentes ecosistémicos y paisajísticos costeros de la porción oriental de Bahía Nenguange, el dominio del estudio.

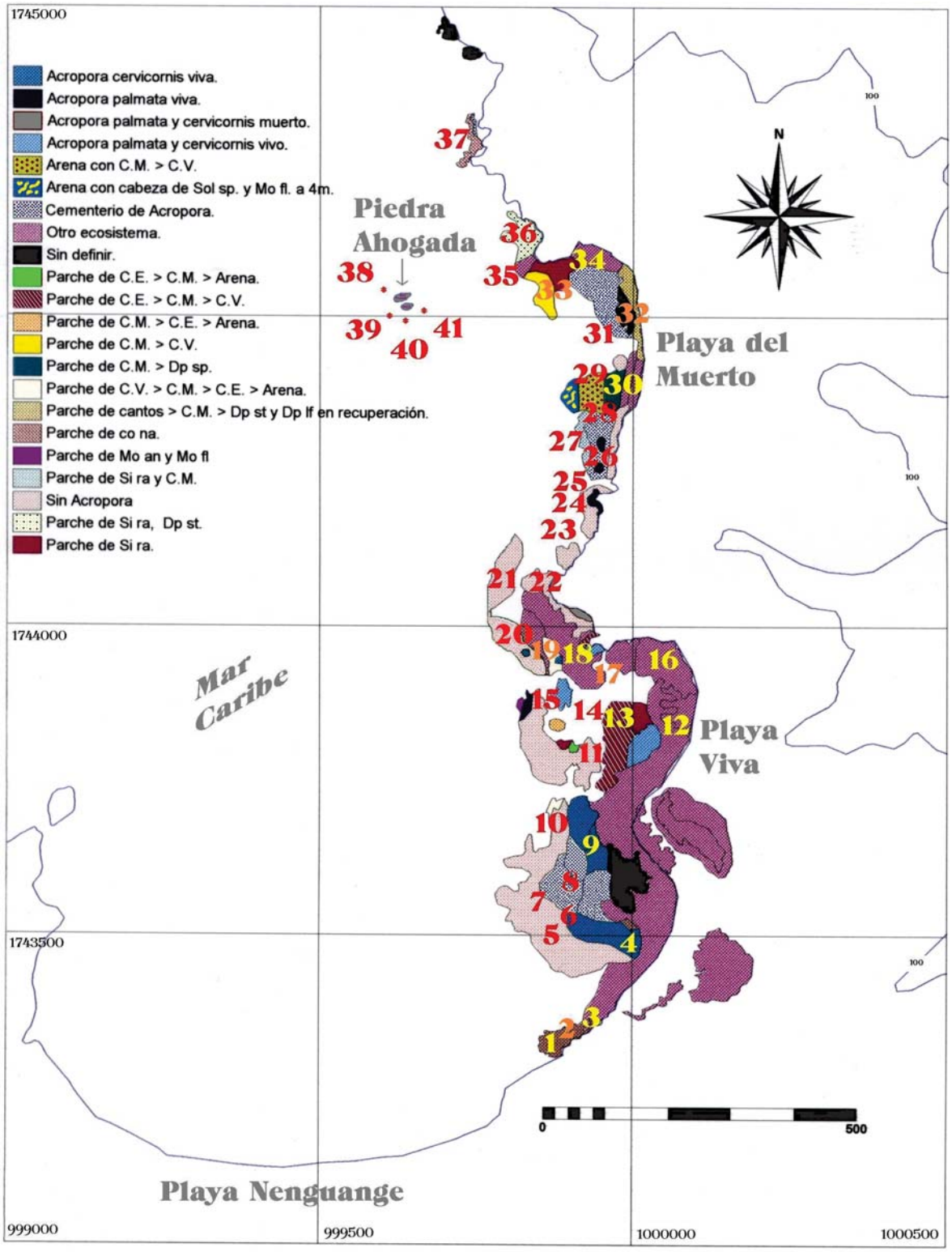


Figura 20. Mapa detallado de paisajes costeros en el dominio de estudio. Abreviaturas en orden en que aparecen: C.M. = coral muerto, C.V. = coral vivo, Sol = *Solenastrea*, **Mo fl =** *Montastrea faveolata*, **C.E. = coral erosionado, Dp =** *Diploria*, **Dp st =** *Diploria strigosa*, **Dp lf =** *Diploria labyrinthiformis*, **Co na =** *Colpophyllia natans*, **Mo an =** *Montastrea annularis* y **Si ra =** *Siderastrea radians*.

Figura 21. Colonia de *Madracis mirabilis*.

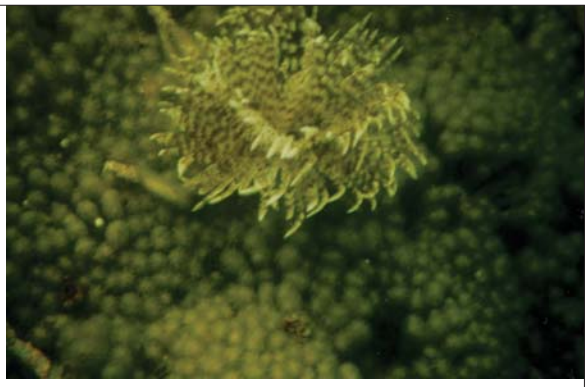


Figura 22. El poliqueto *Sabellastarte magnifica* **sobre la colonia de** *M. mirabilis*.

una franja de arena (ver **3**). Aguas-adentro la zona mixta descendía hasta los 3 metros donde se encontraban colonias de *Montastrea cavernosa* Linné de 50cm² antes de que la pendiente empezara a caer en la franja de arena hasta llegar a unos 6m de profundidad. Siguiendo la ruta aguas-adentro hacia los 6 a 8m de profundidad, se encontraban colonias pequeñas de *Colpophyllia natans*, *Siderastrea siderea* (Ellis y Solander) Millne Edwards y Haime y *Manicina areolata* Linné cuando subitamente el paisaje submarino se transforma en un pequeño valle (segundo paisaje) con más de 25 colonias de 2 y 3m² de *Colpophyllia natans*, de las cuales aproximadamente 25% de su superficie se encontraba muerto. Estas se encontraban situadas en la pared ascendente del norte, que tenía aproximadamente 30° grados de inclinación (ver **4**). Adicionalmente se encontraron varios individuos del erizo *Eucidaris tribuloides*. En este punto, la pared se curvó suavemente hacia el norte manteniendo la misma inclinación donde se encontró una colonia grande del coral *Madracis mirabilis* (ver **5** y la figura 21) de más de 50m² donde entre sus dedos se encontraban poliquetos de la especie *Sabellastarte magnifica* (véase la figura 22). *M. mirabilis* es especialmente sensible a impactos mecánicos como los que causa el buceo y el anclaje (véase la figura 23). Ella descendía hasta unos 9m de profundidad donde se encontraba con un fondo areno-fangoso.

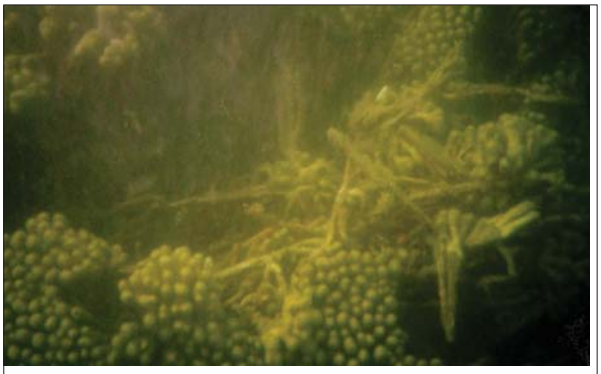


Figura 23. Impacto sobre *M. mirabilis*.

Hacía la cima de la pared se empezaba a encontrar la larga franja de la cresta que se mencionó arriba compuesta por las especies *Acropora palmata* (Lamarck) Verril y *Acropora cervicornis* por encima de los 4m de profundidad (ver **6**). En ésta porción de la franja *Acropora* la mayoría de las colonias expuestas se encontraban muertas mientras que las protegidas se encontraban vivas. En los alrededores se encontraron varias colonias del zoanthideo *Palythoa caribaeorum*, individuos del holoturio *Isostichopus badionotus* (véase la figura 24) y una escuela del pez *Acanthurus bahianus* Castelnau. Se registró por primera vez en la Bahía un individuo de la especie *Madracis formosa* en las inmediaciones (véase la figura 25). En la fase de transición entre éste segundo paisaje y el que le seguía hacía el norte se ubicaba la estación **V1**. Más allá hacía el norte, por debajo de los 4m, bordeando la franja *Acropora* se encontraba el tercer paisaje con una pendiente más notoria compuesto por cabezas de 1 a 2m² de *Colpophyllia natans*, *Montastrea faveolata* (Gregory), *Montastrea cavernosa*, *Siderastrea siderea*, pequeñas colonias de *Porites astreoides* Lamarck, *Meandrina meandrites* (Linné) Lamarck, *Montastrea annularis* (Ellis y Solander) Vaughan y Wells, *Diploria labyrinthiformis* (Linné) Vaughan, *Diploria strigosa* (Dana) Vaughan y Wells, *Millepora complanata* Lamarck, *Madracis decactis* (véase la figura 26)

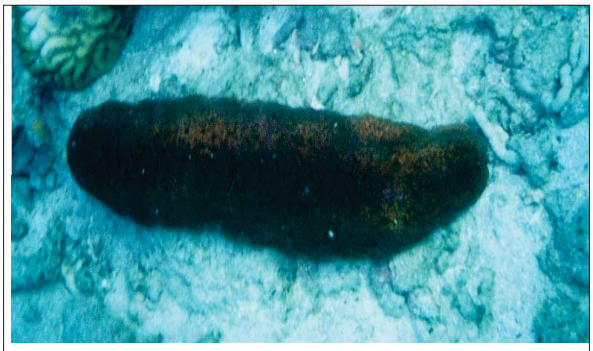
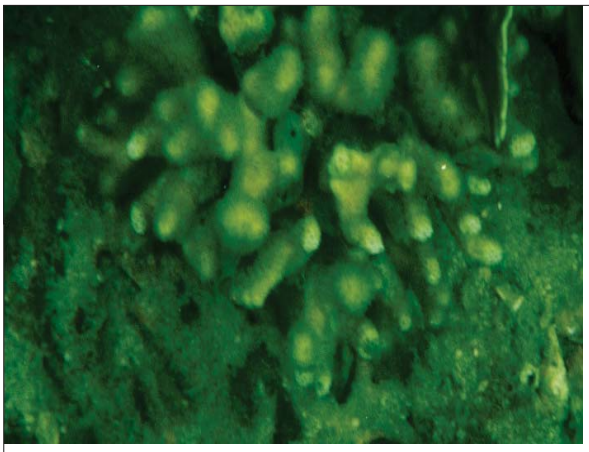


Figura 24. El pepino *Isostichopus badionotus.*



Figuras 25 y 26. Colonias de *Madracis formosa* **(tentativo) y** *Madracis decactis.*

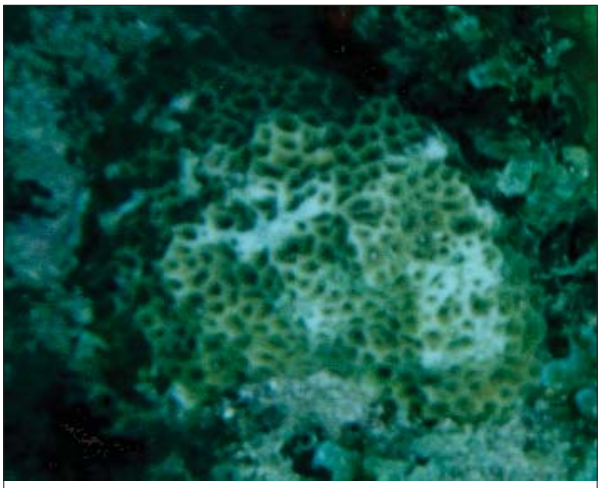


Figura 27. Una colonia de *Agaricia humilis*.

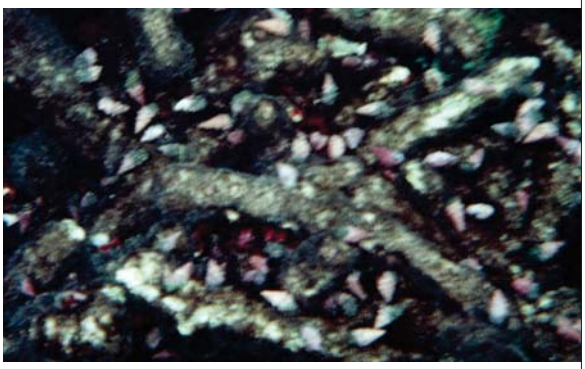
y *Siderastrea radians* (Pallas) Verrill (ver **7**). En los alrededores de esta estación se encontraron, además, tres especies no registradas antes en la Bahía: *Agaricia fragilis*, *Agaricia humilis* y *Mycetophyllia aliciae* (véase las figuras 27 y 28) y una especie pequeña pero ubicua en todo el estudio, *Porites porites* (Pallas). En éste, el talud arrecifal, se encontraban porciones donde dominaba el coral muerto sobre el coral vivo. Adicionalmente, abundaban colonias solitarias de la anemona *Bartholomea annulata* (Le Sueur) por debajo y entre las grietas del coral y los cantos. También se registró por primera vez en la Bahía el equinodermo *Holothuria thomasi* (véase la figura 29). La estación **V2** se encontraba propiamente dentro de éste último paisaje. En general por la zona de Playa viva se encontraron varios equinodermos de las especies *Echinometra viridis* y *Tripneustes ventricosus* (véase las figuras 30 y 31). Hacia la cresta en el área **8** se encontró un cementerio extenso de *Acropora cervicornis* y *A. palmata* erosionado y con grandes colonias de *Millepora complanata* Lamarck creciendo encima y gastrópodos de la especie *Cerithium litteratum* (Born) (véanse las figuras 32 y 33). Más adelante, y casi

Figura 28. Una colonia de *Mycetophyllia aliciae*.

Figura 29. El pepino *Holothuria thomasi.*

Figura 30. El erizo *Echinometra viridis.*

Figura 31. El erizo *Tripneustes ventricosus.*



Figuras 32 y 33. Cementerios de *Acropora* **invadidos por** *Millepora complanata* **y** *Cerithium litteratum.*

Figuras 34 y 35. Recuperación de *Acropora palmata* **y** *Acropora cervicornis* **en 1999.**

perpendicular a la salida en la Playa con el bosque de mangle, se encontró otra área (20m²) de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* en recuperación desde los 4m de profundidad y más allá de la cresta (ver **9** y las figuras 34 y 35). Sin embargo, en las inmediaciones aún se encontraban extensas áreas muertas y erosionadas en las partes expuestas las cuales servían de fuente para los escombros que bordeaban la porción más profunda de las formaciones coralinas aguas-adentro. Más adelante, aproximadamente 80% del sustrato en esta área estaba compuesta por coral vivo y coral erosionado con un ensamblaje bastante rico y diverso de especies los cuales conformaban un cuarto nuevo paisaje (ver **10**), ahora con una suave pendiente y colonias relativamente medianas en tamaño. En éste parche se encontró un abanico de mar, *Gorgonia sp*, el cual es poco frecuente ya que ha sido sometido a la depredación ("explotación") para artículos de adorno y joyas. En las inmediaciones, por debajo de los 4m de profundidad, se ubicaba la estación **V3** donde se encontraron tres especies raras para la Bahía: *Scolymia sp.* (véase la figura 36),

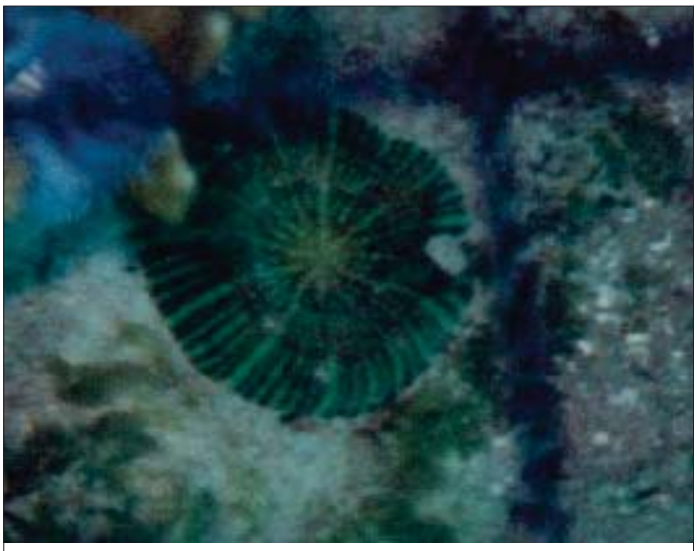


Figura 36. Un coral de la especie *Scolymia sp.*

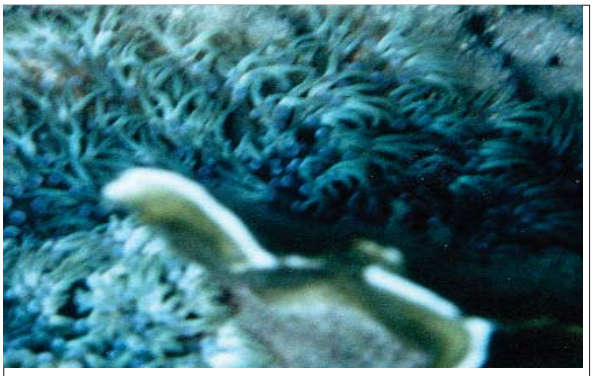


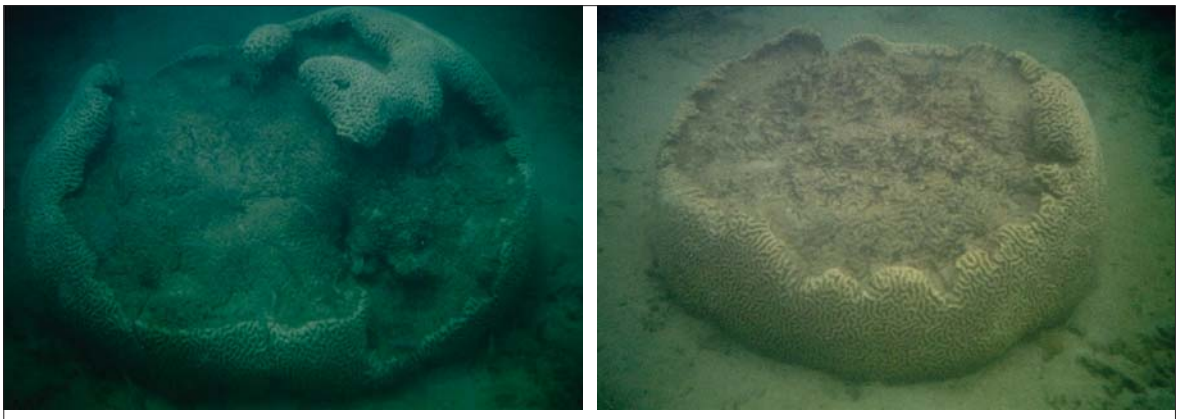
Figura 37. Una colonia de *Lebrunia danae*.

Madracis decactis y *Acropora cervicornis*. Esta última especie, al igual que *A. palmata*, se estaba recuperando especialmente en ésta estación. Acompañando a *Scolymia sp.* se halló el poliqueto *Spirobranchus giganteus* y en los alrededores el actiniario *Lebrunia danae* con un miembro del componente espojas erectas (véase las figuras 37 y 38). Más adelante, hacia el norte, lamentablemente volvía a empeorar la salud coralina, encontrándose un alto porcentaje de colonias de coral muertas o erosionadas (aprox. 60% de sustrato) y otro cementerio extenso de *Acropora* (ver **11**). Las dos especies de *Millepora* sufrieron efectos graves por el acontecimiento del huracán Lenny en noviembre del año 1999 en esta localidad. Ambas presentaban colonias volteadas y padeciendo de blanqueamiento (véase la figura 39). Hacía la playa, en el área **12**, se volvió a encontrar la pradera de *Thalassia testudinum* que bordeaba la playa. Esta parecía como si hubiera sido dragada, encontrándose parches pelados que corrían hasta la playa. (Los pescadores de la playa atribuyen las peladuras a la pesca con dinamita.) Siguiendo hacia el nor-occidente hasta el área **13**, el fondo presentaba casi un 100% de coral muerto con colonias de *Palythoa caribaeorum* y *Porites astreoides* dispersas. Más allá disminuyó el porcentaje de coral muerto en el sustrato hasta

Figura 38. Una esponja erecta

Figura 39. Blanqueamiento de *Millepora alcicornis* **posterior al huracán Lenny.**

aproximadamente un 50% y se encontraron colonias de gorgonáceos pequeñas. En esta última trayectoria era notoria la ausencia de peces arrecifales. Además, muchas de las colonias de coral muerto se encontraban erosionadas e impactadas mecánicamente en porciones grandes de sus superficies (véanse las figuras 40 y 41). Esta área descrita es utilizada como acceso a la porción más norte de Playa Viva donde se ubican unas cabañas de pescadores. Llegando al área **14**, colonias vivas de coral se encontraron especialmente de la especie *Diploria strigosa* aunque algunas presentaban blanqueamiento y otras colonias estaban completamente muertas. En contraste, justamente más al norte (área **15**) se encontró un quinto paisaje conformado por dos parches grandes dominados por colonias desarrolladas de *Acropora palmata* a los 3.5 y 4.5m de profundidad y elevándose casi hasta la superficie. La porción más profunda aguas-adentro presentaba colonias grandes de *Montastrea annularis* y



Figuras 40 y 41. Impacto mecánico sobre cabezas de coral.

Montastrea faveolata. Regresando al oriente hacía las cabañas mencionadas, el área **16** se caracterizaba por ser mixta con *Thalassia testudinum*, tener colonias del coral *Manicina areolata* y del erizo *Diadema antillarum.* En el área **17** la temperatura bajó unos grados y se percibió una corriente sureña. Este cambio de condiciones oceanográficas parece ser típico de esta área ya que la fauna y flora también cambió drásticamente. Casi de inmediato la pradera de *Thalassia testudinum* dio lugar a un parche de fondo arenoso y luego a la vuelta de la saliente rocosa Majaguita se encontraron colonias vivas someras de *Acropora palmata*, *Millepora complanata* y *Diploria strigosa* comenzando la zona de Playa del Muerto. Debe anotarse que en Playa Viva, particularmente entre los 4 y 5m de profundidad, se encontraban extensas

Figura 42. Regeneración de ***Acropora cervicornis*** **con una proliferación de algas verdes.**

colonias de *Colpophyllia natans* y *Madracis mirabilis* en contraste con la Playa del Muerto y la Piedra Ahogada donde se encontraban a más profundidad. Con respecto a la salud coralina, la zona en general guardaba huellas de impacto humano sobre especies de coral. Se sabe que todo el dominio ha sido sujeto a la pesca con dinamita, pesca con chinchorro, pesca con arpón, el tránsito de lanchas y el anclaje de las mismas, y el buceo a pulmón libre y con tanque. También se alcanzó a detallar mecanismos de impacto natural causado por la actividad comunitaria de los habitantes del arrecife como las algas verdes (véase la figura 42) y el impacto mencionado anteriormente del huracán. La ictiofauna de esta zona estaba compuesta por al menos treinta y tres especies las cuales se listan en el anexo B. En la figura 43 se observa un cardumen del pez *Acanthurus bahianus* cerca a una colonia saludable de *Acropora.*

Figura 43. Banco de ***Acanthurus bahianus*** **en Playa Viva.**

5.1.2.2 Playa del Muerto. En la zona de Playa del Muerto, bordeando el litoral, se encontró un segundo arrecife coralino de menores proporciones que el de Playa Viva. Se determinó que el arrecife coralino se disponía oblicuamente a la línea de costa extendiéndose entre los 69 y 5m de la costa recorriendo de norte a sur respectivamente. Es decir, en la porción del sur el arrecife bordeaba la costa estrechamente, pero a medida que se extendía hacia el norte iba aumentando su grosor hasta aproximadamente 69m de la costa frente a la playa. El punto más profundo donde crecía coral en la zona estaba a 17m, a una distancia de 110m de la saliente rocosa Majaguita y correspondía a un parche de cabezas de coral. En la porción del sur de esta zona (ver **18**) en donde terminó la descripción de la zona de Playa Viva anteriormente, colonizaba la especie *Acropora palmata* y pequeñas colonias de *Diploria strigosa* en donde encima de una muerta se encontró un pez escorpión, *Scorpaena plumieri* (Bloch) camuflado (véase la figura 44). En los alrededores se encontraba la estación **MA** del año 1998 donde se encontró una pequeña colonia de *Acropora palmata* creciendo sobre el sustrato duro (véase la figura 45). Siguiendo aguas-adentro de la primera pequeña punta de la saliente rocosa se encontraba luego un parche mixto de *Thalassia testudinum* donde abundaba el madreporario *Oculina diffusa*. Separados por un parche arenoso se encontraba un

Figura 44. El pez escorpion *Scorpaena plumieri* **camuflado sobre una colonia erosionada de coral y entre una esponja erecta.**

Figura 45. Una nueva colonia de *Acropora palmata*.

parche pequeño (ver **19**) dominado por los corales *Siderastrea siderea*, *S. radians* (véase la figura 46), *Meandrina meandrites* y la anémona *Bartholomea annulata* con el camarón simbionte *Periclimenes pedersoni* (Chase). En este parche se ubicaba la estación **M1** de 1999 (estación **MD** del año 1998). Más profundo, aguas-adentro, se desarrollaba nuevamente la pradera de *Thalassia testudinum* y llegando cerca de los 9m de profundidad (ver **20**) se encontró un nuevo parche más consolidado de coral con las especies *Millepora complanata*, *Manicina areolata*, *Oculina difusa*, *Dichocoenia stokesii* Milne Edwards y Haime, *Diploria strigosa* y grandes colonias de *Montastrea annularis* (véase la figura 47). Acompañando a los corales también abundaban esponjas erectas y algunos gorgonáceos. En los alrededores de este parche se encontraba la estación **MG** del año 1998. En 1999 la visibilidad en toda esta zona era muy pobre debido al aporte de sedimentos continentales causado por el invierno prologado. Hacia el norte, en frente de la segunda pequeña punta de la saliente rocosa Majaguita, a los 9m, se encontraba un parche de coral no tan consolidado como el anterior

Figura 46. Una colonia del coral *Siderastrea radians*.

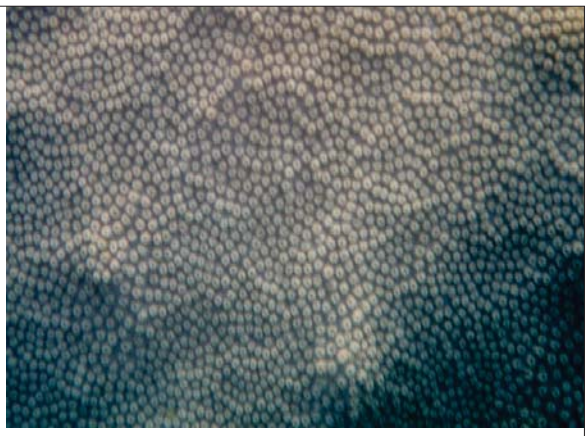


Figura 47. Detalle de una colonia de *Montastrea annularis*.

Figura 48. La estación M2 donde se aprecian colonias de madreporarios, el gorgonáceo *Pseudoplexaura sp.* **y una esponja erecta.**

Figura 49. Una colonia masiva de *Solenastrea bournoni.*

(ver **21**) donde se encontraba la estación **MH** del año 1998. Nadando hacia la costa, nuevamente, se encontraba otro parche separado por arena del primero donde se ubicaba la estación **M2** del año 1999 o **ME** del año 1998 (véase la figura 48) así como la estación **MB** del mismo año más hacía el litoral sobre una porción estrecha de arrecife (ver **22**). Siguiendo hacia el norte, hacia la playa, se encontraron una serie de parches pequeños de coral pero, en el área **23**, rodeada de arena, se ubicaba una gran colonia de la especie *Solenastrea bournoni* con aproximadamente 2 metros de altura y 1 de ancho (véase la figura 49). Hacia el área **24** se encontraban nuevamente colonias de *Acropora palmata* vivas (véase la figura 50). Estas últimas colonias de coral estaban separadas del arrecife propio por un canal de arena (ver **25**). En el área **26** del arrecife habían esqueletos de

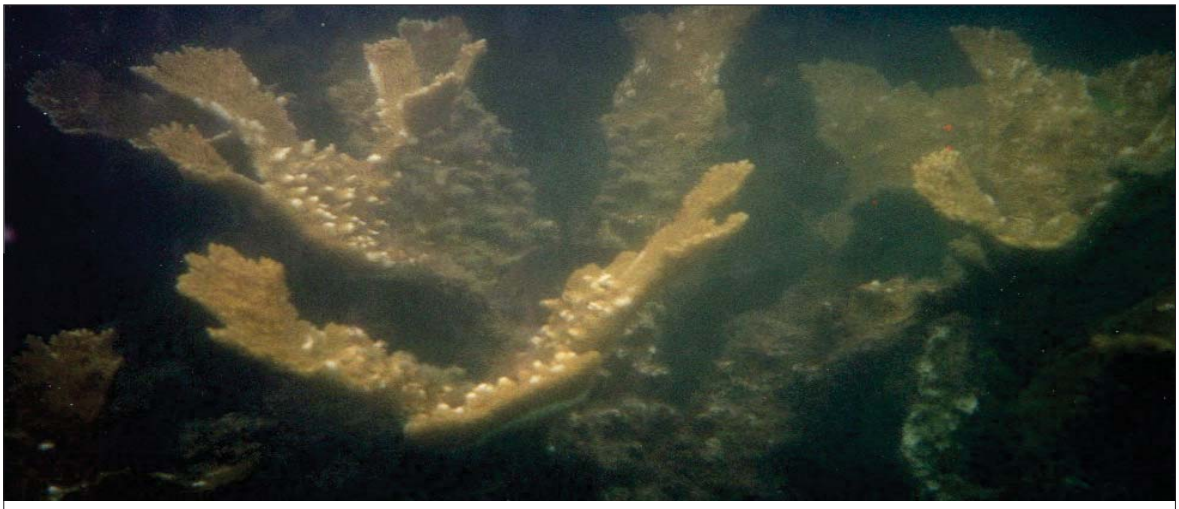


Figura 50. Recuperación de *Acropora palmata* **en Playa del Muerto.**

Figura 51. Un gran cementerio de ***Acropora palmata*****.**

A. palmata y *A. cervicornis* que conformaban la cresta que comenzaba por encima de los 4m, al igual que en la Playa Viva (véanse las figuras 51 y 52). En ésta cresta a comparación con la de Playa Viva, la recuperación de *Acropora* no era tan notorio. Algunas colonias dispersas se recuperaban pero evidentemente este proceso iba adelantándose más rápido y con mayor extensión en Playa Viva. Colonias de *Millepora complanata*, *M. alcicornis* Linné y *Diploria strigosa* pequeñas (recientes) colonizaban las partes más erosionadas y fragmentadas como en los otros cementerios. En las colonias donde se

Figura 52. Un gran cementerio de ***Acropora cervicornis*****. En la porción inferior se observa una colonia de** ***Colpophyllia natans*** **con huellas de impacto mecánico.**

Figura 53. Varios individuos de la especie *Myripristis jacobus* **buscando refugio bajo un colonia saludable de** *Acropora palmata*.

Figura 54. Un banco del pez *Acanthurus bahianus* **pastoreando sobre una cabeza saludable de** *Siderastrea sp*.

presentaba recolonización se alcanzaba a observar el regreso de otros miembros de la comunidad arrecifal, por ejemplo peces carajuelo *Myripristis jacobus* Cuvier, peces cirujano *Acanthurus bahianus* y el pez trompeta *Aulostomus maculatus* Valenciennes (véanse las figuras 53, 54 y 55). Escondida entre los escombros se encontró una morena verde, *Gymonthorax funebris* y en los alrededores una gran barracuda, *Sphyraena barracuda* (Walbaum) (véase la figura 56). La actividad comunitaria también se reflejaba sobre el coral. Por ejemplo, en las figuras 57 y 58 se alcanza a observar huellas de pastoreo sobre una colonia de *Siderastrea sp.* y un cultivo de algas filamentosas sobre una colonia de *Acropora palmata* por el pez *Stegastes sp.* En los alrededores se encontraban las estaciones **MC** y **MF** del año 1998. En la porción más expuesta de la cresta a los 4m se ubicaba la estación **M3** del año 1999 (estación **MI** del año 1998) (ver **27**). Más hacía el norte, en el pequeño talud arrecifal que descendía hasta apenas 7m, dominaban cabezas de *Siderastrea radians* y *S. siderea* vivas y en igual proporción muertas

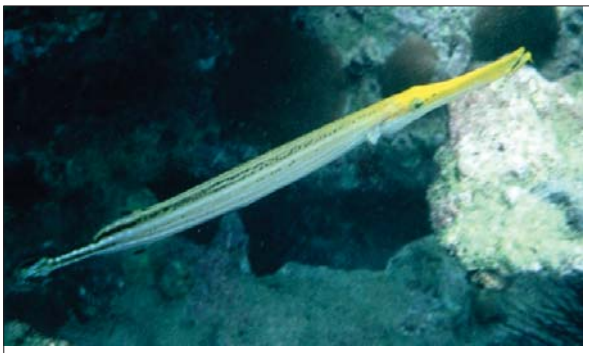


Figura 55. Un pez trompeta, *Aulostomus maculatus*.

Figura 56. La barracuda, *Sphyraena barracuda*.

Figura 57. Huellas de pastoreo sobre una colonia de *Siderastrea sp.*

Figura 58. El pez *Stegastes sp.* **con su cultivo de algas filamentosas sobre el coral.**

junto con especies de gorgonáceos. Adicionalmente se encontraron unas cabezas grandes de *Diploria strigosa* por encima de los 5m, a diferencia de la Piedra Ahogada donde alcanzaban su máximo desarrollo por debajo de esta profundidad. En el área **28**, el límite norte del arrecife, se encontraba un pequeño parche coralino con más colonias muertas que vivas. De nuevo, nadando hacia el nor-occidente en el área **29**, se encontraron, entre un arenal, colonias de la especie *Solenastrea sp.* a 4 metros de profundidad acompañadas de ensamblajes de coral caracterizadas por especies de *Millepora complanata* con poliquetos sedentarios, *Diploria strigosa*, *Palythoa caribaeorum* y esponjas erectas e incrustantes. Estos "ensamblajes" eran típicos de Playa del Muerto entre los 2 a 4m de profundidad casi a lo largo de toda la playa (véase la figura 59). Volteando hacía el litoral, el sustrato arenoso cada vez presentaba más colonias de coral, algunas vivas de *Diploria strigosa* (7% de sustrato aprox.) pero más muertas. Empeoraba la situación a medida que disminuía la profundidad

Figura 59. Un ensamblaje típico de organismos en el arrecife de la zona de Playa del Muerto entre los 2 y 4m de profundidad.

hasta llegar al área **30** en donde se encontraba un paisaje con cantos, colonias de coral muertas y pasto de tortuga, *Thalassia testudinum*, separado de la playa por correas alternadas de arena y más pasto. Debe anotarse que, en este último recorrido todas las lanchas que en la Playa del Muerto "parquean", transitan por encima de esta porción de fondo marino. En la siguiente área parquean "oficialmente" las lanchas y se encontraron restos de coral rodeadas por arena (ver **31**). En el área **32** bordeando la playa donde se varan las lanchas se encontraban cantos con crecimiento coralino, principalmente *Diploria*. Por detrás del "parqueadero" se encontraba, en algún momento de la historia, un pequeño arrecife que afloraba con la marea baja (ver **33**). Ahora se encontró un pequeño cementerio de *Acropora* en la porción "protegida" y en la porción expuesta se encontraron unas colonias masivas de *Siderastrea radians* y *S. siderea* rodeados por esqueletos de otros corales masivos cubriendo aproximadamente 20% del sustrato. Algunas colonias de *Acropora palmata* y *Diploria strigosa* aún se encontraban vivas. Se observó una colonia de *Siderastrea siderea* siendo invadida por otra de *Palythoa caribaeorum* y otra padeciendo de manchas blancas (véase la figura 60). En el área **34** se encontraban, bordeando el litoral, cantos rodados cubriendo casi por completo el fondo. En el día de marea más baja esta área quedo expuesta por completo como se mencionó anteriormente. Hacia el norte, girando en la saliente rocosa de El Tronco, se encontraba una pradera de *Thalassia testudinum* (ver **35**) y, bordeándola al sur, unas colonias vivas de *Acropora palmata*. Aún más al sur de estas colonias se encontraron otras colonias de coral, más muertas que vivas. Los pescadores le atribuyen el deterioro de este complejo coralino a la pesca con dinamita y al paso de lanchas. Hacia el norte de la pradera se encontraban de nuevo colonias de mediano tamaño de *Siderastrea radians* y *Diploria strigosa* (ver **36**). Llegando hacía uno de los últimos parches (el último estudiado de esta zona de Playa del Muerto), se encontraron cabezas masivas de

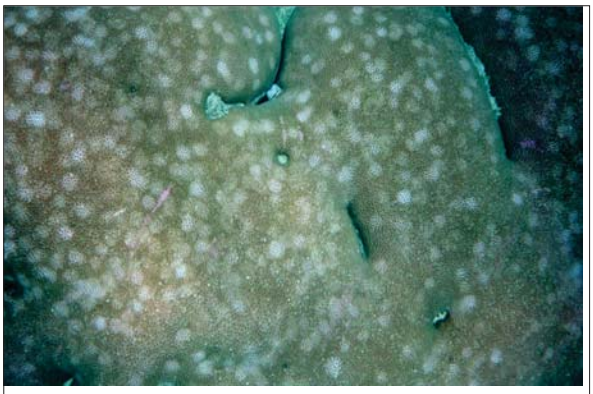


Figura 60. Manchas claras sobre una colonia de *Siderastrea sp.*

Siderastrea radians, *Diploria labyrinthiformis* y *Montastrea annularis* en la porción más expuesta y un cementerio de *Acropora* hacia el norte con unas colonias vivas en la porción más protegida (ver **37**).

5.1.2.3 Piedra Ahogada. Entre los 4 y 5m de profundidad, en el área **38**, se encontró un parche con los corales de las especies *Diploria strigosa*, *Siderastrea radians*, *Manicina areolata* y *Agaricia agaricetes* (véase la figura 61) entre otros juntos con gorgonáceos que ocuparon aproximadamente 30% del sustrato. Se encontró además una ictiofauna compuesta por las especies *Holocanthus tricolor* (Bloch), *Pomacanthus arcuatus* (véase la figura 62), *Abudefduf saxatilis* (Linné), *Chaetodon ocellatus* Bloch y *Lactophrys triqueter* (Linné) (véase la figura 63). Girando en contra de las manecillas del reloj, en la Piedra se encontró, más adelante (ver **39**), un gran parche compuesto por los corales *Diploria strigosa*, *D. labyrinthiformis*, *Siderastrea radians*, *Millepora complanata* y *M. alcicornis*, los dos primeros comprendiendo 80% del parche de coral vivo. Acompañando los corales en la comunidad fueron encontrados algunos ejemplares del grupo de las esponjas erectas, el zoanthideo *Palythoa caribaeorum*, el coralimorfario *Ricordea florida* (véase la

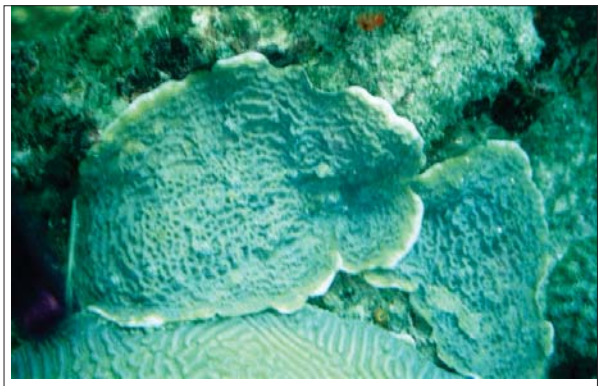


Figura 61. Una colonia de *Agaricia agaricetes*.

Figura 62. El pez *Pomacanthus arcuatus*.

Figura 63. El pez *Lactophrys triqueter*.

Figura 64. Una colonia del coralimorfario *Ricordea florida.*

Figura 65. El erizo *Lytechinus variegatus.*

figura 64) y el equinodermo *Lytechinus variegatus* (véase la figura.65). Más adelante se encontró un parche de *Siderastrea*, luego una porción de la Piedra expuesta con colonias dispersas de *Diploria strigosa* (aprox. 3% de sustrato) acompañadas del bivalvo *Lima scabra* (Born) (véase la figura 66) y el opistobranquio *Tridachia crispata* Mörch. En **40** se encontró un parche de roca y arena sobre el cual se encontraron colonizando esponjas erectas y el erizo *Diadema antillarum.* Adicionalmente se encontraron escombros de coral muerto entre los cuales solo se identifico *Diploria strigosa* aunque, en contraste, se encontró una especie rara para la Bahía, *Mycetophyllia ferox* (véase la figura 67). También se encontró un individuo de la especie *Solenastrea hyades* en la zona (véase la figura 68). Esta especie también es muy rara para la Bahía. En el área **41** se encontraron colonias masivas de *Siderastrea radians* y *S. siderea* con manchas claras y oscuras (véanse las figuras.69, 70 y 71). A diferencia de **38** y **39**, en este lado protegido de las corrientes

Figura 66. El pelecipodo *Lima scabra* **entre dos esponjas.**

Figura 67. Una colonia de *Mycetophyllia ferox.*

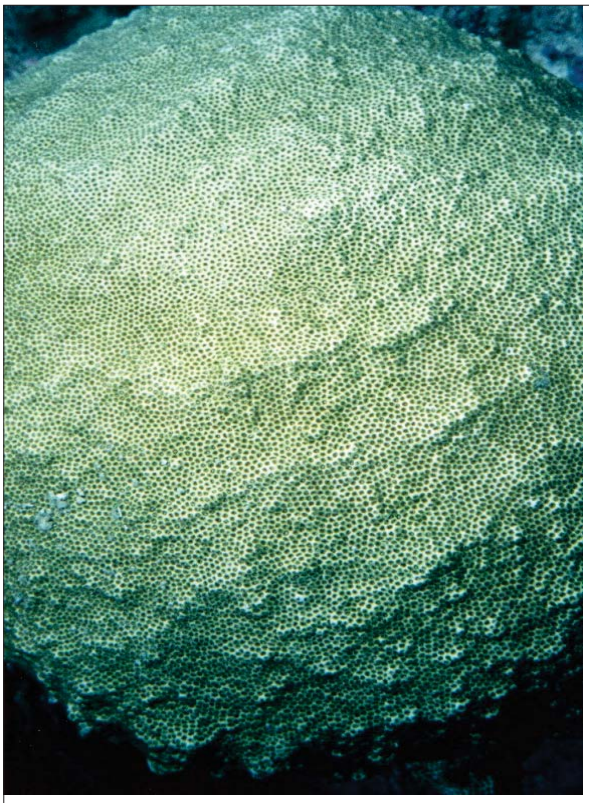


Figura 68. Una colonia de ***Solenastrea hyades*****.**

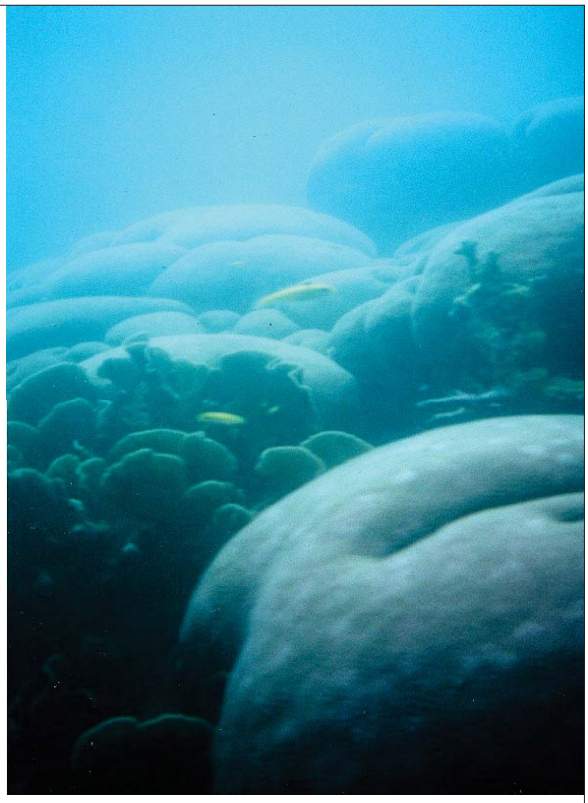
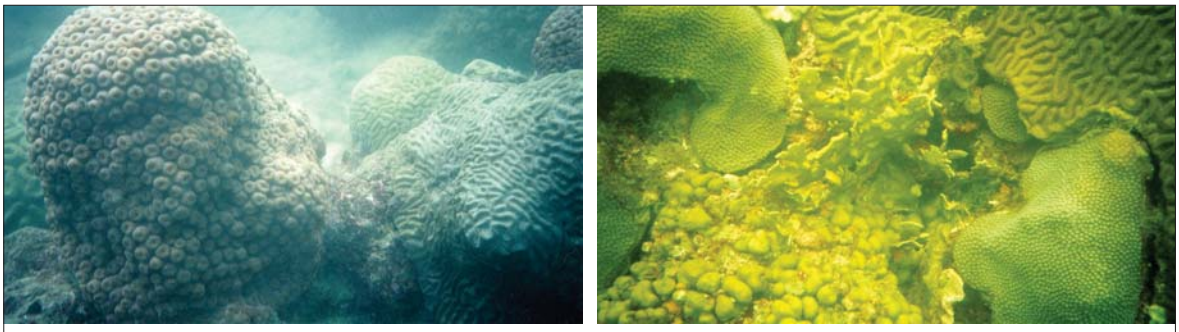


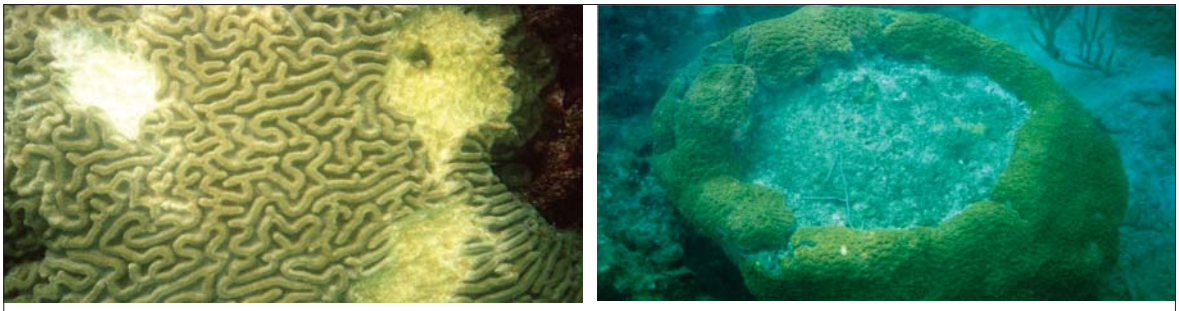
Figura 69. Colonias masivas de ***Siderastrea sp*****.**

Figuras 70 y 71. Manchas claras y oscuras en colonias masivas de ***Siderastrea sp*****.**



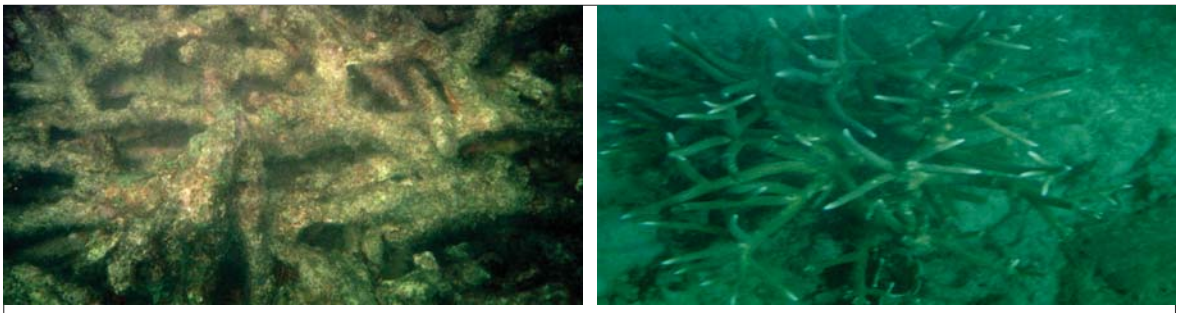
Figuras 72 y 73. Crecimiento aglomerado de un rico ensamblaje de especies de coral.

provenientes del norte se encontraban menos gorgonáceos grandes. En general, el crecimiento de las especies de coral de esta zona era bastante compacto, tendiendo a aglomerarse en el espacio como se observa en las figuras 72 y 73. En la zona de Piedra Ahogada también se observaron casos de impacto mecánico sobre las cabezas de coral, como se aprecia en las figuras 74 y 75. En la totalidad del recorrido de las tres zonas se encontraron treinta y siete especies de coral y más de cincuenta y cinco especies de peces.



Figuras 74 y 75. Impacto mecánico sobre cabezas de *Colpophyllia natans* **y** *Montastrea cavernosa*.

5.1.2.4 Recuperación de Acropora. El acontecimiento más alentador de todo el estudio fue la evidencia de la recuperación general de las especies *Acropora palmata* y *A. cervicornis* después de ser casi extirpados en la década de los ochenta en la Bahía amén de su notorio declive en otras localidades del Caribe (Díaz *et al.*, 1995 y Zea *et al.*, 1998). Matorrales de *A. cevicornis* crecían por casi toda la laguna arrecifal frente a la Playa Viva (véanse las figuras 76 y 77). Los cementerios de las dos especies de *Acropora* eran bastante extensos en la zona de



Figuras 76 y 77. A la izquierda se observa el denominado cascajo de *Acropora cervicornis* y a la derecha un matorral saludable de la misma especie.

Playa Viva y Playa del Muerto (véase la figura 78). Se alcanzaba a observar cómo la capa de tejido vivo se cerraba sobre el antes expuesto esqueleto (véanse las figuras 79 y 80). Incluso se observaba cómo los miembros de la comunidad coralina aprovechaban el regreso de *Acropora*, sembrando algas sobre ella y tomando refugio por entre las ramas vivas. Una característica general e importante de la ubicación de las colonias vivas de *Acropora* era que se encontraban en las porciones protegidas de las crestas, mientras que en las porciones expuestas al oleaje las colonias estaban, en su mayoría, muertas.

Figura 78. Un gran cementerio de *Acropora palmata*.

Figura 79. Crecimiento de tejido vivo cerrandose sobre el viejo esqueleto erosionado.

Figura 80. Una pequeña colonia de *Acropora palmata* emergiendo del cementerio que la rodea.

5.2 DESCRIPCION CUANTITATIVA

5.2.1 1998. Exploración de la zona de Playa del Muerto (véase la figura 81). La representatividad de las unidades muestreales de 8m² fue buena, como se puede apreciar en las figuras 82 y 83, dado que el comportamiento asintótico logrado por la mayoría de las curvas demuestra que un porcentaje significativo de especies de la comunidad coralina fueron representadas en las muestras. Sin embargo, las dos réplicas de la estación **MG** estaban sub-muestreadas. Como se explica posteriormente, esta estación presentó los valores más altos de los atributos medidos para el componente coral vivo.

5.2.1.1 Punto de vista espacial: Zona. Las estaciones **MA**, **MB**, **MC**, **MF** y **MI** en la zona de Playa del Muerto correspondían al denominado "arrecife coralino" de Garzón & Cano (1990). Las estaciones **MD**, **ME**, **MG** y **MH** correspondían a parches de cabezas coralinas (véase la figura 84).

En los meses de julio y septiembre de 1998 en las nueve estaciones mencionadas anteriormente, cada una con dos réplicas, situadas en la zona muestreal, se encontró con el método de los cuadrantes por transeptos con unidades muestreales de 8m² un 18.1% de coral vivo, un 20.1% de coral erosionado, un 18.6% de coral muerto, un 29.3% de arena, y el restante 14% conformado por rocas, cantos, esponjas y otros organismos como anémonas y gorgonáceos (véase la tabla 1). Las algas ocuparon un 57.1% del sustrato duro conformado por coral erosionado, coral muerto,

Figura 81. Vista de Playa del Muerto desde la Gaviota.

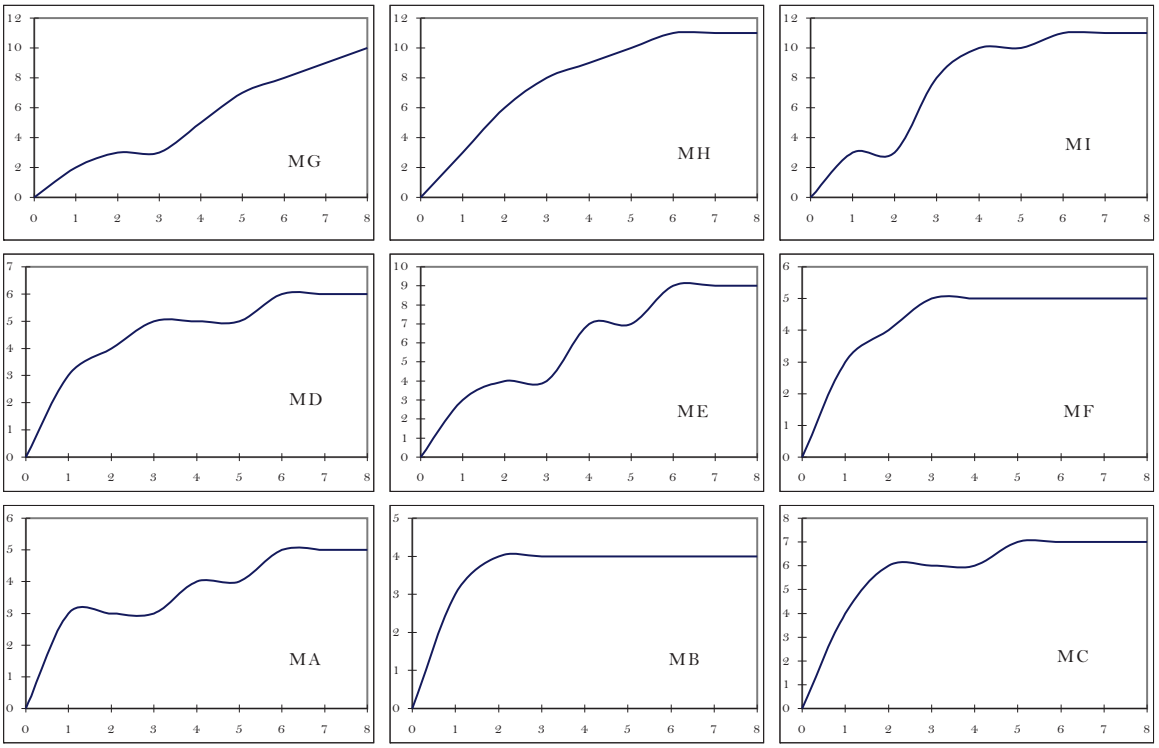


Figura 82. Número acumulativo de especies (eje y) contra esfuerzo en cuadrantes (eje x) por estaciones (primer muestreo del año 1998).

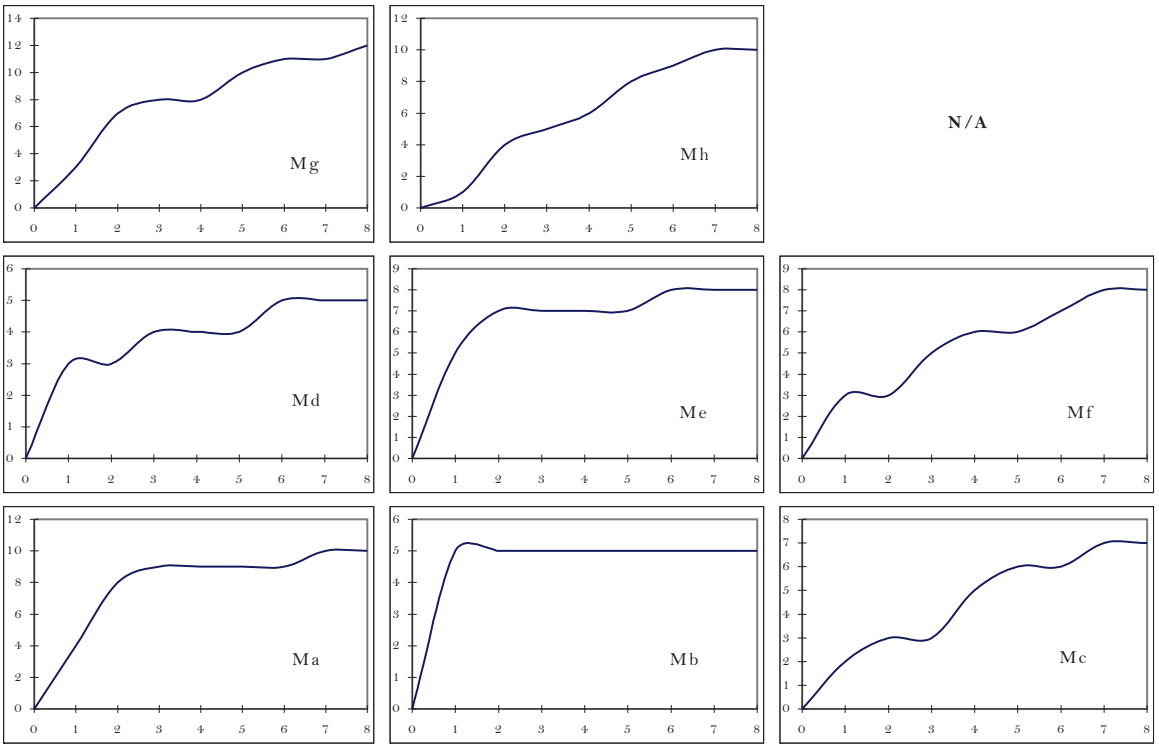


Figura 83. Número acumulativo de especies (eje y) contra esfuerzo en cuadrantes (eje x) por estaciones (segundo muestreo del año 1998).

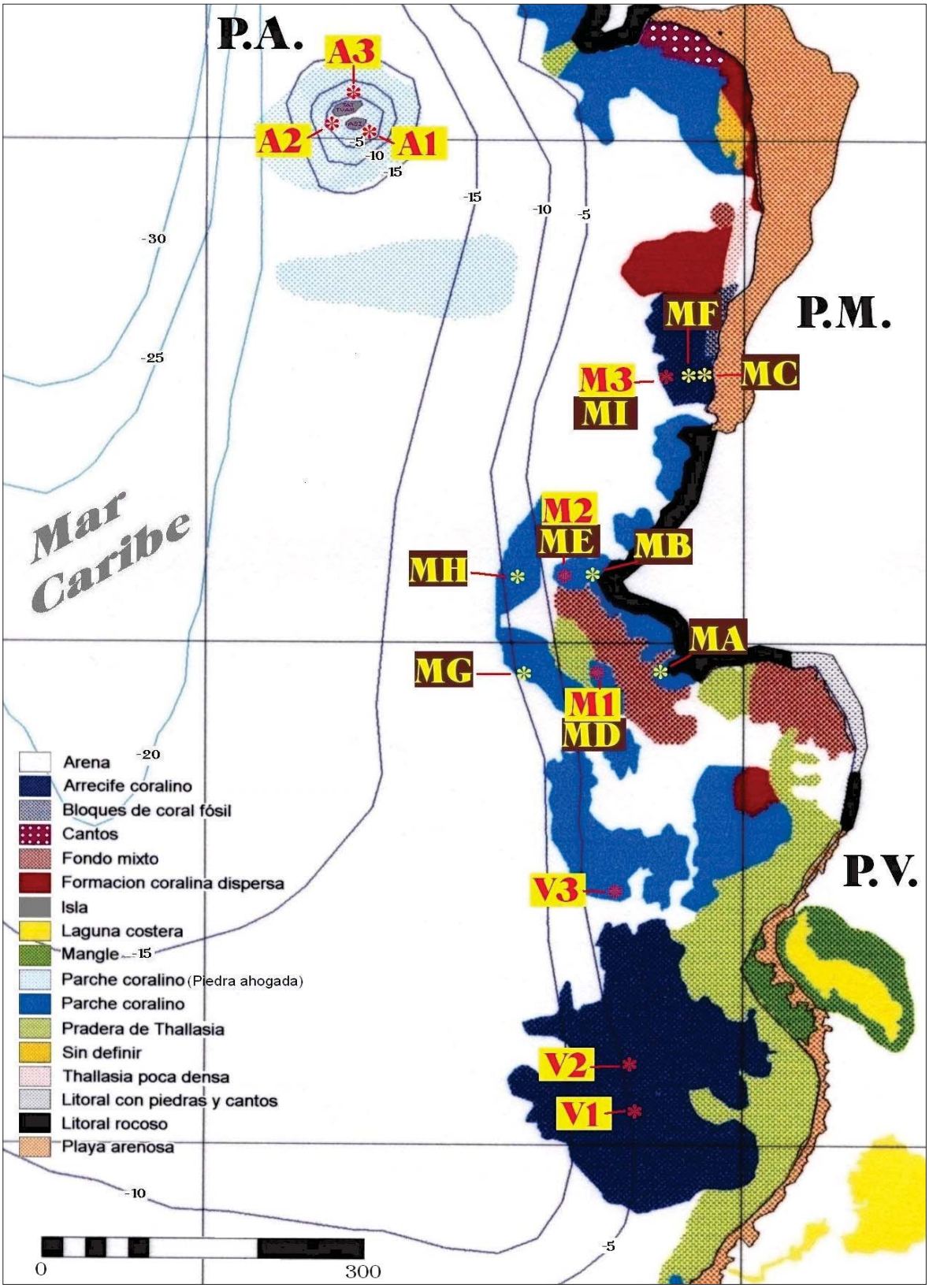


Figura 84. Ubicación espacial de las estaciones del año 1998 (letras con fondo café) y 1999 (letras con fondo amarillo). M1, M2 y M3 del año 1999 corresponden con las estaciones MD, ME y MI del año 1998 respectivamente.

rocas y cantos. Las algas cespitosas dominaron entre las demás algas con un 21.7% de los 27.4 totales de la zona. Como es de esperarse, la abundancia algal disminuyó en el espacio con la disminución de sustrato duro disponible. Las rocas y los cantos (cobertura < 9.8%) principalmente se encontraban en las estaciones someras más alejadas de la playa y en menor proporción se encontraban sobre las estaciones más profundas del mismo sector. La arena dominaba también en las estaciones retiradas de la costa y por fuera (dirección sur-occidental) del arrecife coralino, es decir, las estaciones **MD**, **ME**, **MG** y **MH** alcanzando coberturas hasta del 78% en una réplica de la estación **ME**.

Tabla 1. Cobertura de los principales componentes bentónicos (Playa del Muerto, 1998). *Cubren el sustrato duro, por lo tanto no se toman en cuenta en el total.

Componente	%	Grado
Sustrato Duro	48.0	1
Coral Erosionado	20.1	
Coral Muerto	18.6	
Roca	5.5	
Canto	3.6	
Sustrato Blando (Arena)	29.3	2
*Algas	27.4	3
Cespitosas	21.7	
Calcáreas	0.9	
Incrustantes	0.8	
Carnosas	0.6	
Coral Vivo	18.1	4
Otros	3.6	5
Esponjas Erectas	0.8	6
*Esponjas Incrustantes	0.7	7

5.2.1.1.1 Coral vivo. En total se encontraron veinte especies de coral hermatípico pertenecientes a once géneros, nueve familias, y dos clases según la clasificación zoológica utilizada por Sánchez & Ramírez (1994) (véase la tabla 2) cubriendo, como se describió arriba, 18.1% de bentos muestreado. Según el índice de Hill (N1), 8.5 especies eran abundantes y 6.8 eran muy abundantes. Las muy abundantes eran el hidrozoario *Millepora complanata* siendo el más profuso con una cobertura del 26.2% (frecuencia = 100%) relativa al componente coralino vivo, seguido por los madreporarios *Diploria strigosa* con un 19.9% (frecuencia = 88%), *Acropora palmata* con 10.1% (frecuencia = 19%), *Siderastrea radians* con 9.6% (frecuencia = 53%), *Colpophyllia natans* con 7.3% (frecuencia = 58%), *Siderastrea siderea* con 5.8% (frecuencia = 83%) y *Diploria labyrinthiformis* con 5.3% (frecuencia = 65%) (véase la tabla 2). Las otras trece especies de coral presentaron un 5% ó menos de cobertura relativa al total vivo en la zona. Aunque su cobertura no fue dominante, *Porites astreoides* tenía una frecuencia

importante del 72%. Las especies más raras encontradas en la zona de Playa del Muerto fueron *Dichocoenia stokesii* con un 0.1% de cobertura relativa al componente coralino vivo y una frecuencia del 12%, *Manicina areolata* con un 0.4% de cobertura y una frecuencia del 12% y *Agaricia agaricetes* con 0.4% y una frecuencia del 17%. En general existe un patrón de mayor diversidad con la profundidad como se expondrá más adelante en el punto de vista de estaciones.

5.2.1.1.2 Coral enfermo y muerto. Las categorías "coral erosionado" y "coral muerto" en conjunto presentaron una cobertura del 38.7% del total de la zona. Esta cobertura variaba entre réplicas, encontrando valores hasta del 91% en la segunda réplica de la estación **MF** y tan solo del 4% en la primera réplica de la estación **MB**.

A. cervicornis y *A. palmata* representaron las coberturas de coral muerto más notorias entre las especies de la zona, ya que el 95.9 y el 88.7% respectivamente de sus coberturas estaba

Tabla 2. Estadisticas de las especies del componente coralino vivo para la zona Playa del Muerto, 1998. Los porcentajes de cobertura de coral vivo son relativos al total del coral vivo. También se encontró la especie *Favia fragum* aunque no dentro del muestreo cuantitativo.

ESPECIES	% CORAL VIVO (C.V.)	RANGO % C.V.	FRECUENCIA C.V. (%)	% CORAL ENFERMO	% CORAL MUERTO
Millepora complanata	26.2	11.2 – 62.1	100	0.6	10.5
M. alcicornis	1.6	0.0 – 9.7	52	0.0	1.4
Diploria clivosa	1.8	0.0 – 14.9	31	5.1	0.0
D. strigosa	19.9	0.0 – 59.5	88	1.2	15.6
D. labyrinthiformis	5.3	0.0 – 23.4	65	1.1	0.6
Siderastrea siderea	5.8	0.0 – 40.2	83	17.4	11.4
S. radians	9.6	0.0 – 58.1	53	0.0	31.4
Montastrea annularis	3.3	0.0 – 13.2	33	0.0	13.7
M. cavernosa	2.5	0.0 – 17.7	35	5.8	16.8
M. faveolata	1.3	0.0 – 12.6	6	0.0	0.0
Agaricia agaricetes	0.4	0.0 – 4.4	17	0.0	0.0
Acropora palmata	10.1	0.0 – 65.1	19	0.0	88.7
A. cervicornis	1.3	0.0 – 11.4	13	0.0	95.9
Manicina areolata	0.4	0.0 – 4.5	12	21.4	0.0
Colpophyllia natans	7.3	0.0 – 66.7	58	0.0	7.0
Dichocoenia stokesii	0.1	0.0 – 1.6	12	40.0	33.3
Porites astreoides	2.0	0.0 – 7.1	72	2.4	1.7
Solenastrea sp.	0.9	0.0 – 11.4	12	0.0	0.0
Meandrina meandrites	0.3	0.0 – 5.9	6	0.0	0.0

muerta (véase la tabla 2). En especial en la estación **MC** y **MF** *A. palmata* presentó una cobertura muerta del 47% y 44% con respecto a los demás componentes bentónicos de la estación. En esas dos estaciones fue, además, el componente bentónico (paisajístico) más dominante. Debido a que el método de muestreo con cuadrantes tiene poca sensibilidad para determinar coberturas de especies masivas y ramificadas como *Acropora*, estos porcentajes pueden considerarse sub-estimaciones.

Se observó la colonización de una variedad de especies de coral con tamaños pequeños sobre el esqueleto muerto de *Acropora* y otras especies. Este acontecimiento puede estar indicando que la mortalidad coralina ha disminuido y la cobertura coralina está comenzando a recuperarse ó adaptarse. Sin embargo, las especies de la nueva colonización no necesariamente son iguales que las del coral muerto sobre el cual crecen.

En general, las coberturas de coral enfermo halladas fueron bajas, fluctuando entre el 0.3 y 5.5% con respecto a los principales componentes bentónicos de las estaciones, siendo la más alta en la segunda estación más profunda, es decir, la estación **MH**. Sin embargo, el coral enfermo en relación con la cobertura total de cada especie sí mostró porcentajes considerables, como un 40% de *Dichocoenia stokesii*, un 21.4% de *Manicina areolata* y un 17.4% de *Siderastrea siderea*. El registro del blanqueamiento parcial de las colonias masivas (sobre *Siderastrea* y *Montastrea*) constituyó la afección mas frecuente encontrada.

Tomando como el 100% el total de coral que ha crecido sobre el fondo y que permanece expuesto, un 67.59% estaba erosionado y muerto en 1998. Si se computan las coberturas de coral vivo, esqueleto erosionado, esqueleto no-erosionado y cascajo se llega a estimar que si todo el coral estuviera vivo ocuparía un 57.3% del fondo marino en la zona de Playa del Muerto.

5.2.1.1.3 Ubicación espacial de las especies de coral y tipos de algas. La ubicación espacial de una especie de coral depende de su presencia en las unidades muestreales realizadas. Por lo tanto, esta propiedad se relaciona con la frecuencia de las mismas. Es decir, especies muy frecuentes estarán dispuestas sobre toda la zona y especies poco frecuentes se limitarán a unas cuantas localidades. La diferencia entre los dos atributos está en que la frecuencia no demuestra hacia qué localidades en específico puede preferir alguna especie dada. Por ejemplo, representando la ubicación espacial de la especie más frecuente, *Millepora complanata*, se encontraba que ella estaba ubicada sobre la totalidad de la zona (véase la figura 85). *Diploria strigosa*, *Diploria labyrinthiformis*, *Siderastrea siderea* y *Porites astreoides* también se encontraban repartidas en todas las estaciones. *Montastrea annularis* se encontraba en las estaciones más cercanas a la playa y en todas las profundidades. *Montastrea cavernosa* parece haber preferido las estaciones más alejadas del litoral, es decir, con mayor profundidad. Las especies poco frecuentes se encontraban distribuidas heterogéneamente en el espacio aunque no en las estaciones frente a la Playa del Muerto. *Manicina areolata* y *Montastrea faveolata*,

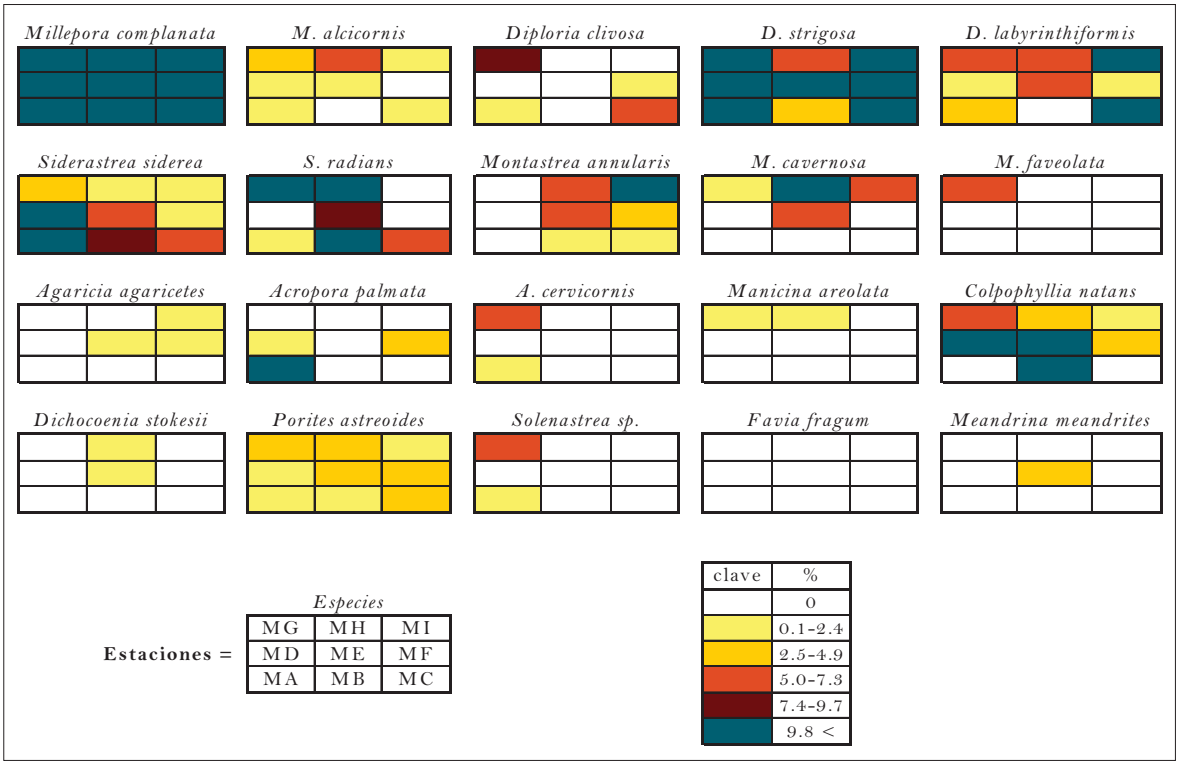


Figura 85. Ubicación y cobertura por estaciones de las especies de coral relativo al total de coral vivo en Playa del Muerto, 1998.

poco frecuentes, se encontraban solamente en las estaciones más profundas y más alejadas de la playa. *Acropora cervicornis* y *Solenastrea sp.* se encontraban en las estaciones **MA** y **MG**, es decir, en la estación somera y más lejana de la playa y en la más profunda de las estaciones. Las especies poco frecuentes representaban casi el 50% de las especies encontradas y apenas el 25% eran frecuentes ó muy frecuentes. Esto indica que no todas las especies se arreglaban homogéneamente en la zona sino que existían preferencias en cuanto a hábitat.

Las algas cespitosas eran las más frecuentes, ya que se ubicaban en todas las estaciones (véase la figura 86). Prácticamente dominaban todas las estaciones menos la **ME**, donde se encontraba una mayor presencia de algas carnosas.

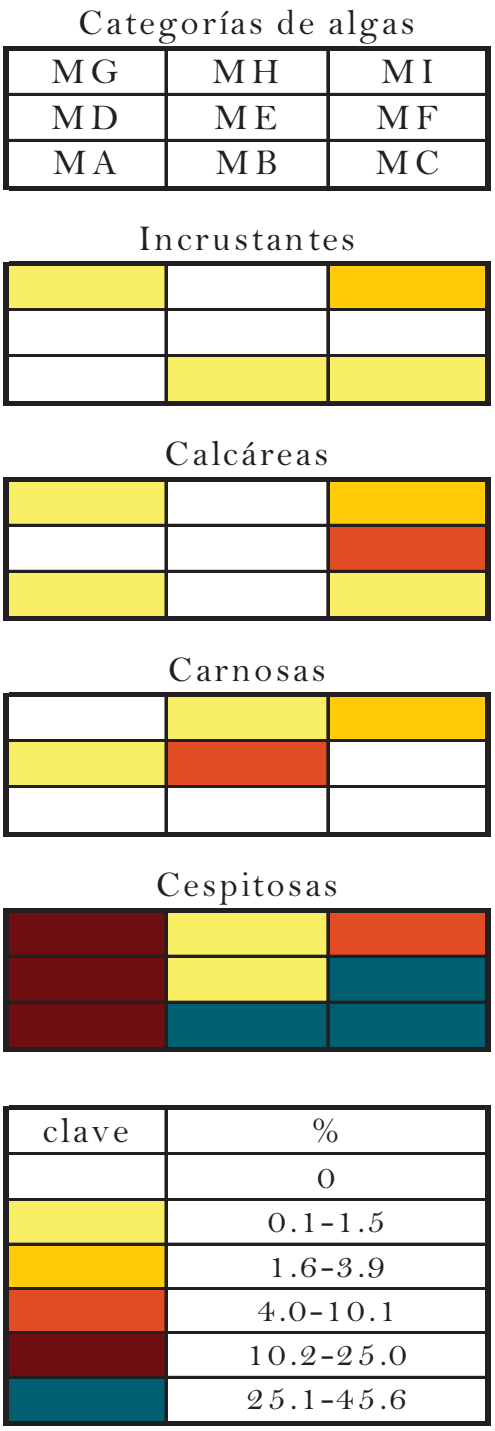


Figura 86. Ubicación espacial y cobertura por estaciones de los tipos de algas relativo a la zona de Playa del Muerto, 1998.

5.2.1.2 Punto de vista espacial: Estaciones. La clasificación jerarquizada (análisis *cluster* ó "agrupación") de los coeficientes de Bray-Curtis que se realizó para las réplicas de cada estación mostró una estructura coralina bastante heterogénea en la zona muestreal ya que el dendrograma presentaba una escalonada gradual (véase la figura 87). Esta forma demuestra un paulatino cambio en composición y estructura de las estaciones (O. Solano, com. pers., I.N.V.E.M.A.R., Santa Marta). Al tratar de unir este análisis con los índices de diversidad de Hill (N0 y N1) en una misma gráfica, tampoco se pudo hallar un patrón entre las similitudes de las estaciones y sus diversidades. Este tratamiento parte del supuesto que entre más similares son dos unidades muestreales también deben compartir índices de diversidad parecidos, ya que los dos índices (diversidad y similaridad) dependen de los mismos datos de composición y estructura.

El patrón más notorio de la zona fue el de relacionar las diversidades de las estaciones con su profundidad como se observa en la figura 88. El coeficiente de correlación por grados (*ranks*) de Spearman (r_s) era de 0.586. Al realizar la prueba de hipótesis de una sola vía se logró establecer que existía suficiente evidencia presentada en la muestra para concluir que a mayor profundidad mayor era la diversidad en las estaciones y rechazar la hipótesis nula (H0= la profundidad no tenía relación alguna con la diversidad) a un nivel de significancia del 0.01. El valor crítico de Spearman era de 0.582. A continuación se describirán las estaciones de acuerdo con las profundidades.

5.2.1.2.1 Estaciones MA, MB y MC. Estando las estaciones más someras ubicadas por encima de los 2m de profundidad, presentaron un promedio de índice de diversidad de Hill (N1) de 3.61 (rango = 2.63 - 5.21). La estación **MC** fue las más diversa de las tres con números de Hill (N1) de 3.97 y 5.21 para las 2 réplicas (véase la tabla 3). Se recuerda que esta estación se encontraba en la cresta arrecifal de Playa del Muerto, donde la totalidad de la cobertura de la especie *Acropora palmata* estaba muerta. Específicamente, con un 60.5% de cobertura de coral

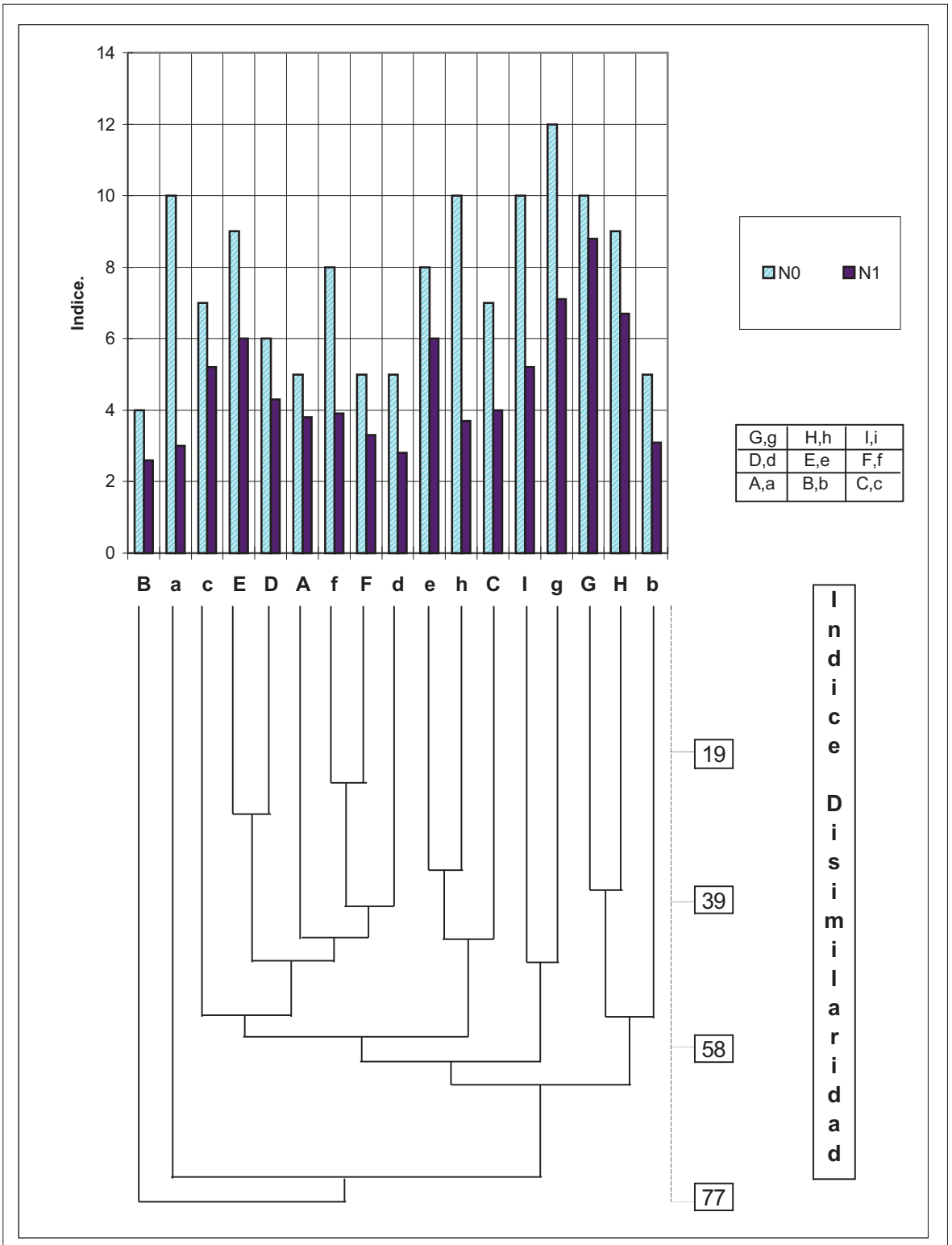


Figura 87. Similaridad, riqueza y diversidad entre estaciones y sus réplicas con base en el coral vivo, Playa del Muerto 1998. Dendrograma de agrupación jerárquico utilizando U.P.G.M.A. de disimilaridad de Bray-Curtis calculado sin transformaciones. N0 = Riqueza de Hill; N1 = Diversidad de Hill. Con un cuadro esquemático de la ubicación de las nueve estaciones y sus réplicas. Coeficiente cofenético = 0.8178.

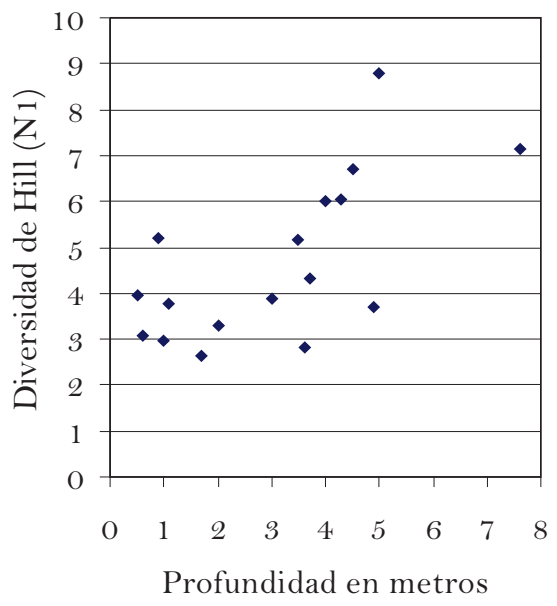


Figura 88. Correlación entre la profundidad de las estaciones y sus diversidades (Playa del Muerto, 1998). Coeficiente de correlación Spearman (r_s)= 0.586.

muerto relativo a los demás componentes bentónicos, ella constituía el elemento paisajístico dominante del área donde sobre el material esquelético crecían nueve especies aprovechando el ambiente disponible, estas eran: *Millepora complanata*, *Millepora alcicornis*, *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *D. Labyrinthiformis*, *Siderastrea siderea*, *S. radians*, *Montastrea annularis* y *Porites astreoides*. La cobertura de coral vivo, por lo tanto, era muy baja, con un 8% en la segunda réplica, numéricamente contribuyendo a una alta uniformidad (E5 = 0.89) entre las especies y consecuentemente a los más altos índices de diversidad a esta profundidad como se mencionó arriba. Las estaciones **MA** y **MB** bordeaban la saliente rocosa Majaguita, la que contribuía a que los elementos dominantes del paisaje fueran rocas y cantos rodados expuestos en el bentos. Con excepción de la réplica **Ma**, en estas estaciones se encontraban menos de cinco especies de coral. La réplica **Ma** estaba ubicada en uno de los pocos parches de *Acropora palmata* vivos de la zona. Esta especie alcanzó una cobertura del 29.3 % relativo a los principales componentes bentónicos y un 65.1% de cobertura relativa al componente coral vivo. Como consecuencia de esta dominancia, tenía la diversidad más baja de las réplicas someras, con un número de Hill (N1) de 2.98. Sin embargo, la condición también contribuyó a que colonizaran diez especies de coral en los alrededores y por dentro de su estructura. En general, a esta profundidad también dominaron las especies *Millepora complanata* y *Siderastrea radians*.

5.2.1.2.2 Estaciones MD, ME, MF y MI. Ubicadas entre los 2.0 y los 4.3m, presentaban diversidades muy variadas (N1 = 2.83 - 6.03), con un promedio de 4.50. La réplica más

profunda de este conjunto (**Me**), a unos 4.3m, fue la más diversa, con un índice (N1) de 6.03. La otra réplica de la misma estación (**ME**), a unos 4.0m de profundidad, también presentó un índice de diversidad de Hill (N1) alto, de 6.02. Esta estación quedaba por fuera y al sur del arrecife a unos 41m del litoral rocoso Majaguita (véase la figura 84). El componente bentónico dominante en esta estación era la arena y el coral erosionado seguidos por el coral vivo con una cobertura intermedia del 13.8%. El paisaje de esta estación se pareció al de la estación **MD**, lo que se confirma con el análisis de clasificación de Bray-Curtis (véase figura 87). Como especies dominantes tenían en común a *Diploria strigosa* y *Colpophyllia natans*. Las estaciones **MF** y **MI** se encontraban sobre el arrecife de Playa del Muerto a los 69 y 89m del litoral respectivamente. La estación **MI** se ubicaba en el pequeño talud arrecifal, en donde habitaban diez especies de coral, cinco de ellas abundantes de acuerdo al índice de Hill (N1). Estas especies eran, en orden de dominancia, *Diploria strigosa*, *Millepora complanata*, *Diploria labyrinthiformis*, *Montastrea annularis* y *M. cavernosa*. El coral vivo dominaba el paisaje en esta porción del arrecife aunque también presentó un 27.3% de coral muerto de *Acropora cervicornis* y un 17.4% de coral erosionado (relatividad con respecto a los componentes principales). Las réplicas de la estación **MF** fueron las más similares entre sí, como se puede apreciar en la figura 87. La gran mayoría de la cobertura del bentos era coral muerto de las especies *Acropora palmata* y *A. cervicornis*. Esta estación aún se encontraba dentro del arrecife costero. Como consecuencia, al igual que la estación más somera del arrecife (**MC**), tenía una cobertura coralina viva muy pequeña, del 8.3% en promedio.

Tabla 3. Profundidad y diversidad en las diferentes estaciones con sus réplicas en la zona Playa del Muerto, 1998.

Estaciones y réplicas	Profundidad (m)	Indice de Hill (N1)
MC	0.5	3.97
Mb	0.6	3.09
Mc	0.9	5.21
Ma	1.0	2.98
MA	1.1	3.76
MB	1.7	2.63
MF	2.0	3.28
Mf	3.0	3.89
MI	3.5	5.17
Md	3.6	2.83
MD	3.7	4.32
ME	4.0	6.02
Me	4.3	6.03
MH	4.5	6.72
Mh	4.9	3.70
MG	5.0	8.78
Mg	7.6	7.13

5.2.1.2.3 Estaciones MG y MH. La

estación más diversa en la zona fue la más alejada de la playa y la más profunda, es decir, la estación **MG**. Estaba compuesta, según el promedio de los índices de Hill (N0), por once especies efectivas, de las cuales ocho eran abundantes de acuerdo al índice de Hill (N1), haciendo que la uniformidad fuera alta como lo demuestra los números modificados de Hill (E5) de 0.844. La especie dominante fue *Diploria strigosa*. Se encontró un parche importante de *Acropora cervicornis* vivo en esta estación, con un 11.4% de cobertura relativa al componente coralino vivo. Las dos réplicas de esta estación se encontraban entre los 5.0 y los 7.6m de profundidad, a unos 89m del litoral. La estación **MH** también presentó una diversidad importante a los 4.5 y 4.86m de profundidad, aunque en menor relación con **MG**.

5.2.2 1999. Exploración en el dominio entre los 3.5 y 4.5m de profundidad. La representatividad de las unidades muestreales de 8m² probó ser insuficiente dado a que nuevas especies se encontraban en casi cada nuevo metro en 6 de las 9 unidades muestreales (véase la figura 89). Por lo tanto la representatividad de la información acerca de las especies que potencialmente pueden habitar la comunidad es parcial entre los 3.5 y 4.5m de profundidad.

5.2.2.1 Punto de vista espacial: Dominio. En el mes de diciembre de 1999 entre los 3.5 y 4.5m de profundidad en el dominio de estudio (es decir, Playa Viva, Playa del Muerto y la Piedra Ahogada) se encontró un 26.8% de cobertura de coral vivo escleractinio y milleporino sobre el sustrato, un 37.06% y 17.84% de coral erosionado y cascajo respectivamente, un 15.39% de arena, y el restante 3.26% conformado por coral muerto, el coral blando *Palythoa caribaeorum*, esponjas erectas, anémonas y gorgonáceos (véase la figura 90). Las algas cespitosas y las algas de la Familia Melobesioidae ocuparon un 13.03% y 5.24% respectivamente del sustrato duro conformado por coral erosionado, cascajo y coral muerto.

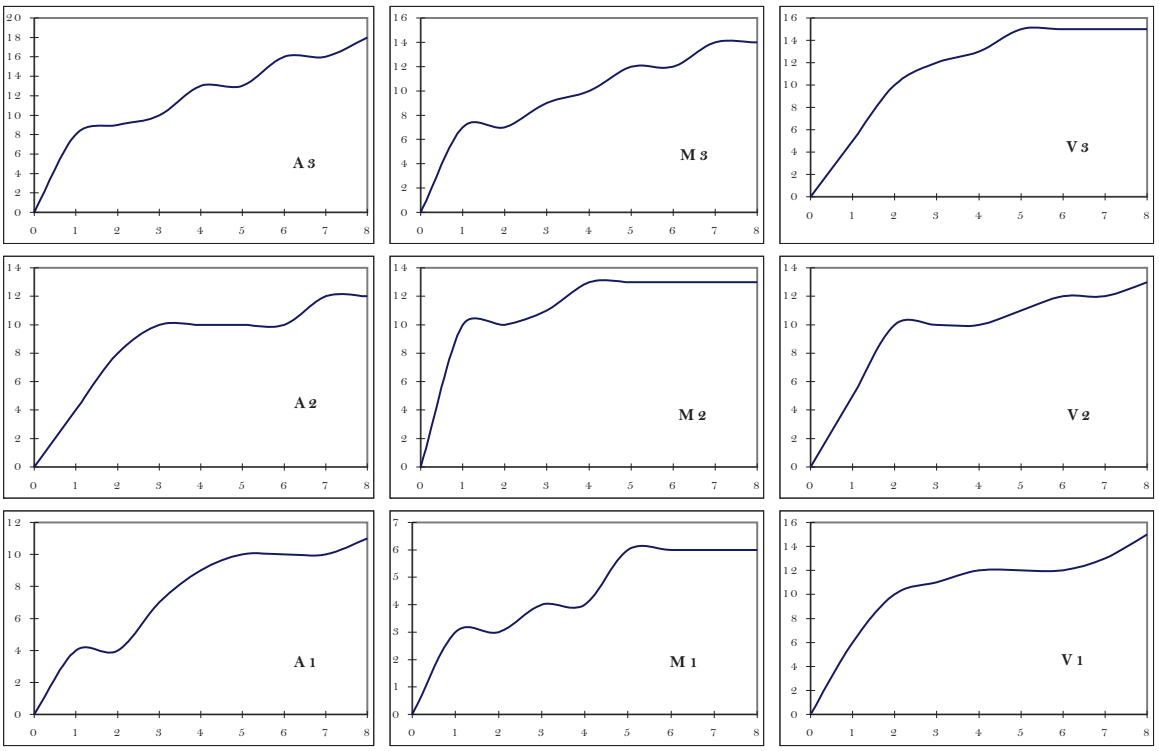


Figura 89. Número acumulativo de especies (eje y) contra esfuerzo en cuadrantes (eje x) por estaciones (muestreo del año 1999).

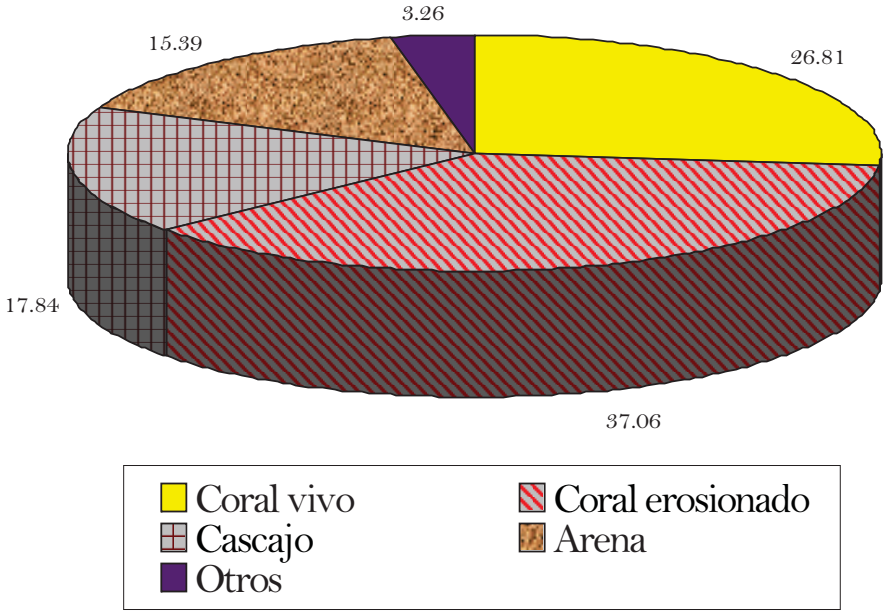


Figura 90. Cobertura de los principales componentes bentónicos relativo (%) al dominio de estudio (1999).

5.2.2.1.1 Coral vivo. Se encontraron 24 especies de corales hermatípicos en el muestreo cuantitativo, dos de ellas hidrocorales del genero *Millepora*, Clase Hydrozoa, y el resto pertenecientes a la Clase Anthozoa, Orden Scleractinia, cubriendo, como se describió arriba, un total de 18.7m² de 70m² (26.8%; rango = 13 - 42.8%) de bentos muestreado para más de 650 colonias (~ 9 colonias / m²; rango = 0 - 29) sin contar las colonias de *Millepora* por ser difícil la definición de sus límites en la mayoría de los casos. De los 18.7m² del componente coral vivo, cuatro especies cubrieron la mayoría del sustrato. El hidrocoral *Millepora complanata* ocupó un 28.8% (rango = 8.4 - 50.5%; frecuencia = 100%) seguida por los madreporarios *Siderastrea siderea* con 22.8% (rango = 0.0 - 57.0%; frecuencia = 88.9%; colonias = 86), *Diploria strigosa* con 11.6% (rango = 1.8 - 47.2%; frecuencia = 100%; colonias = 102) y *Colpophyllia natans* con 8.9% (rango = 0.0 - 46.2; frecuencia = 44.4%; colonias = 27). Nueve especies tenían una cobertura intermedia entre 1.1 y 5.1%, de los cuales se destacan *Porites astreoides* y *Agaricia humilis* que, por ser especies característicamente pequeñas, tenían solo 5.1 y 2.0% de cobertura respectivamente pero frecuencias del 100 y 66.7% junto con 160 y 74 colonias respectivamente lo que les daba un importancia y dominancia en el sistema coralino. Once especies tenían coberturas por debajo del 1% con respecto al resto de la comunidad coralina, de las cuales las más raras a esta profundidad fueron *Dichocoenia stokesii* con 0.01% (dos colonias), *Acropora palmata* con 0.3% (una colonia), *Acropora cervicornis* con 0.3% (dos colonias) y *Madracis decactis* con 0.4% (tres colonias) (véase la tabla 4).

5.2.2.1.2 Coral erosionado, muerto y enfermo. Como se puede apreciar en la figura 90, 37.06% del sustrato estaba cubierto por coral erosionado. Es decir, por esqueletos de coral que han sufrido un largo proceso de erosión, lo que no permite su identificación visual. En contraste, menos del 3.26% del sustrato estaba cubierto por coral muerto y coral enfermo, el anterior sufriendo poca erosión lo que permitió la identificación de la especie respectiva. De las 24 especies de coral encontradas en el muestreo cuantitativo, 15 presentaron casos de cobertura muerta, siendo más notorio en *Montastrea annularis* y *M. cavernosa* y 10 de las 24

Tabla 4. Estadísticas de las especies del componente coralino vivo para el dominio de estudio entre los 3.5 y 4.5m de profundidad, 1999. Los porcentajes de cobertura de coral vivo son relativos al total del coral vivo.

ESPECIES	% CORAL VIVO (C.V.)	RANGO % C.V.	FRECUENCIA C.V. (%)	NUMERO COLONIAS	% CORAL ENFERMO	% CORAL MUERTO
Millepora complanata	28.8	8.4 – 50.5	100.0	N/A	0.0	0.2
M. alcicornis	1.3	0.0 – 11.8	77.8	N/A	0.0	0.0
Diploria clivosa	1.5	0.0 – 4.9	77.8	16	0.0	3.6
D. strigosa	11.6	1.8 – 47.2	100.0	102	1.0	3.8
D. labyrinthiformis	2.4	0.6 – 5.8	100.0	19	2.2	2.2
Siderastrea siderea	22.8	0.0 – 57.0	88.9	86	4.2	1.9
S. radians	0.4	0.0 – 1.9	44.4	12	25.0	0.0
Montastrea annularis	4.1	0.0 – 15.5	55.6	16	24.8	9.6
M. cavernosa	4.9	0.0 – 28.8	77.8	42	0.0	11.6
M. faveolata	1.4	0.0 – 9.6	11.1	6	10.7	15.2
Agaricia humilis	2.0	0.0 – 7.4	66.7	74	5.3	2.6
A. tenuifolia	0.3	0.0 – 1.3	33.3	6	0.0	0.0
A. spp.	0.3	0.0 – 1.3	44.4	7	0.0	0.0
Acropora palmata	0.3	0.0 – 2.8	11.1	1	0.0	0.0
A. cervicornis	0.3	0.0 – 5.9	11.1	2	0.0	40.0
Manicina areolata	0.4	0.0 – 4.9	33.3	10	0.0	12.5
Colpophyllia natans	8.9	0.0 – 46.2	44.4	27	0.7	4.4
Dichocoenia stokesii	0.01	0.0 – 0.3	11.1	2	0.0	0.0
Porites astreoides	5.1	1.2 – 14.8	100.0	160	1.9	5.3
Favia fragum	0.6	0.0 – 2.2	33.3	29	6.3	0.0
Meandrina meandrites	1.1	0.0 – 4.4	55.6	12	0.0	14.3
Leptoseris cucullata	0.4	0.0 – 1.5	44.4	9	0.0	0.0
Stephanocoenia intercepta	0.4	0.0 – 1.9	55.6	7	0.0	0.0
Madracis decactis	0.4	0.0 – 5.9	22.2	3	0.0	12.5

presentaron alguna enfermedad como la banda negra o blanqueamiento, los peores casos ocurriendo en las especies *M. annularis* y *Siderastrea siderea.*

Tomando como el 100% el total del coral que ha crecido sobre el fondo y que permanece expuesto, un 66.84% estaba recién muerto y erosionado en 1999. Si se computan las coberturas de coral vivo, esqueleto erosionado, esqueleto no-erosionado y cascajo se llega a estimar que si todo el coral estuviera vivo ocuparía un 83% del fondo marino a los 3.5 y 4.5m de profundidad en el dominio muestreal. Sin embargo, este valor puede ser una sobre-estimación, ya que como se explicará adelante el coral erosionado en la Piedra Ahogada puede ser material de carbonato de calcio no proveniente de coral (ver 5.2.2.3.3.3). Si estas formaciones de carbonato de calcio no se toman en cuenta, al menos un 64.31% del fondo marino estuviera cubierto de coral a esta profundidad.

5.2.2.2 Punto de vista espacial: Zonas. El sustrato duro conformado por el coral erosionado, coral muerto y el cascajo era el componente bentónico que ocupó mayor área en las tres zonas, con valores de 59.4% (rango = 38.5 - 81.5%), 44.3% (rango = 24.8 - 63.5%) y 64.3% (rango = 55.13 - 79.5%) respectivamente. Sin embargo, cada zona presentó peculiaridades en la distribución de estos tres componentes. Por ejemplo, en Playa Viva el cascajo dominó (40%; rango = 13.5 - 57.3%), mientras que el coral erosionado dominó en la zona de Playa del Muerto (35%; rango = 19.5 - 50.1%) y la Piedra Ahogada (56%; rango = 35.6 - 79.0%) (véase la figura 91). El coral muerto contribuyó poco al sustrato duro pero cumplió un papel semejante a los otros dos componentes en su importancia ecológica, por lo cual se incluye en este conjunto. El componente coral vivo ocupó un grado de dos en Playa Viva y Piedra Ahogada, con coberturas de 27.4 (rango = 17.0 - 32.5%) y 35.0% (rango = 19.4 - 42.8%) respectivamente y un grado de tres en Playa del Muerto con un 20.8% (rango = 13.0 - 25.5%) de cobertura coralina viva. En grado de importancia siguió la arena en Playa Viva y Playa del Muerto. En la Piedra Ahogada no se detectó arena a la profundidad estudiada. Los demás componentes bentónicos cómo las esponjas erectas, las anémonas, el zoanthideo

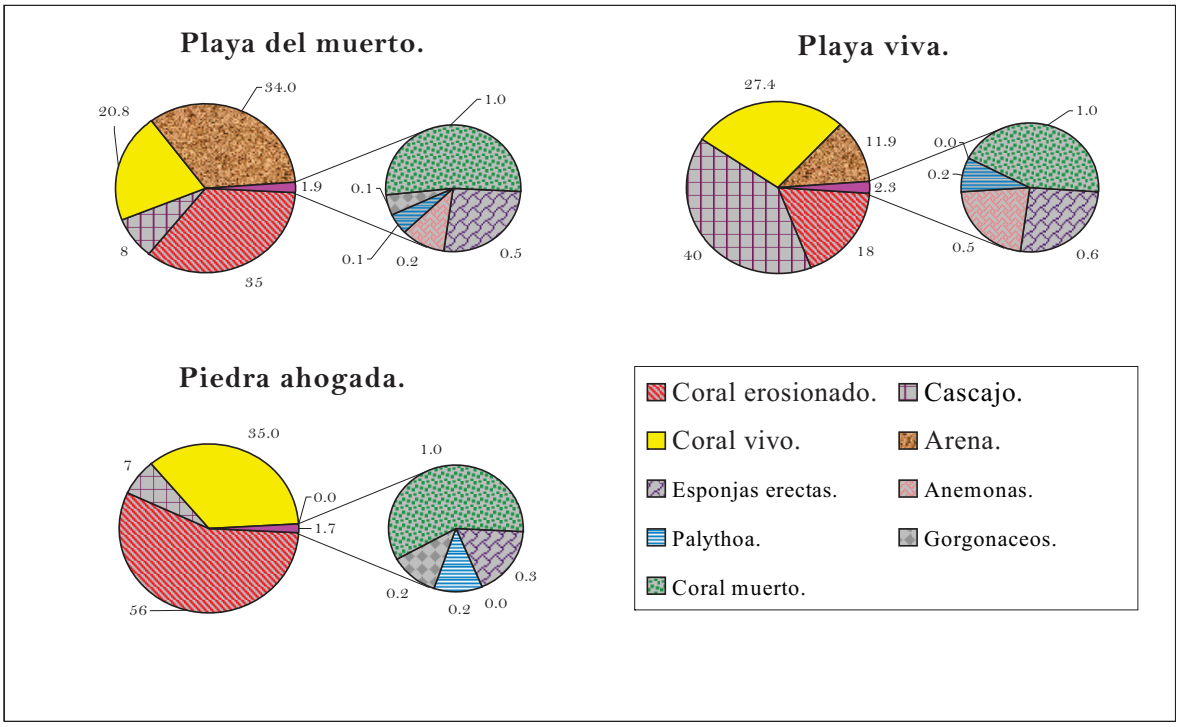


Figura 91. Cobertura relativa de los principales componentes bentónicos entre los 3.5 y 4.5m de profundidad por zona de estudio (1999).

Palythoa caribaeorum y los gorgonáceos ocuparon máximo un 2.3% en conjunto en Playa Viva. En Playa del Muerto y la Piedra Ahogada ocuparon 1.9 y 1.7% respectivamente.

Creciendo sobre el sustrato duro se apreciaba una ligera cobertura de algas formadoras de césped, la mayoría de las cuales estaban creciendo en Playa Viva (11%) seguido por la Piedra Ahogada (9%) y, en últimas, Playa del Muerto (2%). También sobre el sustrato se encontraron creciendo algas incrustantes, en especial de la Familia Melobesioidae. En Playa del Muerto se encontraron algas carnosas no identificadas (1%).

La zona de Playa Viva fue la más rica en número de especies de coral (21) seguida por la zona de Piedra Ahogada (18) y Playa del Muerto (16). El orden de las zonas más diversas en términos de número efectivo de especies (N1 y N2), en contraste, no concuerda con la riqueza mencionada arriba. Aunque Playa Viva seguía siendo más diversa (N1 = 9.22 y N2 = 6.52), Playa del Muerto tenía un número efectivo de especies mayor (N1 = 6.48 y N2 = 4.16) que la Piedra Ahogada (N1 = 5.85 y N2 = 3.54). Esto se debe a la uniformidad en la distribución de las especies de coral, que era superior en la Playa del Muerto (E5 = 0.58) que en la Piedra Ahogada (E = 0.52). Sin embargo, se resalta que la Piedra Ahogada fue la zona que estaba más extensamente cubierta de coral a pesar de ser la menos diversa.

La frecuencia de cada especie para las zonas de estudio se aprecian en la figura 92. 12 especies de las 24 encontradas (50%) se encontraban en cada una de las tres zonas. Específicamente, *Millepora complanata*, *Diploria strigosa*, *D. labyrinthiformis* y *Porites astreoides* no sólo estaban presentes en cada zona sino que en cada una de las tres estaciones de cada zona para una frecuencia del 100%. *Agaricia humilis* se repartía mejor en la Piedra Ahogada en las tres estaciones y se redujo a sólo una estación en la Playa del Muerto. *Siderastrea radians* aparentemente no se encontraba a esta profundidad en Playa Viva pero sí en las otras dos zonas (presente en dos estaciones de Playa del Muerto y la Piedra Ahogada), mientras que

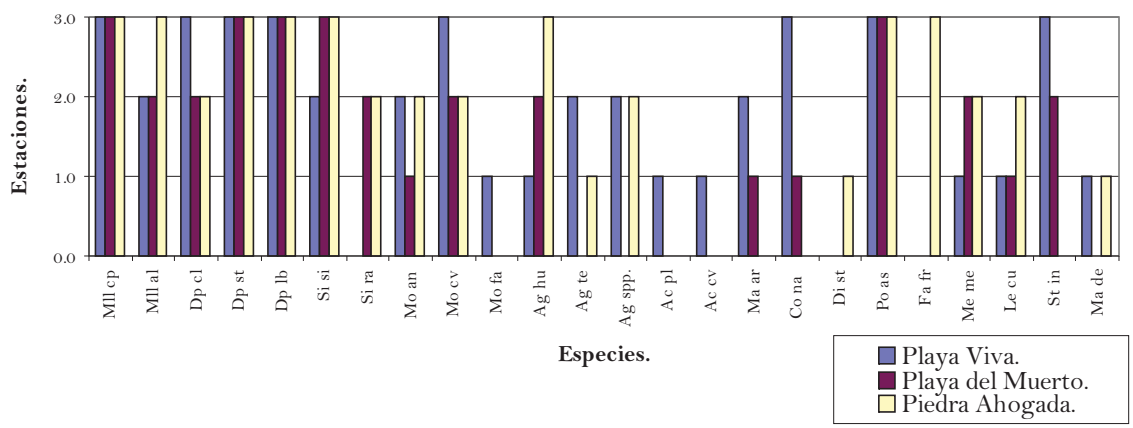


Figura 92. Frecuencia de especies de coral entre los 3.5 y 4.5m de profundidad en las tres zonas de estudio (1999). Frecuencia dada en #de estaciones por zona. Clave de especies en el anexo C.

Agaricia tenuifolia y *Madracis decactis* no se presentaron en Playa del Muerto. A esta profundidad, entre los 3.5 y 4.5m, *Montastrea faveolata*, *Acropora palmata* y *A. cervicornis* sólo se encontraron en Playa Viva en una sola estación. Curiosamente, al realizar un vistazo general antes de los muestreos, el investigador encontró estas últimas dos especies en la Piedra Ahogada por debajo de la profundidad estudiada, mientras que en Playa del Muerto se encontraban por encima. *Favia fragum* (presente en tres estaciones) y *Dichocoenia stokesii* (presente en una estación) encontraban a la Piedra ahogada apta para su desarrollo a esta profundidad.

5.2.2.2.1 Playa Viva. Como se mencionó anteriormente, esta zona fue la más rica, diversa y uniforme en especies de coral; tenía una cobertura coralina intermedia, menos coral erosionado que las otras zonas y una significante cantidad de cascajo. La especie más dominante fue *Millepora complanata*, con una cobertura promedio del 28.6% (rango = 16.7 - 35.8%), seguida por *Colpophyllia natans* con 22.4% (rango = 2.9 - 46.2%; colonias = 17) y *Siderastrea siderea* con 12.6% (rango = 0.0 - 32.1%; colonias = 13). Las demás 18 especies tenían coberturas relativas al coral vivo menores al 6.4%. Las tres especies con más colonias eran *Porites asteroides* (29), *Diploria strigosa* (22) y *Montastrea cavernosa* (18).

5.2.2.2.2 Playa del Muerto. Como se aprecia en las figuras 93 y 94, esta zona era más parecida a la zona de Playa Viva debido a la composición y distribución de la cobertura de sus especies de coral. En marcado contraste, esta zona se parecía más a la Piedra Ahogada en sus índices de diversidad e uniformidad. Esta zona también presentaba una notoria cantidad de sustrato arenoso relativo a las otras zonas. Al igual que Playa Viva, la especie más dominante era *Millepora complanata*, aunque en una relación de casi más del doble (43.6 contra 28.6% en Playa Viva; rango = 36.5 - 50.5%). Sin embargo, a diferencia de Playa Viva, el madreporario típico de esta zona en términos de cobertura era *Diploria strigosa* con 20.6% (rango = 5.8% - 47.2%; colonias = 41). Las demás 14 especies tenían coberturas por debajo del 7% (véase la tabla 5). Las tres especies con más colonias eran *Porites asteroides* (46), *Diploria strigosa* (41) y *Agaricia humilis* (40). Las dos primeras coinciden con Playa Viva. *Siderastrea siderea* también tenía un numero importante de colonias en Playa del Muerto (23). Las demás especies tenían 14 o menos colonias. En esta zona, al igual que Playa Viva pero en menor grado, *Acropora palmata* se encontraba en recuperación.

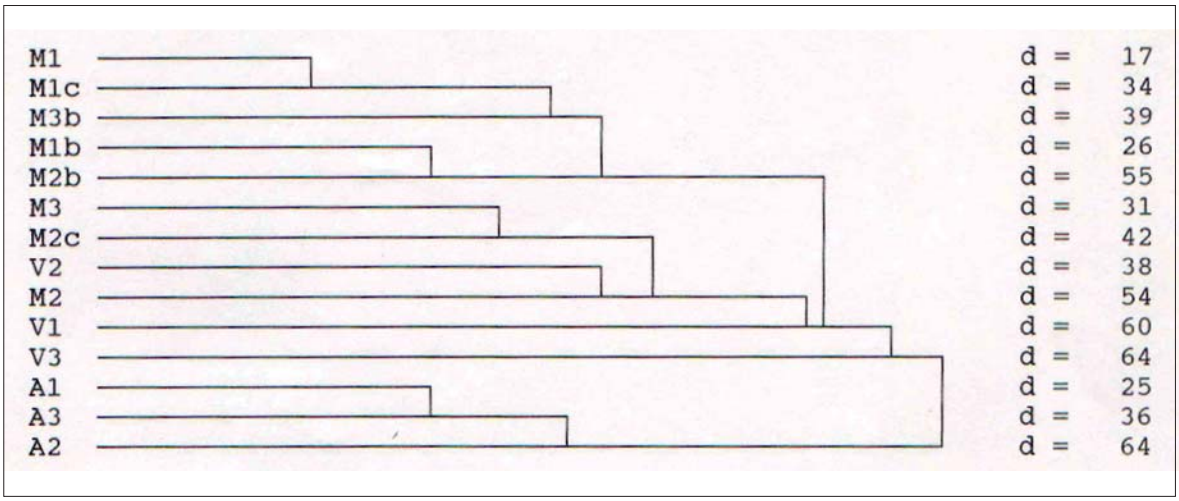


Figura 93. Similaridad entre estaciones del muestreo de 1998 y 1999 con base en el coral vivo. Dendrograma de agrupación jerárquica utilizando UPGMA de disimilaridad de Bray-Curtis calculado con datos no transformados. Estaciones con letras minúsculas del muestreo del año 1998 (M1b, M2b, M3b, M1c y M2c) en la Playa del Muerto (M). Estaciones sin minúsculas del muestreo del año 1999. A = Piedra Ahogada, M = Playa del Muerto y V = Playa Viva. d = % disimilaridad. Coeficiente cofenético = 0.8235.

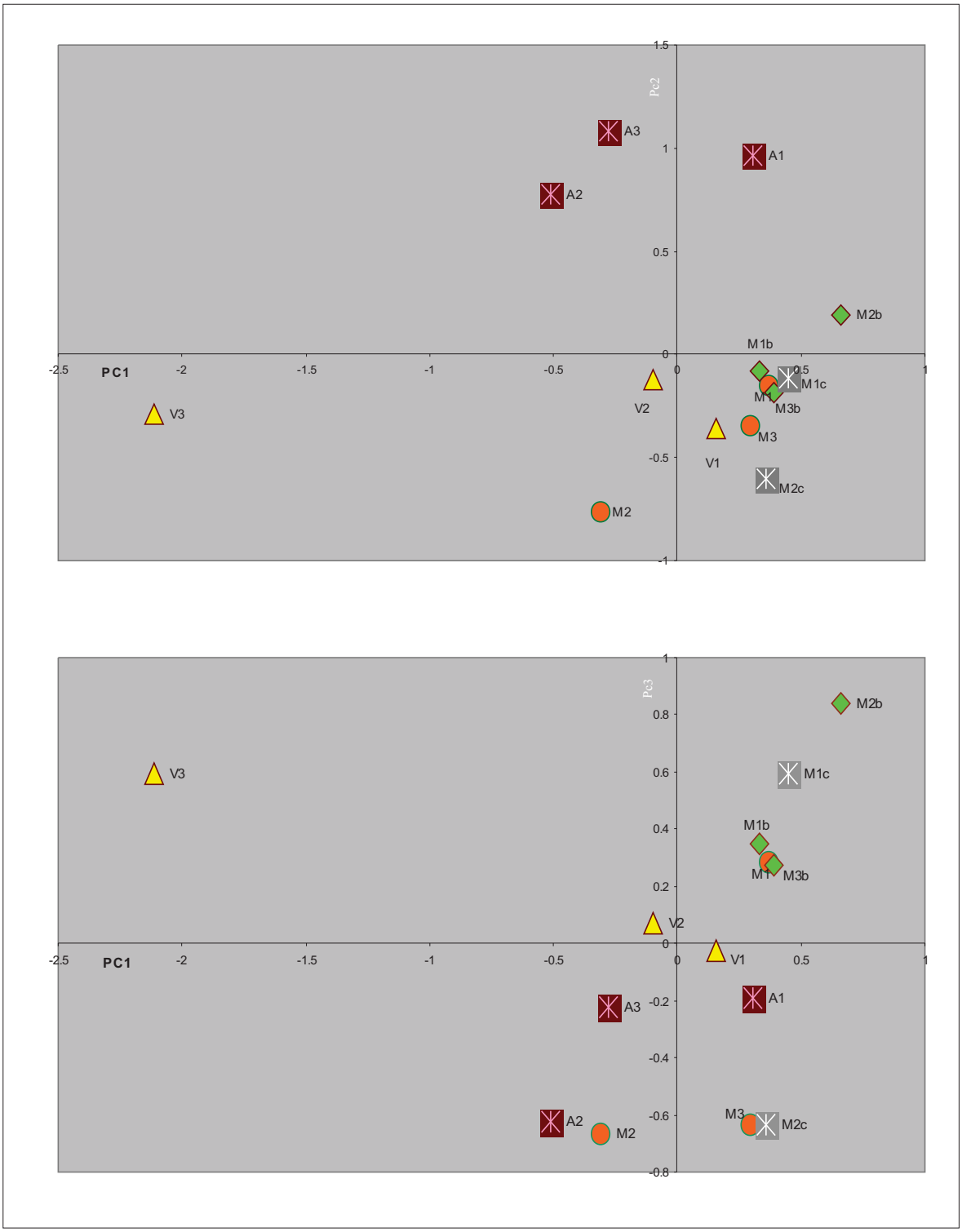


Figura 94. Ordenación PCA en dos dimensiones para las estaciones de los muestreos de los años 1998 y 1999. Los datos basados en las abundancias de las especies de coral por estaciones sin transformar. PC1 (eje x) y PC2 (eje y) juntos representan el 41.6% de la variabilidad del muestreo. PC3 representa otros 13.7% de la variabilidad para un total de 55.3%. A = Piedra Ahogada, M = Playa del Muerto y V = Playa Viva. Los números 1, 2 y 3 representan las diferentes estaciones dentro de cada zona y las letras en minúscula representan el muestreo del año 1998. "b" = la primera réplica de ese año y "c" representa la segunda réplica.

5.2.2.2.3 **Piedra Ahogada.** Al observar las figuras 93 y 94 se alcanza a distinguir diferencias importantes entre dos grupos de estaciones, las de Playa Viva y Playa del Muerto contra las de la Piedra Ahogada. Esta última tenía una composición y estructura de coral notoriamente diferente. A pesar de ser la zona con más cobertura coralina de las tres, casi el doble que Playa del Muerto y más del 25% que Playa Viva, (véase la figura 91) y ser la segunda en número de especies, era la zona menos diversa de todas. Era además la zona con más coral erosionado y no presentaba arena. Las especies dominantes eran *Siderastrea siderea* (49.8%, rango = 35.5 - 57.0%), *Millepora complanata* (14.1%, rango = 8.4 - 16.1%), *Porites astreoides* (8.5%, rango = 3.8 - 14.8%), *Diploria strigosa* (7.9%, rango = 1.8 - 12.9%) y *Montastrea annularis* (7.0%, rango = 0.0 - 15.5%). De las 13 especies restantes que tenían coberturas por debajo del 2.1%, *Dichocoenia sokesii* y *Favia fragum* sólo se encontraron en esta zona para el muestreo de 1999. En esta estación las especies se encontraban densamente ubicadas en el espacio creciendo unas contra las otras. Esta condición también se demuestra cuantitativamente más adelante en la sección de análisis de patrones espaciales. *Siderastrea siderea* se puede considerar cómo la especie típica de esta zona, con colonias masivas de más de 2m de diámetro. Se encontró una colonia de *Mycetophyllia ferox* y otra de *Solenastrea hyades.* Estas dos especies son poco frecuentes en la Bahía. Las tres especies con más colonias eran *Porites asteroides* (85), *Siderastrea siderea* (50) y *Diploria strigosa* (39). Debe anotarse que *Agaricia humilis* y *Favia fragum* también presentaron un número importante de colonias, 33 y 29 respectivamente. Esta última especie extrañamente sólo manifestó presencia en esta zona. Las demás especies presentaron 10 o menos colonias. En referencia a la salud coralina de la Piedra Ahogada se encontraron varios ejemplos de impacto en la forma de coloración anormal, blanqueamiento y esqueletos expuestos y erosionados. Aunque durante la mayor parte del año se encontraban casos de blanqueamiento, después del huracán Lenny en noviembre de 1999 se observó una elevada incidencia de esta forma de afección coralina.

5.2.2.3 Punto de vista espacial: Estaciones.

5.2.2.3.1 Playa Viva.

5.2.2.3.1.1 Estación V1. Cada estación de Playa Viva presentaba particularidades. Por ejemplo, la estación más cercana a Playa Nenguange, **V1**, que se encontraba al comienzo del ante-arrecife o talud arrecifal (*fore-reef*), presentaba particularmente doce colonias grandes de *Colpophyllia natans* así como en los alrededores con una cobertura relativa a los demás corales del 46.2%. Algunas de ellas presentaron blanqueamiento después de huracán Lenny. Además era la única estación que presentaba colonias de *Montastrea faveolata*, 6 en total, con una cobertura relativa del 9.6%. No muy lejos de éstas se encontraba una colonia de esta especie de grandes proporciones con más de 3m² de superficie también padeciendo de blanqueamiento. Ligeramente hacia el sur se encontraba la colonia gigantesca de *Madracis mirabilis* mencionada antes. Debido a la dominancia de estas especies mencionadas en conjunto con *Millepora complanata* (27.3%), ésta estación era la menos diversa de la zona con un índice de Hill (N2) de 3.40. Sin embargo, en términos de cobertura total, esta era la estación más cubierta de coral vivo en la zona (2.6 de 8.0m² muestreados, 32.5%). Aunque no se encontraron ejemplares vivos de *Acropora cervicornis* en estas estaciones, sí se halló una gran cantidad de cascajo compuesto por los restos de esta especie. En las figuras 93 y 94 no se alcanza a determinar gráficamente con cúal estación se pareció más **V1**; sin embargo, la agrupación de Bray-Curtis estableció una similitud (*link* = 54) con la siguiente estación de esta zona hacia el norte, la **V2**.

5.2.2.3.1.2 Estación V2. A pesar de la similitud entre **V1** y **V2**, **V2** era más diversa (N2 = 4.26) y también dominaron diferentes especies de coral. En orden de cobertura relativa al componente coral vivo estas eran *Millepora complanata* (35.8%), *Siderastrea siderea* (32.1%), *Diploria strigosa* (6.4%) y *Montastrea annularis* (4.1%). *Siderastrea siderea* y *Montastrea annularis*

presentaban extensas áreas de blanqueamiento. Adicionalmente, esta estación fue la única que presentaba una colonia de *Acropora palmata*, aunque en el perímetro general se observaba una notoria recuperación de la misma. El componente coral vivo fue el segundo más alto de la zona con un 27.3%. Este valor pone a esta estación en cuarto lugar para el dominio después de la **V1**. Aunque anteriormente se explicó que la estación **V1** se parecía más a la **V2**, esta última a su vez se parecía más a las estaciones **M2** y **M3** de la zona de Playa del Muerto (*link* entre **V2** y **M2** = 38; *link* entre **V2** y **M3** = 42). Por lo tanto, la **V3**, la última estación de la zona de Playa Viva y la más cercana a la zona de Playa del Muerto (véase la figura 84) fue un caso especial como se expondrá a continuación.

***5.2.2.3.1.3* Estación V3.** A pesar de dificultades técnicas que experimentó el investigador al realizar esta estación, lo que resultó en solo 6m² de muestreo en lugar de los 8m² estipulados, esta estación fue la segunda estación en número de especies (15), la más diversa de todo el estudio (N2 = 10.7), la más uniforme (E5 = 0.93) y, en la zona, la de mayor número de colonias (60). Y a pesar de haber sido sub-muestreada, supero a la estación **M2** en cobertura de coral vivo, con un 17.0%. Cómo se mencionó anteriormente y como se aprecia en la figura 94, la estación **V3** fue la más disímil de todas las demás estaciones del dominio. Las especies dominantes en orden de cobertura fueron: *Millepora complanata* (16.7%), *Diploria strigosa* (15.7%), *Millepora alcicornis* (11.8%), *Montastrea cavernosa* (10.8%), *Porites astreoides* (8.8%), *Madracis decactis* (5.9%) y *Acropora cervicornis* (5.9%). *Millepora alcicornis* en ésta estación alcanzó su máxima expresión.

***5.2.2.3.2* Playa del Muerto.**

***5.2.2.3.2.1* Estación M1.** Esta estación, la más cercana a la zona de Playa Viva y a la estación más diversa, **V3**, curiosamente era la menos diversa de todas las estaciones del estudio con un índice de Hill (N2) de 2.62. De sus 1.78 m² (22.3%) de cobertura coralina

(sexta en cobertura entre las estaciones) 47.2% correspondían a *Diploria strigosa*, con 26 colonias. La otra especie dominante era *Millepora complanata* con 39.9% de cobertura. Las otras cuatro especies ocuparon menos del 7.3%. En las inmediaciones de esta estación se encontraron varias colonias de *Acropora palmata* en recuperación. Adicionalmente, se encontró una colonia de *Diploria strigosa* padeciendo de blanqueamiento. Debe anotarse que esta estación era la que más arena y menos coral erosionado presentaba relativo a las demás estaciones de la zona. Como se mencionará más adelante, ésta fue la única estación de la zona que presentó una recuperación de cobertura coralina viva con respecto al año anterior.

***5.2.2.3.2.2* Estación M2.** La siguiente estación hacía el norte, **M2**, era la más diversa de la zona con un índice de Hill (N2) de 4.45, a pesar de ser la de menor cobertura del componente coral vivo en todo el dominio, con apenas un 13.0%. Cómo se aprecia en la figura 93 y como se mencionó anteriormente, esta zona se pareció más a la **V2** de Playa Viva. Esta relación también se aprecia en los índices de diversidad. Las especies más dominantes en términos de cobertura relativa fueron *Millepora complanata* (36.5%) y *Montastrea cavernosa* (28.8). Las demás once especies tenían coberturas por debajo del 8.7%. *Diploria strigosa* apenas representaba un 5.8% de la cobertura coralina.

***5.2.2.3.2.3* Estación M3.** La última estación de Playa del Muerto queda justamente en frente de un arrecife con una cresta de *Acropora palmata*. Por lo tanto, de los 8m² de sustrato muestreados, más de la mitad le correspondió a coral erosionado de *Acropora palmata* y, creciendo sobre éste cementerio extensas colonias de *Millepora complanata*. De los 2m² de cobertura coralina viva, 50.5% era de esta última especie. Por lo tanto, la uniformidad de las coberturas era la más baja de todas las estaciones (números modificados de Hill (E5) = 0.51) y consecuentemente la diversidad de Hill (N2 = 3.61) también fue baja. Sin embargo, esta especie también contribuyó a que la cobertura del componente coral vivo estuviera en quinto lugar con un 25.5% en el dominio y en primer lugar en la zona. En esta estación volvió a

aparecer *Colpophyllia natans* (10.3%), dominante en **V1** de Playa Viva. Como caso excepcional, *Agaricia humilis* alcanzó su máxima expresión en esta estación con un total de 36 colonias, para una cobertura relativa del 7.4%. Al igual que en **M2**, *Diploria strigosa* aportó apenas 4.9% de la cobertura coralina. En las inmediaciones de ésta estación se alcanzó a ver una notoria recuperación de *Acropora palmata*. Entre los escombros se encontró evidencia de impacto mecánico sobre una colonia de *Colpophyllia natans*. En las inmediaciones también se observaron colonias de *Siderastrea siderea* con evidencias de pastoreo y con manchas blancas y oscuras.

5.2.2.3.3 Piedra Ahogada.

***5.2.2.3.3.1* Estación A1.** La estación más protegida en la zona de las corrientes de la boca de la Bahía, la **A1**, era la menos diversa de la zona a pesar de ser la más cubierta de coral de todo el estudio (3.4 de 8m² muestreados, 42.5%). De las once especies totales, tres (N2 = 2.71) eran muy abundantes: *Sideastrea siderea* (57.0%), *Millepora complanata* (16.1%) y *Montastrea annularis* (15.5%). Las demás ocho especies tenían coberturas por debajo del 3.8%. La primera especie presentaba colonias masivas de más de 1m² de diámetro (véanse las figuras 69, 70 y 71) y algunas colonias de *Montastrea annularis* presentaban blanqueamiento. De acuerdo con la figura 93, esta estación se parecía más a la **A3** que a la **A2** debido a la composición de especies y su estructura comunitaria. Esta estación también difería de las otras dos debido a que no crecían colonias de gorgonáceos mientras que en las otras abundaban.

***5.2.2.3.3.2* Estación A3.** La estación **A3** quedaba al otro lado de la Piedra hacía el norte y recibía las corrientes directas provenientes de la boca de la Bahía. Esta estación presentaba la segunda cobertura más extensa de coral en el estudio (39.3%), compuesta por 18 especies, las cuales le dieron la característica de la estación más rica de la Bahía. Sin embargo, su diversidad no correspondía con su riqueza, pues sólo dominaban cuatro especies (N2 = 3.55):

Siderastrea siderea (49%), *Millepora complanata* (14.6%), *Diploria strigosa* (12.1%) y *Porites astreoides* (10.5%). Las demás catorce especies tenían coberturas por debajo del 2.2%. El escleractinio *Dichocoenia stokesii* se encontró solo en esta estación con una cobertura relativa del 0.3% y una colonia de *Madracis decactis* se encontró sola en esta estación de la Piedra Ahogada aunque también se habían encontrado otras dos colonias anteriormente en la estación **V3**. *Agaricia tenuifolia* similarmente reapareció en esta estación en tres colonias después de encontrarse en las **V2** y **V3**. En el tercer cuadrante de esta unidad muestreal se encontró una colonia masiva de *Siderastrea siderea* que ocupaba más de la mitad de su superficie. Curiosamente en el quinto cuadrante de esta misma unidad muestreal, ubicada en una pequeña pared vertical se encontraron la mayoría de las especies, ocho en total, de las cuales *Leptoseris cucullata* y *Madracis decactis* solo se encontraban en esta pared de la estación. En relación con la salud coralina, se encontraron unas colonias de *Siderastrea siderea* y una de *Porites asteroides* padeciendo de blanqueamiento. En particular en esta estación las llamadas algas cespitosas ocupaban la superficie de esqueletos de coral erosionados.

***5.2.2.3.3.3* Estación A2.** Esta estación era la segunda más diversa (N2 = 5.57) de todas las estaciones del dominio debido a la equitatividad (E5 = 0.72) de cobertura de las doce especies de coral que allí se encontraban, a pesar de ser la tercera estación del dominio con menos cobertura del componente coral vivo (19.4%) y la última en la zona. Las seis más representativas en orden de cobertura eran *Siderastrea siderea* (35.5%), *Porites astreoides* (14.8%), *Diploria strigosa* (12.9%), *Montastrea cavernosa* (9.0%), *Millepora complanata* (8.4%) y *Diploria labyrinthiformis* (5.8%). Sin embargo, en esta estación se encontró el más alto porcentaje de esqueleto de coral erosionado en todo el estudio. En este punto se aclara la discrepancia con respecto al coral erosionado que se describió para esta zona. En particular, sobre la superficie de la Piedra y entre los organismos vivos fijos a ella se encontró una capa de material calcáreo el cual era indistinguible de esqueleto de coral erosionado. Sin embargo, se aclara que el material podría provenir de otros organismos no coralinos. Lo mismo sucede

con el coral erosionado de las otras estaciones pero sólo de esta misma zona. Con respecto a la salud coralina, en esta estación se encontraron dos colonias de *Favia fragum* y una de *Porites astreoides* padeciendo de blanqueamiento. También debe anotarse una particularidad de esta última especie. Cómo se mencionó anteriormente ella presentó su máxima cobertura en esta estación y tanto fue su crecimiento que, aunque es una especie típicamente pequeña en tamaño, alcanzó a ser la segunda especie más dominante. Así que ella presentó un gradual ascenso en la cobertura desde Playa Viva (3.1%) a Playa del Muerto (3.7%) y más del doble en la Piedra Ahogada (8.5%). Con respecto a sus colonias, en Playa Viva presentó 29, en Playa del Muerto 46 y, finalmente, en la Piedra Ahogada 85 colonias. Casi duplicó sus colonias a medida en que se encontraba más hacia el norte a la apertura de la Bahía hacia el mar Caribe.

5.2.2.4 Análisis de patrón espacial. Como se observa en la figura 95, para la búsqueda de patrones espaciales en especies particulares se realizó el análisis con las siete especies más frecuentes y , además, las que presentaban un buen porcentaje de cobertura viva con respecto al total de la comunidad coralina. Ambos atributos para estas siete especies eran suficientes para poder armar la figura mencionada y poder hallar generalidades tanto para las especies como para las estaciones y zonas donde ellas aparecieron.

A primer vistazo se alcanza a observar que cinco de las siete especies, aunque muy frecuentes de acuerdo a la figura 92 no estaban presentes en todas las estaciones. Segundo, se observa que existía casi un número igual de especies arreglándose de forma aleatoria como en aglomeraciones en las diferentes estaciones. Es decir, 48% de los análisis hechos le correspondían a un patrón espacial aleatorio y un 37% a un patrón aglomerado independiente de la especie. Y apenas un 17% de los análisis demostraban un patrón espacial uniforme. Sin embargo, si se agranda la resolución de la información a nivel de zonas, en dos de las tres las especies preferían un arreglo aglomerado. Las dos estaciones fueron Playa del Muerto y la Piedra Ahogada. En Playa Viva el patrón aleatorio sí se mantuvo como principal forma de

Figura 95. Analisis de las varianzas de los cuadrantes pareados (PQV), 1999. eje x = tamaño de bloques / espacios; eje y = varianza. Ver texto (5.2.2.4) para la respectiva explicación.

configuración por parte de las especies en el espacio. El patrón aleatorio seguía en grado de importancia en Playa del Muerto y la Piedra Ahogada y, por último, el patrón uniforme. En Playa Viva, como se mencionó anteriormente, predominaba el patrón aleatorio, condición que la hace única en comparación con las demás zonas, pero también difiere en que el patrón de segunda importancia era el uniforme y, por último, el aglomerado.

En general, *Diploria clivosa* fue la única especie que prefirió el patrón uniforme a través de casi todo el dominio, excepto en Playa Viva, donde se configuró de forma aleatoria.

Diploria strigosa, a diferencia de *D. clivosa*, prefirió tanto la configuración aleatoria como la aglomerada, aunque ésta primera en la Piedra Ahogada y la segunda en Playa del Muerto. Se anota que es la única especie que prefirió el patrón aleatorio en la Piedra Ahogada, ya que en esa zona las demás prefirieron el patrón aglomerado como se expresó anteriormente. También se resalta que fue la única especie que se aglomeró en la última estación de Playa Viva, es decir la estación **V3**.

Siderastrea siderea, de acuerdo al gráfico del análisis, presenta un gradual cambio en la curva de estación en estación. La curva comienza casi plana pero con suficiente varianza para considerarse un patrón aleatorio en la estación **V1** hasta llegar a presentar una aglomeración muy intensa en la estación **A3** de la Piedra Ahogada.

Montastrea cavernosa es un caso peculiar y sirve para demostrar una característica importante del método **análisis de patrones espaciales**. Concretamente, *M. cavernosa* a igual manera que *Siderastrea siderea*, demuestra una tendencia de la aleatoriedad hacia la aglomeración pero con <u>menos intensidad</u>, como se puede apreciar en la gráfica para las estaciones **A2** y **A3**. Esta característica señala cómo el análisis puede presentar información intermedia entre diferentes cualidades. Es decir, curvas que no prueben concretamente ni la aleatoriedad ni la

agrupación. La intensidad de la aglomeración es una característica muy importante, y como se describirá más adelante *Porites astreoides* fue la especie con más intensidad para aglomerarse.

Agaricia humilis es la primera especie que se dispone con preferencia de forma aglomerada y especialmente en la Piedra Ahogada. La penúltima especie del análisis, *Colpophyllia natans*, sólo estuvo presente en cuatro estaciones de las nueve totales. Tres de las estaciones caían dentro de la zona de Playa Viva donde característicamente se dispuso de forma aleatoria. Ella volvió a aparecer en la estación **M3** donde se dispuso de forma aglomerada.

Porites astreoides, la última especie del análisis, presentó probablemente la tendencia más interesante de las especies estudiadas. Esta presentó una tendencia completa desde un patrón uniforme en la estación **V2** hasta una aglomeración con una intensidad importantísima en las estaciones **A2** y **A3**.

La especie con el radio de aglomeración espacialmente más grande fue *Colpophyllia natans* (radio = 6.5m) seguida por *Agaricia humilis* (radio = 5m), *Diploria strigosa* (radio = 4.5m), *Porites astreoides* (radio = 3.2m) y *Sideastrea siderea* (radio = 2.5m).

5.3 MONITOREO EN PLAYA DEL MUERTO ENTRE LOS 3.5 Y 4.5m DE PROFUNDIDAD

5.3.1 1998 contra 1999. Es importante aclarar que en el año 1998 se muestrearon nueve estaciones en la zona de Playa del Muerto. De las nueve estaciones solo tres, la **MD**, la **ME** y la **MI**, se comparan con las estaciones **M1**, **M2** y **M3** del año 1999 respectivamente ya que coincidieron en el espacio (véase la figura 84). En lo siguiente se estandariza la nomenclatura de acuerdo al año 1999. Es decir, las estaciones se denominarán **M1**, **M2** y **M3** aunque se haga referencia a ambos años. La diferencia será que las réplicas del año 1998 se complementarán con una letra en minúscula (es decir, **M1b** y **M1c** para la primera y segunda réplica del año 1998 y entendiéndose a **M1** como estación del año 1999) como aparece en las figuras 93 y 94.

5.3.1.1 Similaridad entre las estaciones de Playa del Muerto. En el esquema general de similaridad entre todas las estaciones de todas las zonas y para ambos años, entre los 3.5 y 4.5m de profundidad, como se aprecia en las figuras 93 y 94, las estaciones de Playa del Muerto tienden a aglomerarse dando la impresión de ser una zona homogénea. Sin embargo, a segunda vista, en la figura 93 se observa que las estaciones **M2** y **M3** de 1999 en realidad eran más similares a las estaciones de Playa Viva para el año 1999. Solo la estación **M1** cumple con lo esperado, es decir, las réplicas de esta estación para los años 1998 y 1999 se semejaron. Por lo tanto, no se puede hallar un patrón de distribución y abundancia entre los diferentes años para la zona de Playa del Muerto. Como se puede observar en las figuras 93 y 94, los muestreos de la estación **M1** también fueron los más similares de todo el estudio incluyendo ambos años. La estación que más se salió de lo esperado fue la **M2** (1999) y **M2c** (1998, segundo muestreo) que se asemejaron en composición y estructura coralina a la Playa Viva en el año 1999.

5.3.1.2 Cobertura de los principales componentes.

5.3.1.2.1 Punto de vista espacial: Zonas. El componente más importante, el coral vivo, subió del 18.1% (desv. est. = 9.965) en 1998 a 20.8% (desv. est. = 6.49) en 1999 (véase la figura 96). Sin embargo, la prueba de signo *sign test* demostró que a un nivel de significancia del 0.125 no hubo un ascenso significativo en la cobertura de coral vivo. También aumentó el coral erosionado del 26.3% (desv. est. = 15.1) al 35% (desv. est. = 15.4). Casi un 10% de aumento. El coral muerto disminuyó del 2.8% al 1.0%. Adicionalmente, la arena que se encontró un año después fue menor: 44.5% en 1998 y 34% en 1999.

5.3.1.2.2 Punto de vista espacial: Estaciones. En la estación **M1** la cobertura de coral vivo aumentó de un promedio de 14% (rango = 4%) en 1998 a 22.3% en 1999 (véase la figura 97). La estación **M2** permaneció casi igual para ambos años, 14% (rango = 2%) en 1998 y 13% en 1999 y en la estación **M3** la cobertura de coral aparentemente disminuyó de 36% en 1998 a 25.5% en 1999, aunque en la estación no se realizaron réplicas en el 98 para lograr ver si la diferencia era significativa.

En la estación **M1** el coral erosionado disminuyó en 1999 con un porcentaje de 19.3% comparado con un promedio de 31.5% en 1998 (rango = 9%). Para la **M2** el coral erosionado aumentó de 26.5% (rango = 39%) en 1998 a 35.4% en 1999 y en la estación **M3** el coral

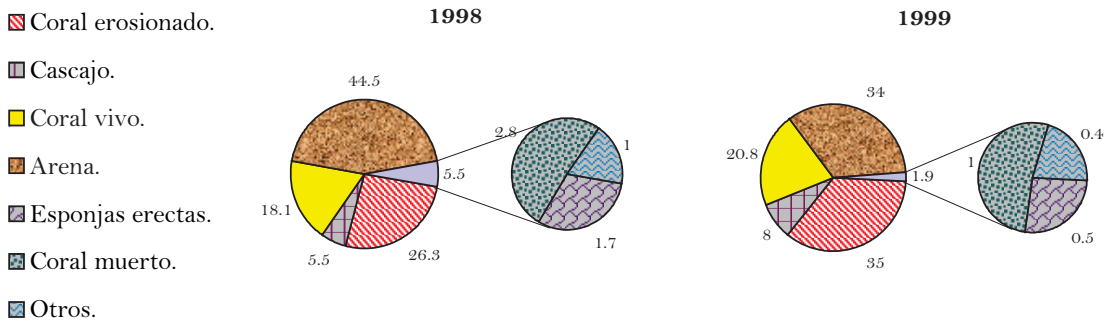


Figura 96. Cobertura relativa (%) de los principales componentes bentónicos en Playa del Muerto entre los 3.5 y 4.5m de profundidad para los años 1998 y 1999.

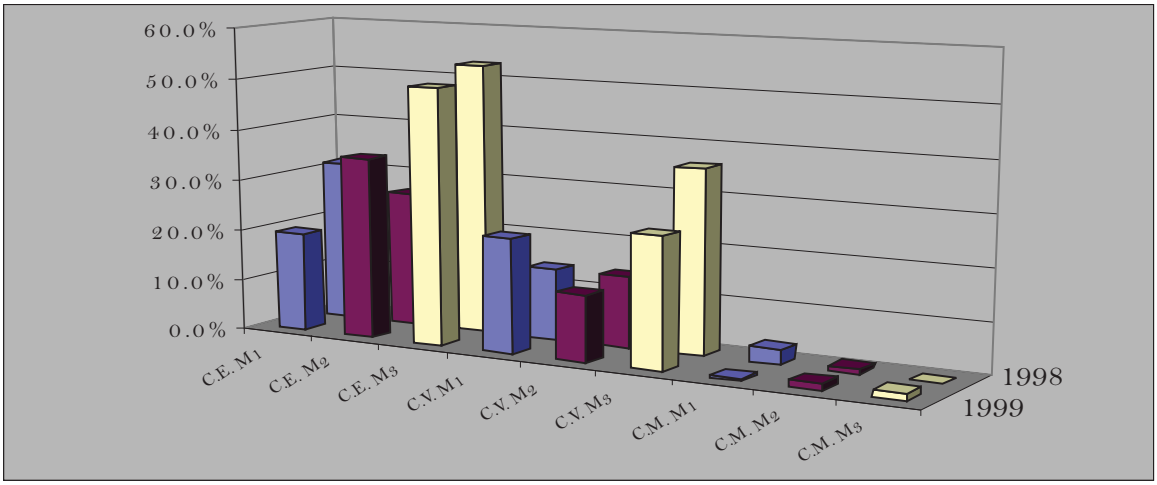


Figura 97. Cambio en algunos atributos de la comunidad coralina en las diferentes estaciones para el monitoreo de los años 1998 y 1999 en Playa del Muerto. C.E. = coral erosionado, C.V. = coral vivo y C.M. = coral muerto.

erosionado se mantuvo relativamente similar, 53% en 1998 y 50.1% en 1999.

5.3.1.3 Frecuencia de especies. El patrón de frecuencia difirió entre las especies para cada año. En apenas cuatro especies las frecuencias fueron similares. Estas eran *Millepora complanata*, *M. alcicornis*, *Siderastrea siderea* y *Montastrea annularis* (véase la figura 98). Tomando en cuenta los muestreos cuantitativos y los recorridos generales en la zona de Playa del Muerto entre 1998 y 1999 se encontraron un total de 24 especies de coral. Sin embargo, no todas se encontraron en cada año. En 1998 se encontraron 21 y en 1999 se encontraron 20. Cuatro especies entre las encontradas en 1998 no se volvieron a encontrar en 1999: *Acropora cervicornis*, *Agaricia agaricetes*, *Favia fragum* y *Montastrea faveolata*. A su vez, en 1999, tres especies nuevas se encontraron: *Agaricia humilis*, *Leptoseris cucullata* y *Stephanocoenia intercepta*. En común ambos años tuvieron 17 especies de coral.

5.3.1.4 Diversidad y riqueza de especies.

5.3.1.4.1 Punto de vista espacial: Zona. En 1998 el valor promedio para el índice de Hill (N1) era 6.31 (6.4 para el primer muestreo y 6.2 para el segundo muestreo), mientras que en

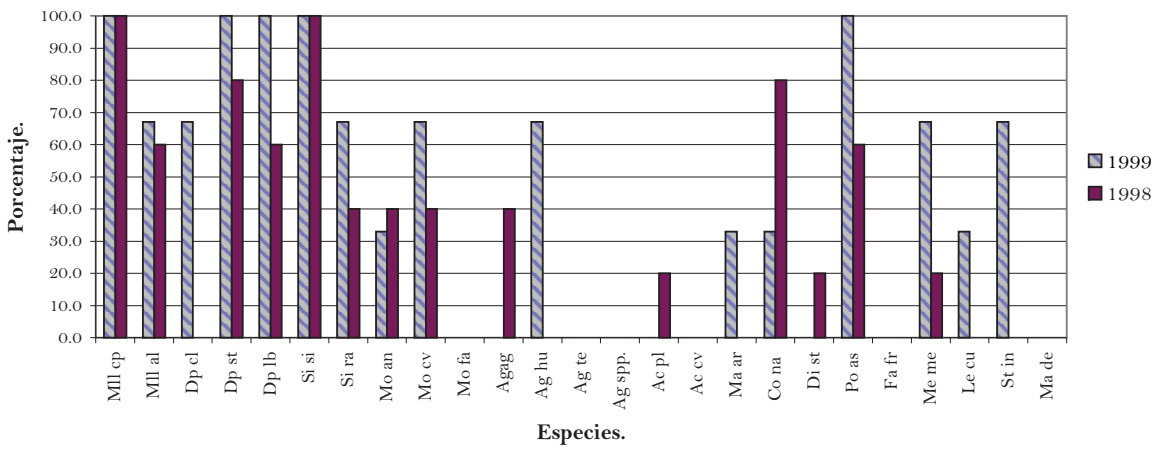


Figura 98. Comparación de frecuencias de las especies de coral en las estaciones de Playa del Muerto entre los 3.5 y 4.5m de profundidad para los años 1998 y 1999.
Clave de especies en el anexo C.

1999 el valor promedio fue de 6.48. El número de especies *más* abundantes sí cambio, descendiendo de un promedio de cinco (N2 = 4.89) especies en 1998 a cuatro (N2 = 4.16) especies en 1999. La riqueza en el año 1999 aumentó en general y la uniformidad disminuyó en comparación con el año 1998.

5.3.1.4.2 Punto de vista espacial: Estaciones. En la estación **M1** en 1998 se registraron índices de Hill (N1) de 4.32 (**M1b**) y 2.83 (**M1c**) en cada réplica, mientras que en 1999 se registró un 3.09, 0.49 por debajo del promedio (3.58) del año anterior. El índice N2 difirió en casi la misma proporción. La estación **M2** aumentó su diversidad de especies abundantes (N1) de valores de 6.02 (**M2b**) y 6.03 (**M2c**) en las dos réplicas del año 1998 a 6.34 en 1999. Sin embargo, en términos de especies *más* abundantes (N2), la diversidad descendió de un promedio de 4.97 en 1998 a 4.45 en 1999. En la estación **M3** la diversidad de especies abundantes aumentó de 5.17 (**M3b**) en 1998 a 6.13 (**M3**) en 1999 pero al igual que en la estación **M2** el índice de especies *más* abundantes (N2) descendió de 4.28 (**M3b**) en 1998 a 3.61 (**M3**) en 1999. En términos generales, en la zona se puede decir que la diversidad de especies abundantes no difirió de forma notoria entre ambos años.

La Ecosofía, una fórmula que integra tres ecologías: la del desarrollo del ser individual, el desarrollo de las relaciones interpersonales y la defensa de la Naturaleza.
Felix Guattari

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para entender mejor la situación actual de la comunidad coralina y la región de Nenguange es imperativo dedicar unas hojas para conocer ciertas de las cualidades de la historia antrópica local y regional, y ligarlas a la estructura natural y sus procesos antes de intentar una síntesis técnico-científica de la ecología de la comunidad coralina.

6.1 HISTORIA ANTROPICA

El presente, claramente, es producto del pasado y *del futuro*, y el Parque Tayrona, como institución y en gran parte como unidad ecológica, ha logrado sobrevivir la prueba del tiempo a pesar de los escépticos (IGAC, 1975) que presumieron su "extinción" para finales del siglo pasado (XX). Su historia natural ha convivido con el pequeño pero sustancioso capítulo de historia humana de al menos 2000 años. Comenzando con la cultura Nahuanje que habitó la región 500 años después de Cristo y en especial sus descendientes conocidos como los Tairona que llegaron a un asombroso desarrollo tecnológico para el siglo X (Reichel-Dolmatoff, 1965, F.P.S.N.S.M., 1995). En la Bahía se han encontrado huellas de construcciones de viviendas, caminos y terrazas superpuestas con muros de contención y canales que minimizaban la erosión en la práctica de la agricultura (Franke, inédito). Las culturas nativas, siguiendo sus costumbres religiosas, dejaron enterrados santuarios con objetos de oro, piedras semi-preciosas y otros, los cuales a mediados del siglo XX serían guaquiados por colonos inmigrantes del interior del país (F.P.S.N.S.M., 1995) y también serían un motivo inicial de ocupación de las Bahías del Parque. Debido a la conquista de la cultura Tairona por los españoles que empezó en 1502 con el reconocimiento de la zona costera, la fundación de Santa Marta en 1525 y la llegada del gobernador López Orozco en

1596, comenzaron la colonización de tierras, el establecimiento de una agricultura y ganadería extensiva para la región y la introducción y utilización de esclavos africanos (Franke, inédito; F.P.S.N.S.M., 1995). Con el paso de los siglos llegó el sometimiento de las poblaciones nativas, el mestizaje entre las varias etnias, y olas de colonización de otras regiones. Las olas de colonización del siglo veinte, en especial, tendrían un efecto importante en el formación de la región, ya que la intensidad de uso de los recursos sería mas fuerte y efectiva. La primera ola (de 1900 a 1940) se dio por la búsqueda de nuevas oportunidades como la actividad agrícola vinculada a la ruta de contrabando por personas provenientes en su mayoría de las zonas aledañas (F.P.S.N.S.M., 1995). A comienzos del siglo también se consolidó la zona bananera con el *United Fruit Company* que trajo consigo un crecimiento económico y demográfico a la región (com. pers. Rodríguez, F.P.S.N.S.M., 1995) hasta la segunda guerra mundial, cuando cayó en crisis económica el país y los trabajadores del banano se dispersaron en búsqueda de tierras vírgenes para explotar y sembrar banano a lo largo de toda la costa (F.P.S.N.S.M., 1995). El Parque Tayrona y las Bahías probablemente se salvaron del banano por ser áreas montañosas, aunque la ganadería y la pesca ya se habían establecido con la colonización. Sin embargo, a lo largo de la costa entre Santa Marta y Dibulla la pesca aún era limitada en comparación con la actualidad. La condición de Santa Marta de presentar el principal puerto de la región también influyó notoriamente en el desarrollo de las actividades económicas y demográficas, así como indirectamente en el acelerado deterioro de la base natural. La segunda oleada (de 1950 a 1970) fue causada por la denominada época de la violencia partidista donde migraron miles de personas del interior del país buscando refugio en esta región (F.P.S.N.S.M., 1995) relativamente aislada. Los desplazados y los antiguos colonos en esta época encontraron los santuarios dejados por los desterrados Tairona y comenzaron la guaquería (F.P.S.N.S.M., 1995), lo que alteró no solamente los vestigios de la cultura nativa sino también la vegetación y los perfiles del suelo (Franke, inédito). Adicionalmente, por la guaquería se comenzaron a formar campamentos a lo largo de las Bahías aisladas del Parque, incluyendo a Nenguange, cuyo acceso solamente era por vía marítima. Hasta el momento, las áreas permanecían relativamente inalteradas

aunque las poblaciones mestizas locales habían consolidado la pesca como complemento económico de la siembra a pequeña escala. En 1964 ante el reconocimiento de unos investigadores internacionales y nacionales de la gran riqueza del actual Parque Tayrona, el I.N.C.O.R.A. nombró la región oficialmente como área protegida (I.G.A.C., 1975). Hasta entonces parte del terreno del parque estaba ocupado por aproximadamente 200 colonos minifundistas y por unos pocos potentados que usufructuaban o alegaban posesión sobre extensiones mayores (I.G.A.C., 1975). Las montañas del Parque y la inexistencia de la Troncal Caribe ("la Cartera") aún lograban crear una barrera de protección, mientras que en las otras áreas aledañas a Santa Marta el desarrollo era incontrolable. No obstante, en el año 1967 se empezó la construcción de la largamente esperada troncal y junto con ella, encontraron "desagüe" los asentamientos tanto por fuera como por dentro del Parque, el turismo, el desarrollo, la tala de los bosques y el cultivo de la marihuana con sus efectos violentos. Aunque a finales de la década de los 60 el I.N.C.O.R.A. intentó recuperar las tierras del Parque (sacar a los agricultores) (com. pers., Sr. Pinto, pescador de la bahía de Nenguange, 1999) coincidencialmente unas familias poderosas de Santa Marta compraron extensiones importantes del mismo (IGAC, 1975; com. pers., G. Rodríguez, F.P.S.N.S.M., 1999). Con estas nuevas ocupaciones el Parque nunca volvería a ser el mismo. El negocio del cultivo de la marihuana vio su auge en los años 70 debido a la alta demanda extranjera (F.P.S.N.S.M., 1995). En 1974 la Corporación Nacional de Turismo financió la pavimentación que conecta la Troncal caribe con las bahías Gairaca y Nenguange (com. pers. "El Toco," pescador de la Bahía de Nenguange) y con ella el acceso a estas áreas naturales y protegidas fue completa. Hasta el momento diez personas habitaban a Playa Nenguange (Playa oriental) desde hace varios años (Werding y Vélez, 1976) y probablemente llegaron con el objetivo inicial mencionado anteriormente, de encontrar los santuarios enterrados de los nativos. En el año 1976, Werding y Vélez encontraron que las actividades de sustento dentro de Nenguange había pasado a ser la pesca, la ganadería, la cacería, y otros negocios con visitantes ocasionales. Con la carretera (1974), además, se asentó un nuevo grupo de personas en Playa Pescadores (Franke, inédito). En el año 1975 invasores se establecieron en Playa del Muerto y

construyeron sus propios ranchos allí (Franke, inédito). Para estos tiempos el turismo aún era muy pobre, pero el tráfico de lanchas para sacar la marijuana, que se estaba cultivando por toda la cuenca del Río Piedras e incluso dentro de valles en el Parque, era alta. Una ventaja para los ecosistemas marinos del momento era que aún no había llegado el motor fuera de borda. Los pescadores dicen que los ecosistemas de esta época "estaban enteros." "Abundaban los gorgonáceos (abanicos de mar) y el caracol botón." La bonanza marimbera trajo con sí una tercera ola de colonización (de 1970 a 1980) en búsqueda del enriquecimiento rápido. Se vio un impacto inconmensurable sobre la base natural debido a la tala y quema de bosques para campos de cultivo (F.P.S.N.S.M., 1995). De acuerdo con algunos investigadores, la población en la región se triplicó en estos años (F.P.S.N.S.M., 1995).

6.2 SE PREPARAN LAS GRANDES PERTURBACIONES

La caída de la demanda de la marihuana en los años 80 fue reemplazada rápidamente por la Coca (F.P.S.N.S.M., 1995). La nueva bonanza coquera trajo con sí aún más desarrollo a la región en infraestructura por el "lavado de dólares", lo que coincidió con la explosión turística. Construcciones a lo largo del litoral, rellenos, dragados y el vertimiento de aguas negras entre otros son ejemplos del nuevo desarrollo del momento. También se registró el uso intensivo de la dinamita para abastecer las necesidades de los turistas en su demanda de peces comerciales para consumo. Las autoridades, que hasta el momento carecían casi por completo de presencia en el área, en búsqueda de frenar el desarrollo y crecimiento de la coca, empezaron a fumigar las estribaciones de la Sierra con herbicidas como el glyfosfato, los cuales con el tiempo, posiblemente llegaron a parar en las Bahías del Parque y afectar los recursos biológicos y no biológicos de toda la costa. A pesar de los esfuerzos de la U.A.E.S.P.N.N., institución responsable de los parques en Colombia, todos los problemas mencionados arriba han llegado hasta las playas de Nenguange y sus alrededores. En el presente, dentro de el área "protegida" se encuentran: asentamientos humanos, tala de bosque, pesca con dinamita, pesca indiscriminada de otros órdenes como el chinchorro y el

arpón, ganadería, cultivos de diversos tipos, salida de más del 60% de la droga ilícita de la región, turismo inconsciente de la fragilidad de los ecosistemas marinos, sobrepoblación de lanchas, acumulacion de basuras y aguas negras, propietarios de grandes extensiones y otros problemas. La falta de planeación del pasado se ha convertido hoy en un problema abrumador. No existe orden para parqueo de automóviles, parqueo de lanchas, ubicación de casetas de venta, ubicación y mantenimiento de basuras, baños públicos, mantenimiento de caminos, señalización y la vigilancia de las personas prestadoras de servicios es muy poco para las exigencias de la zona. Debido a la escasez de recursos en la U.A.E.S.P.N.N. las basuras pueden permanecer apiladas al lado de quebrada de Giraca y a lo largo de los caminos que conducen a las diferentes playas por meses. Playa Brava, que queda en la porción occidental de la Bahía, es un depósito para todas las basuras provenientes de otras partes de la costa las cuales llegan al mar por el depósito indiscriminado de toda clase de productos a los ríos de la región. En el invierno, cuando llegan las crecidas, las basuras salen al mar donde las corrientes predominantes hacen que lleguen a Nenguange. En búsqueda del ordenamiento de la llegada de lanchas a playa de Nenguange al oriente de la Bahía, la U.A.E.S.P.N.N. construyó un muelle a expensas del paisaje. El muelle hasta el momento del presente estudio no logró funcionalidad alguna con las lanchas que trabajan en el área debido a problemas en su diseño. Es posible que las únicas embarcaciones que logren aprovechar el muelle son las de dimensiones más grandes y aún así el calado del fondo donde se ubica el muelle no es muy bueno y las cualidades de agitación del agua pueden llegar a condiciones peligrosas por la cercanía del litoral rocoso de Punta Bellavista.

6.3 LA SEDIMENTACION COMO ENLACE VISIBLE ENTRE EL CONTINENTE Y EL MAR

La ruta pavimentada que conecta la troncal del Caribe con las Bahías presenta sus propios

efectos de perturbación, como por ejemplo la alta cantidad de sedimentos que genera. Debido a las fuertes inclinaciones de los taludes de las montañas, que llegan hasta los 300m de altura y que forman el valle aluvial de Nenguange, a lo largo de la pavimentada se presentan derrumbes que descargan grandes cantidades de sedimentos a las aguas y que cierran el paso a automóviles sobre la misma. Uno tendería a pensar que con los años la sedimentación bajaría en gravedad desde sus primeros reportes por el I.G.A.C. (1975) y Werding y Vélez (1976) hace ya un cuarto de siglo, sin embargo, Werding y Vélez (1976) pronosticaron, con razón, que los sedimentos seguirían influyendo las tasas de sedimentación por muchos años más. Posiblemente los derrumbes no cesarán hasta que la erosión de las montañas entierre a la carretera por completo, a menos que se hagan muros de contención y desagües como los hechos por los nativos de hace más de un siglo.

Claro está que la sedimentación también es producto de procesos naturales. La escorrentía que sucede por la canalización de aguas con sedimentos de la cadena de montañas que delimita a Nenguange, en épocas de lluvia es depositada en lagunas temporales de agua salobre por donde los sedimentos se filtran poco a poco hacia el mar (Werding y Vélez, 1976). Estas lagunas también se conocen como lagunas de colmatación ó costeras. La importancia de estas lagunas como filtro de sedimentos (I.G.A.C., 1975; Werding y Vélez, 1976) y como ecosistemas propicios para flora y fauna eurihalina como, por ejemplo, los bosques de mangle y los peces mugílidos (I.N.DE.RE.NA-F.E.N., 1984), no se puede enfatizar. Sin embargo, la deforestación mencionada anteriormente se está encargando de secar las lagunas. Esta observación fue registrada por primera vez por la Universidad Nacional en 1987. La laguna denominada "El Saladal", que se ubicaba en Playa Pescadores, no se encontró en el año 1999, durante el presente estudio. En épocas de lluvia la laguna se conectaba con la "Laguna del manglar" la cual parece ser el remanente de una gran e importante laguna de colmatación.

La quebrada de Giraca, que desemboca en la porción oriental de la playa de Nenguange cerca a Punta Bellavista, también aporta sedimentos inorgánicos e orgánicos a las aguas de la Bahía

(Werding y Vélez, 1976); aunque también se encuentra en procesos de secarse por la tala del bosque a lo largo de su cuenca. En época de lluvia, cuando la quebrada logra romper la barrera de arena de la playa que la hace estancar en el verano aporte a sedimentos que se depositan en la porción sur del ecosistema coralino de Playa Pescadores. Loya (1976) considera que si la tasa de sedimentación supera los 15 mg/cm/día habría descensos en la diversidad y cobertura de los corales. Sin embargo, la Universidad Nacional (1987) encontró que, frente a la quebrada de Giraca (fuente natural), la tasa era de 2.19 mg/cm/día. Es importante anotar que ésta lectura parece haberse registrado hacia finales del invierno, cuando gran parte de los sedimentos acumulados ya fueron arrastrados. Sin embargo, con el reemplazo de las fuentes naturales de sedimentación por las de la tala y la construcción de la pavimentada, los efectos nocivos de la sedimentación sobre la comunidad coralina se han registrado en la presencia de coral enfermo y, en especial por el blanqueamiento en la especie *Montastrea annularis*, que es considerada como indicador de sedimentación (U.N., 1987). En septiembre del año 1999, durante la presente investigación, se observó que en la columna de agua la turbidez llegaba hasta los 10 a 14m de profundidad.

El mismo proceso que seca la quebrada (la tala del bosque) también hace que los suelos se inestabilicen y causen la descarga de sedimentos a la Quebrada. Otro aporte natural de sedimentos sucede en el área que queda por detrás de la playa de Nenguange. Allí se ubicaba una gran laguna de colmatación que precisamente logró consolidar esta playa (I.G.A.C., 1975) en un proceso de miles de años. La Universidad Nacional (1987) encontró que esta laguna alcanzaba el metro de profundidad. En 1999 el presente estudio solo encontró un arroyo depositando una pequeña pluma de sedimentos en la porción occidental de la playa de Nenguange. Finalmente, se sabe que toda la zona de Santa Marta está influenciada por sedimentos provenientes del Río Magdalena y la Ciénaga Grande de Santa Marta (Bula-Meyer, 1985).

A pesar de todas las fuentes naturales de sedimentos, los ecosistemas marinos, que son muy

sensibles a ellos, lograron un crecimiento notorio a través de la historia, en especial en la zona oriental protegida de la Bahía. Es muy posible que las fuentes antrópicas de sedimentación en la Bahía estén alterando las condiciones iniciales propicias para el desarrollo de los ecosistemas marinos (I.G.A.C., 1975; Werding y Vélez, 1976).

6.4 EL PASO A PIE A TRAVES DEL LITORAL

Por otro lado, los caminos terrestres a las playas también presentaron huellas de impacto antrópico, en especial el camino que atraviesa el pequeño remanente de manglar entre Playa Pescadores y Playa Viva. Los neumatóforos de *Avicennia germinans*, los cuales abundaban en el camino antes de la ocupación de la Bahía, y que cubrían el sustrato arenoso continuamente a lo largo de su zona de crecimiento, se encontraban ausentes en las zonas en donde transitan las personas a pie de playa a playa. Los riesgos a largo plazo de la situación descrita son: 1) la ampliación del camino a costa de las raíces que permanecen y el bosque por un incremento en el tránsito de personas, especialmente si existen intenciones de abrir senderos terrestres ecológicos o de naturaleza cultural y 2) la compactación del suelo, lo que causará una obstrucción en la lixiviación entre la laguna de colmatación que se ubica por detrás del bosque y el mar. Este último proceso se describió anteriormente y es uno de los procesos de interacción más importantes entre el continente y el mar, así como un vehículo de abastecimiento de materia orgánica e inorgánica para los diversos sistemas marinos como el pasto tortuga, el fitoplancton, el zooplancton y el coral (Cintrón y Shaeffer, 1983). Adicionalmente, a lo largo de todo el camino se observó el deposito de basuras de toda clase. El sitio que causa mayor preocupación, por el efecto de las basuras, es el espacio que existe entre las raíces del manglar, ello debido a su función de criadero de una flora y fauna diversa, en especial larvas de muchas especies de interés económico (Ogden, 1980).

6.5 LA COMUNIDAD CORALINA

Hasta el momento se han descrito temas extrínsecos al sistema coralino tales como la población humana y su comportamiento de supervivencia, las grandes y pequeñas perturbaciones producto de esa supervivencia y el tema especial de la sedimentación como agente visible que perturba y que es producto de procesos ecológicos y de actividades humanas. Antes de describir a fondo otros agentes de cambio que han afectado el sistema coralino (es decir huracanes, el efecto del baño con careta y el uso de dinamita para la pesca) se darán a conocer mejor algunos atributos comunitarios del sistema coralino. Partiendo de la *comunidad coralina* como idea principal en una jerarquía de organización, en el nivel siguiente de organización en Nenguange se encontraron:

1) *Arrecifes de franja* según Goreau *et al.* (1979) y Humann (1993) parecidas a las *comunidades coralinas costeras recientes* según Geister (1983) o *arrecifes coralinos costeros* según Garzón & Cano (1990). Según Geister estas formaciones se originan casi desde la orilla (menos de 1m de la costa) hasta los 10 pies (3m de profundidad). Internamente presentan ciertos ensamblajes arreglados en cinturones dispuestos paralelamente a la línea de costa donde en algunos cinturones, como en la cresta, predominan normalmente pocas especies mientras que en los taludes pueden abundar el número de especies (Díaz *et al.*, 1996). Se consideran además como los arrecifes más recientes en términos geológicos (Humann, 1993).

2) *Costras coralinas* según Geister (1983) parecidas a las *cabezas de coral* según Humann (1993) ó *tapetes coralinos* según Zea *et al.* (1998). Según Geister (1983) estos normalmente se disponen en parches alejados del litoral separados de las comunidades coralinas costeras por 41 - 72m aproximadamente. Son además parecidos a los denominados arrecifes de parche, aunque son considerablemente de menor tamaño tanto en extensión como en altura (Humann, 1993). Pueden estar formados tanto por una colonia masiva de una especie o por varias colonias pequeñas de la misma o diferentes especies (Humann, 1993).

De acuerdo con la clasificación de Geister en Díaz *et al.* (1996), los arrecifes que se

encontraron en Nenguange se pueden considerar como *Arrecifes Acropora-Diploria* con una exposición intermedia al oleaje y con los dos géneros mencionadas siendo los dominantes en el paisaje de la cresta por encima de los 3.5m de profundidad. En el presente estudio se coincide con Wedler y Alvarez-León (1989), quienes estudiaron una porción de la cresta arrecifal en Nenguange y la describieron como paisajes muy variados a distancias muy cortas en relación con otros arrecifes del Caribe. En total se encontraron aproximadamente 37 especies de coral escleractinio (35) y mileporino (2), la mayoría de las cuales se encontraban por debajo de los 3m de profundidad. La diferencia de riqueza entre la cresta del arrecife y las formaciones más profundas se debe a que las pocas especies de las formaciones someras han logrado adaptarse a las fuerzas y efectos del oleaje y la luz solar (Díaz *et al.*, 1996). En el muestreo del año 1998 del presente estudio, en frente de Playa del Muerto, se encontró una correlación positiva entre la diversidad y la profundidad de crecimiento de las especies de coral (véase la figura 88). La Universidad Nacional (1987) encontró, además, una correlación positiva entre la cobertura de coral escleractinio y la profundidad, lo que corresponde, aunque en menor grado, con lo encontrado por el presente estudio. Aunque circunstancial, entre más profundo se encuentra el coral no solo merman las presiones físicas ambientales mencionadas sino que también el acceso y exposición a disturbios antrópicos disminuye.

6.6 ECOLOGíA CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DE LA COMUNIDAD

La cobertura de coral vivo para la totalidad de la comunidad entre los 3.5 y 4.5m de profundidad en 1999 era del 26.8% relativa a los principales componentes bentónicos ó 32.7% del sustrato duro. Díaz *et al.* (1995) encontraron que en las islas de San Andrés la cobertura de coral vivo relativa al sustrato duro era 26.6% aunque no necesariamente a la misma profundidad (30% según Zea *et al.*, 1998). En Egipto, Bonaire y Saba, las respectivas coberturas eran del 16 - 21%, 38 - 40%, y 27 - 29% relativas al fondo (Hawkins y Roberts, 1997). Nenguange, por lo tanto, en el presente mantiene una cobertura importante. No

obstante, en 1999 se estimó que al menos un 64.3% de fondo podría estar cubierto entre los 3.5 y 4.5m de profundidad si todo el coral erosionado, el cascajo, y el coral muerto estuviera vivo. De este valor al real (26.8%), un poco más de un tercio permanece vivo en una zona cuyo uso turístico es mínimo comparada con Jamaica y las islas de San Andrés (Zea *et al.*, 1998). La cobertura de coral vivo en las islas ha disminuido considerablemente en los últimos 28 años (Zea *et al.*, 1998). Las causas más relevantes del declive coralino en las islas según Zea *et al.* (1998) son los dragados y rellenos del litoral, embarcaciones varadas, el vertimiento de aguas negras, polución termal, la sobre-pesca, construcciones a lo largo de la costa y actividades turísticas como el buceo y el baño. Otro ejemplo de declive coralino es la isla de Jamaica. En los años 70 se consideraba una de las islas del Caribe con mayor cobertura coralina (30 al 80% del sustrato), sin embargo en estudios recientes esa cobertura ha disminuido hasta el 5% (Díaz *et al.*, 1995). En el área de Negril, Jamaica, las causas más relevantes del declive coralino según Goreau (1991) eran la eutrofización, la sedimentación, el impacto mecánico por los turistas y la sobre pesca.

En las terrazas prearrecifales de Nenguange, entre los 3.5 y 4.5m de profundidad, el 26.8% de cobertura coralina viva fue dominada por el hidrozoario *Millepora complanata* (28.8%) y los corales escleractinios *Siderastrea siderea* (22.8%), *Diploria strigosa* (11.6%) y *Colpophyllia natans* (8.9%) en orden de dominancia respectiva. Díaz *et al.* (1996) corroboran el orden de los resultados en San Andrés con las dos primeras especies, aunque en las Islas *Montastrea cavernosa* era el tercer escleractinio dominante. Entre los corales escleractinios en Nenguange, *Montastrea cavernosa* ocupo el quinto lugar después de *Porites astreoides.* Esta última especie junto con *Agaricia humilis* presentaron frecuencias (100% y 66% respectivamente) y número de colonias (ciento sesenta y setenta y cuatro respectivamente) importantes a pesar de sus bajas coberturas lo que significa, sin embargo, una gran capacidad de adaptación. *Diploria strigosa* y *Siderastrea siderea* también presentaron un número de colonias importante - 102 y 86 respectivamente (véase la tabla 4) -. El trabajo de la Universidad Nacional en 1987 concuerda con la dominancia de *Millepora complanata* y

Siderastrea siderea como las dos especies más extensas en Nenguange, aunque no con las tres siguientes especies las cuales eran *Diploria clivosa*, *Porites astreoides* y *Agaricia agaricetes* en 1987. En total, en el muestreo cuantitativo del año 1999, se encontraron un total de 24 especies para 650 colonias (véase la tabla 4). Nueve especies presentaron coberturas relativas intermedias (1.1% - 5.1%) y once especies presentaron coberturas relativas por debajo del 1.0%. En especial *Dichocoenia stokesii* fue la especie con menor cobertura (0.01%) tanto en el muestreo del año 1998 en Playa del Muerto como en todo el dominio en 1999 entre los 3.5 y 4.5m de profundidad. Como se mencionó anteriormente, entre los recorridos cuantitativos y cualitativos se encontraron un total de treinta y siete especies de coral (véase la tabla 5).

6.7 SIMILARIDAD CONTRA DIVERSIDAD EN PLAYA DEL MUERTO

Para el muestreo del año 1998 se intentó encontrar una relación entre el grado de similitud (índice de Bray-Curtis) entre estaciones y sus respectivas diversidades (Hill, N1) partiendo del supuesto de que *entre más similares son dos estaciones también deberían compartir una diversidad parecida.* La justificación radica en que ambos índices dependen de los mismos datos de composición y estructura. Sin embargo, no se pudo establecer relación alguna entre ambos índices (véase la figura 87). Las réplicas más diversas pertenecían a estaciones disímiles (por ejemplo **Mc - ME**) y, por lo general, réplicas muy similares tenían diversidades muy diferentes (por ejemplo **Me - Mh**). La única excepción era la estación **MF**. Tampoco fue posible reconocer agrupaciones de réplicas ó de estaciones sobre un único corte en el dendrograma que coincidieran con algún patrón de diversidad. Se puede afirmar, entonces, que el supuesto mencionado anteriormente para relacionar estas dos herramientas cuantitativas no se sostiene.

Independientemente, el análisis de similitud entre réplicas de estaciones demostró más variabilidad dentro de las estaciones que entre las mismas. En el análisis, la forma gradualmente escalonada del dendrograma demuestra que las réplicas presentaban un

Tabla 5. Comparación espacio-temporal de las especies de coral encontradas en la bahía de Nenguange. P.V. = Playa Viva, P.M. = Playa del Muerto y P.A. = Piedra Ahogada (Tomado de Werding y Vélez, 1976; U.N., 1987 y el presente estudio). X = especies presentes. X = nuevos reportes para 1999. Los números representan porcentajes de cobertura de coral relativo a la comunidad total de coral por zonas y entre 1998 y 1999 para Playa del Muerto. Números en paréntesis son del muestreo cuantitativo.

ESPECIES	*1976 P.V.*	*1987 Total*	*1999 Total*	*1998 P.M.*	*1999 P.M.*	*1999 P.V.*	*1999 P.A.*
Acropora cervicornis	X	X	X	X		1.0	
Acropora palmata	X	X	X	1.2	X	1.0	X
Agaricia agaricetes	X	X	X	1.0			
Agaricia fragilis			X			X	
Agaricia humilis			X		3.7	0.2	2.1
Agaricia lamarcki	X						
Agaricia spp.			X			0.3	0.5
Agaricia tenuifolia	X	X	X			0.3	0.5
Astrangia solitaria	X	X					
Cladocora arbuscula	X	X	X			X	
Colpophyllia amaranthus	X	X					
Colpophyllia breviserialis	X						
Colpophyllia natans	X		X	10.1	4.3	22.4	
Dichocoenia stokesii	X		X	0.1	X		0.1
Diploria clivosa	X	X	X	X	1.0	2.8	0.7
Diploria labyrinthiformis	X	X	X	5.4	2.5	2.8	2.0
Diploria strigosa	X	X	X	30.9	20.6	6.4	7.9
Eusmilia fastigiata	X						
Favia fragum	X	X	X	X			1.8
Isophyllia sinuosa	X						
Leptoseris cucullata	X	X	X		0.2	0.2	0.7
Madracis decactis	X		X			1.0	0.1
Madracis formosa			X			X	
Madracis mirabilis	X	X	X			X	
Madracis pharensis	X		X				
Manicina areolata	X	X	X	X	0.2	1.0	X
Meandrina meandrites	X	X	X	1.5	2.7	0.2	0.5
Millepora alcicornis	X	X	X	0.6	0.4	2.9	0.7
Millepora complanata	X	X	X	29.8	43.6	28.6	14.1
Millepora squarrosa	X	X					
Montastrea annularis	X	X	X	4.2	2.9	2.4	7.0
Montastrea cavernosa	X	X	X	3.5	7.0	5.7	2.2
Montastrea faveolata			X	X		4.3	
Mussa angulosa	X	X					
Mycetophyllia ferox	X		X				X
Mycetophyllia lamarckana	X	X					
Mycetopyllia aliciae			X			X	
Oculina diffusa	X	X	X	X	X		
Phylangia americana	X	X					
Porites astreoides	X	X	X	2.2	3.7	3.1	8.5
Porites porites	X	X	X			X	
Scolymia lacera	X	X					
Scolymia spp.			X			X	
Siderastrea radians	X		X	3.4	0.6	X	0.7
Siderastrea siderea	X	X	X	6.6	6.0	12.6	49.8
Solenastrea hyades	X		X		X		X
Solenastrea bournoni			X	X	X		
Stephanocoenia michelinii		X					
Stephanocoenia intersepta	X	X	X		0.6	0.7	
Tubastre aurea		X					
ESPECIES TOTALES:	40	31	37	21(14)	21(16)	29(21)	22(18)

paulatino cambio en composición y estructura y, por lo tanto, el dominio era bastante heterogéneo (O. Solano, com. pers., I.N.V.E.M.A.R., Santa Marta). Es posible que las unidades muestreales empleadas fueran pequeñas y la resolución de la información fuese muy detallada por lo que en futuros proyectos debería considerarse incrementar su tamaño (Rabinovich, 1978). No obstante, estos resultados concuerdan con el estudio de Wedler y Alvarez-León en 1989.

Los índices de diversidad entre los 2 y 4.3m de profundidad eran más variados que en las otras profundidades (índice de Hill N1: 2.83 - 6.03). No obstante, como se mencionó anteriormente, las estaciones incrementaban su diversidad significativamente con la profundidad. Por lo tanto, las estaciones más profundas a 5.0 y 7.6m eran las más diversas en la zona de Playa del Muerto (N1: 8.78 y 7.13 respectivamente).

Entre las estaciones más someras sobre el arrecife, la estación **MC** era la más diversa (N1: 3.97 - 5.21) y, además, presentaba el porcentaje más alto de cobertura de *Acropora* muerta (33.4 60.5% relativo al fondo). Este aparente problema se explica, a primera vista, induciendo que los nichos vacantes eran aprovechados por especies oportunistas y que, gracias a la mortandad de *Acropora*, la diversidad aumentó. Sin embargo, a segunda vista, este argumento no necesariamente se mantiene. En la estación **MA** colonias importantes de *Acropora* aún se encontraban vivas y en los alrededores de su estructura se encontraba un rico ensamblaje de especies (N1: 2.98 a 3.76), inclusive tres especies más que en **MC** para un total de diez. La explicación más obvia para la discrepancia en diversidades entre las estaciones mencionadas, por lo tanto, no necesariamente es la presencia o ausencia de *Acropora* muerta, sino que, en este caso, la falta de equitatividad existente entre las coberturas de las especies en la estación **MA**, debido a la dominancia de *Acropora*, afectaba el índice de diversidad de **MA** y viceversa en la estación **MC**.

6.8 FLORA Y FAUNA ASOCIADA

Bordeando la porción del arrecife a sotavento en Playa Viva, se encontraba una gran pradera de pasto tortuga *Thalassia testudinum* cuya relevancia en el ecosistema es de suma importancia. La pradera se encarga en parte de la producción del oxigeno necesario para los animales del arrecife, entre los que se encuentran los corales (Ogden, 1980). La pradera también se encarga de filtrar el exceso de materia orgánica e inorgánica disuelta proveniente de la lixiviación del continente, como el de las lagunas de colmatación, y así previene la eutrofización de las aguas, controlando la proliferación de algas que compiten por el sustrato con el coral (Guillot y Marquez, 1975). La pradera ofrece diversos grados de biotopos favorables para la presencia de diversos epifitos, refugio a numerosas formas sedentarias y errantes (U.N., 1987), así como un sitio de cria de animales debido a su alta productividad. Entre los animales se pueden encontrar herbívoros y de esta forma se puede decir que la pradera promueve indirectamente el herbivorísmo y el bienestar de los corales. Otra función importante del pasto es la de consolidar la arena proveniente de la erosión del esqueleto de carbonato de calcio de los corales y facilitar la formación de las playas de arena blanca de la Bahía .

En la figura 58 se aprecia un pez del genero *Stegastes* protegiendo un sembrado de algas cespitosas. Las algas encontraron su mayor expresión frente a Playa Viva cubriendo un 11% del sustrato duro seguida por un 9% en Piedra Ahogada y un 2% en Playa del Muerto. En la isla de Jamaica un crecimiento normal de las algas estaba en el orden del 10% de cobertura del sustrato duro junto con esponjas y corales blandos - Goreau *et al.* (1979). En las islas de San Andrés, las algas alcanzaron un promedio del 50% de cobertura del sustrato duro en la mayoría de las estaciones y hasta un 95% en algunas estaciones aisladas (Zea *et al.*, 1998). Por lo tanto se puede concluir que las algas no ejercían una presión importante en Nenguange durante la época de estudio.

No cabe duda de que con la presencia de las poblaciones de los peces cirujano (*Acanthurus*

bahianus) junto con seis especies de erizos (*Lytechinus variegatus*, *Tripneustes ventricosus*, *Diadema antillarum*, *Echinometra lucunter*, *Echinometra viridis* y *Eucidaris tribuloides*), dos especies de pepino de mar (*Holothuria thomasii* y *Isostichopus badionotus*) y algunos gastropodos (como por ejemplo, *Cerithium litteratum*) la cobertura algal se mantenía regulada y no se expandía sobre el resto del sustrato duro disponible. El conjunto de animales mencionados conforman los principales herbívoros de la comunidad coralina.

Dentro de las unidades muestreales se encontró una cobertura insignificante de esponjas, pero en los alrededores estuvieron representadas por las dos principales formas: las esponjas erectas (es decir, *Holopsamma helwigi*, *Anthosigmella varians* y *Niphates digitalis*) y las incrustantes (es decir, *Clathria sp.* y *Halisarca sp.*). La distribución de las esponjas no demostraban algún patrón en particular, lo que según Díaz *et al.* (1996) puede deberse a un fuerte componente aleatorio debido a la corta distancia de dispersión de las larvas.

Se encontraron Gorgonáceos (*Plexaura sp.*) a profundidades intermedias, alcanzando tallas grandes en aguas turbulentas como en las partes expuestas de la Piedra ahogada. Este comportamiento de adaptación es común en estos organismos (Díaz *et al.*, 1996). También se encontró el coralimorfario *Ricordea florida*, siendo este un primer registro para la Bahía. Dentro del grupo de los equinodermos se reportaron por primera vez el erizo *Echinometra viridis*, los holothurios *Holothuria thomasii*, *Isostichopus badionotus* y, tentativamente, *Holothuria mexicana* y esqueletos del corazón de mar *Meoma ventricosus.*

Un individuo nudibranquio - *Tridachia crispata* - fue hallado en la Piedra Ahogada en el presente estudio. Werding y Veléz (1976) y Acero (1977) reportaron presencias frecuentes de esta forma de vida. Luego, en el estudio detallado de moluscos realizado en la Bahía por Díaz y Gotting (1986) esta especie no fue reportada. Es posible que haya sido una dentro de muchas especies que posiblemente han sufrido tendencias hacia la extirpación, cosa que, sin monitoreos continuos, nunca se podrá comprobar.

En general se encontró una escasez de langostas (*i.e. Panulirus spp.*), pulpos (*i.e. Octopus sp.*), caracol pala (*i.e. Strombus gigas*), cangrejos (*i.e. Mitras*), tiburones, pargos (*i.e. Lutjanus spp.*), chernas (*i.e. Mycetoperca spp.*), meros (*i.e. Epinephelus spp.*), roncos (*i.e. Haemulon spp.*), abanicos de mar (*i.e. Gorgonia spp.*) y tortugas, entre otros. Estos resultados coinciden con otras áreas del Caribe las cuales han sido sometidas a la sobre-pesca (Díaz *et al.*, 1996). Los pescadores de la Bahía comentaron que, con el cierre del parque y la disminución de las actividades relacionadas con el turismo, bastantes peces regresaron a la orilla de las playas. Además se observaba cómo algunas especies como *Myripristis jacobus*, *Acanthurus bahianus*, y *Stegastes sp.* aprovechaban el refugio entre las colonias de *Acropora* en recuperación. Se encontró una barracuda nadando entre la cresta de uno de los arrecifes. Aunque es prematuro concluir, este acontecimiento posiblemente puede indicar la recuperación de la red trófica ya que *Sphyraena barracuda* representa un consumidor principal (Acero, 1977) el cual depende de muchos eslabones intermedios de miembros de la comunidad. Otros consumidores importantes encontrados en los arrecifes eran las morenas (*i.e. Gymnothorax funebris*). En total se encontraron más de 55 especies de peces en la comunidad de Nenguange en recorridos no-exhaustivos. Acero (1977) encontró un total de 44 especies de peces (42%) que se asociaban estrechamente con los corales denominándolos residentes bentónicos. Estas especies permanecían sobre o entre las formaciones coralinas aún cuando podían alimentarse en la columna de agua. En total Acero (1977) encontró 125 especies de peces asociados de una u otra forma con las formaciones coralinas en Playa Viva. Al igual que otras partes del Caribe, los residentes bentónicos se encontraban relacionados constantemente con las especies de *Acropora* y *Millepora*, lo que implica una gran importancia ecológica de estas especies como refugio contra condiciones ambientales adversas y contra predadores (Acero, 1977).

Finalmente, se anota que la fauna y flora mencionada pertenecen a las formas de vida macroscópicas. En la comunidad coralina de Nenguange se han encontrado también formas de vida meso- y microscópica que forman parte esencial de la comunidad coralina (es decir,

fitoplancton y zooplancton) y la base de la red trófica ya que son productores primarios y fuentes de energía para mucha taxa (Caicedo Lara, 1977). Durante la mayor parte del año, el fitoplancton suele ser pobre cuantitativamente y durante la época de lluvias se presenta una abundancia tanto cuantitativa como cualitativamente (Caicedo Lara, 1977).

6.9 SALUD CORALINA

Anteriormente se mencionó que en 1999 en Nenguange, entre los 3.5 y 4.5m de profundidad, se encontró un 54.9% de coral erosionado y cascajo relativo al fondo marino o un 67.2% relativo a la cobertura coralina (viva + muerta) en la comunidad coralina. 37.1 del 54.9% le correspondía a coral erosionado y 17.8% a cascajo proveniente en su mayoría del esqueleto erosionado o impactado de *Acropora cervicornis*. Menos de un 3.3% le correspondió a coral recién muerto en toda la comunidad. En 1987 la U.N. encontró en estaciones de Playa Viva y Playa Pescadores un 76.5 y 87.8%, respectivamente, de cobertura coralina muerta relativa al fondo. Sin embargo, ellos no especificaron si el coral muerto correspondía a recién muerto o erosionado. En el archipiélago de San Andrés, Díaz *et al.* (1996) encontraron un 55% de coral recién muerto relativo al sustrato duro en la isla de San Andrés, un 43% en Courtown, un 56% en Serrana, y un 53% en Roncador, lo que indica que las presiones e impactos en esa parte del Caribe estaban vigentes hasta la fecha del estudio. En promedio, la mitad de la cobertura coralina estaba muerta en las islas (Zea *et al.*, 1998). Un arrecife de coral saludable debería presentar al menos un 90% de su cobertura coralina intacta con respecto al sustrato duro disponible (Goreau *et al.*, 1979). Un cambio de apenas 2% de la cobertura viva puede traer consecuencias negativas en la diversidad de la comunidad (W.W.F., 1995).

Quince especies tenían representantes en la categoría de coral recién muerto. *Montastrea annularis* y *M. cavernosa* obtuvieron las coberturas muertas más extensas de las quince (véase la tabla 4). Díaz *et al.* (1996) y Zea *et al.* (1998) confirman que *M. annularis* también padecía de altos porcentajes de cobertura de coral muerto en San Andrés. En Nenguange, un total de

diez especies presentaron casos de blanqueamiento o la banda negra, siendo más notorio el blanqueamiento en las especies *Siderastrea siderea* (25.0%) y *M. annularis* (24.8%), debido probablemente a cambios en las propiedades oceanográficas después del Huracán Lenny en noviembre del año 1999 y la sedimentación. Cambios de apenas un grado centígrado o más durante un mes sobre el máximo habitual de verano normalmente resultan en un evento de blanqueamiento extenso (N.O.A.A., 1999). Aunque el coral normalmente puede recuperarse de eventos cortos de blanqueamiento, los eventos que perduran o que son muy frecuentes pueden debilitarlos dejándolos más susceptibles a enfermedades (N.O.A.A. 1999).

Hughes (1994) en Zea *et al.* (1998) identificaron una cadena de eventos que causó el declive en los arrecifes de Jamaica y que se pueden aplicar a la mayoría de las formaciones coralinas del Caribe. Esta cadena comenzó con el la actividad de la sobre-pesca y continuó con la subsiguiente proliferación del erizo *Diadema sp.* debida a la poca depredación, daños causados por huracanes, el efecto de El Niño, y el calentamiento del mar en los años 82 y 83 (N.O.A.A., 1999), la mortandad masiva de *Diadema* en los años 83 y 84 y la subsiguiente proliferación de algas, y, finalmente, el blanqueamiento masivo de corales en los años 83, 87, 88 y 89. Esta cadena posiblemente contribuyó a la mortandad general del coral y a la inhibición de la fijación de larvas en el Caribe. En regiones como Nenguange, es muy posible que otros factores hayan influido de forma más notoria como los que se han mencionado anteriormente y como las que se mencionarán más adelante. Por lo tanto, se puede inducir que las presiones sobre la comunidad coralina actúan a diferentes escalas de espacio y de tiempo e interactúan entre sí dificultando la predicción y la prevención de futuros eventos.

6.10 POSIBLES SEÑALES DE RECUPERACION EN LA COMUNIDAD CORALINA

Existen razones para pensar que el declive del coral en Nenguange fue un acontecimiento más del pasado que del presente. La evidencia para esta afirmación procede de varios

ejemplos, los cuales se expondrán a continuación. Primero, se encontró una suma de porcentaje de coral erosionado y cascajo del 54.9% contra menos de 3% de coral recién muerto. Si los impactos fueran recientes y graduales la mayoría de la cobertura mencionada coincidiría, por ende, con coral recién muerto o al menos esta categoría tendría más presencia.

Segundo, se observaron colonias de *Acropora palmata* y *A. cervicornis* con nuevo crecimiento de tejido sobre porciones de esqueleto erosionado. Estas especies pueden estar indicando una tendencia hacía la recuperación general de la comunidad coralina. En la década de los 80, ellas sufrieron una mortandad masiva debido a episodios sin precedentes de blanqueamiento coralino y enfermedades (Goreau, 1991 y Díaz *et al.*, 1995). En 1991 Garzón y Cano estimaron que entre 80 y 100% de las colonias de *A. palmata* en Nenguange se encontraban recién muertas. Díaz *et al.* (1996) corroboraron estos resultados para las islas de San Andrés, en donde la cobertura de coral recién muerto de *A. palmata* y *A. cervicornis* también alcanzaba hasta el 100%. En el muestreo de 1998 del presente estudio, aún se encontró que en la Playa del Muerto de Nenguange el 83.4% de la cobertura de *A. palmata* se encontraba muerta aunque no en tiempos recientes. En el muestreo de 1999 se empezaron a encontrar matorrales enteros de *A. cervicornis* y colonias masivas ramificadas de *A. palmata* en recuperación, así como nuevas colonias creciendo sobre el fondo (véanse las figuras 79 y 80). Debe anotarse que la recuperación general de *Acropora* coincidió con el cierre del Parque Tayrona por más de un año (desde Mayo del año 1998 hasta finales de 1999). Aunque las razones concretas de la mortandad de *Acropora* eluden aún a los científicos, debe anotarse que muchas de las porciones muertas se encontraban por lo general en las áreas expuestas a las corrientes y vulnerables a la actividad antrópica en Nenguange, es decir, al paso de lanchas, actividad irresponsable de turistas (sitios de baño y buceo) y la pesca con dinamita (salidas rocosas o de fácil acceso). Aunque esas especies sufrieron un mortandad general en el Caribe como la Florida, Jamaica y Curaçao, incluyendo zonas de coral no expuestas al impacto antrópico (Díaz *et al.*, 1995 y Zea *et al.*, 1998) no se excluye la posibilidad de que causas

adicionales contribuyeron a la decadencia como las que se acaban de describir.

También se observaron recolonizaciones recientes de varias especies de coral sobre porciones de la comunidad que se encontraban muertas y erosionadas. Las especies de la nueva colonización no eran necesariamente de la misma del esqueleto sobre el cual crecían.

Por último, se observó fauna (es decir, peces) asociada a la comunidad coralina regresando a las orillas de las playas.

6.11 OTROS AGENTES DE PERTURBACION

Hasta el momento se han descrito algunos factores que ejercen cambios sobre la comunidad coralina. No es preciso clasificarlos como se suele hacer por conveniencia entre aquellos que son naturales y aquellos que son artificiales (de origen antrópico). La razón se debe a que el hombre hace parte de todo eso que se considera natural y en ningún momento se debe aislar del ecosistema. Si el hombre se aísla cae en el error común de olvidar su lugar entre el reino animal y sigue entonces con decenas de justificaciones para explotar y usar el medio según su conveniencia (antropocentrísmo). Sin embargo, el objeto del presente estudio no es epistemológico sino ecológico. Por lo tanto, sin olvidar lo anterior, existen factores de perturbación que el hombre no puede controlar directamente. Estos incluyen huracanes, mares de leva, calentamiento global (post-glaciaciones), sedimentación natural, cambios en las propiedades oceanográficas, altos niveles de luz (Zea *et al.*, 1998 y N.O.A.A., 1999), etc. No obstante, existen factores en los cuales el hombre sí puede incidir y estos suelen ser más numerosos. Estos incluyen vertimiento de basuras, vertimiento de aguas residuales (negras), la sobre-pesca, la pesca con dinamita, dragados, rellenos y construcciones sobre el litoral, contaminación por hidrocarburos, daños mecánicos por lanchas, por el anclaje, por el buceo de apnea y con equipo autónomo, por bañistas, la extracción de organismos para *souvenirs*, la

sedimentación causada por la tala indiscriminada de bosques y los trazos de carretera por fuertes escarpados y la investigación científica extractiva e imprudente entre otros (Epstein *et al.*, 1994; Díaz *et al.*, 1995; Díaz *et al.*, 1996 y Zea *et al.*, 1998). Se debe mencionar que la falta de planeación para el manejo de los recursos, la pobreza que rodea el parque, el narcotráfico y la violencia aumentan la efectividad de los factores que perturban directamente. En un estudio hecho por el *World Resources Institute* (1998) en que toman a todas las formaciones coralinas del Planeta en conjunto, 36% de ellas están amenazadas por la sobre-explotación, un 30% por desarrollo costero, un 22% por polución del interior de los países y la erosión, y un 12% por polución marina. Todos los factores mencionados hasta el momento han afectado y afectan en menor o mayor grado a la comunidad coralina de Nenguange y a todos las demás comunidades coralinas del mundo. Enumerar todos los efectos de cada factor no es objetivo del presente estudio, por lo cual el lector debe dirigirse a fuentes como www.people.fas.harvard.edu/~goreau en *The global coral reef alliance*, CARICOMP (1991), English *et al.* (1994), Epstein *et al.* (1994), Rogers *et al.* (1994), Cintrón *et al.* (1994), Díaz *et al.* (1995), Díaz *et al.* (1996) y Zea *et al.* (1998). A continuación se profundizará en los más relevantes del presente estudio.

Posiblemente el factor de impacto más importante en Neguange ha sido la pesca con dinamita. La evidencia viene de extensos cementerios de cascajo, y por la opinión de los pescadores locales de que los cementerios corresponden a sitios de uso de la dinamita. El efecto de este agente es evidente. El impacto mecánico de la explosión destruye y derrumba la estructura esquelética del coral y también causa la mortandad de la fauna asociada, contribuyendo a la inestabilidad peligrosa de la comunidad (Zea *et al.*, 1998). Para ilustrar esta idea se pueden tomar dos escenarios: Primero, si la pesca es dirigida a carnívoros que, por lo general, conforman las especies de interés económico, esto puede causar un ascenso en poblaciones de organismos coralivoros (es decir, *Chaetodon sp.*) y herbívoros (es decir, *Acanthurus bahianus*) lo cual repercutirá eventualmente en el coral ya que se sabe que el pastoreo puede incidir sobre las colonias (véase la figura 57). El segundo escenario sucede

cuando la pesca de especies de interés económico cae y la pesca es dirigida hacia las especies menos deseadas para el consumo humano, como lo son los herbívoros. Por lo tanto, la pesca con dinamita no solo diezma a las poblaciones de peces directamente sino que, con la destrucción de su hábitat y sitios de criadero como lo son los arrecifes, las poblaciones de peces pierden las condiciones para recuperarse. La falta de peces herbívoros - y como consecuencia la falta de pastoreo - puede hacer que las algas comiencen a proliferar y a competir por el sustrato con el coral.

Es el momento adecuado para reflexionar acerca de una opinión que ha circulado entre los biólogos marinos de algunas instituciones, concerniente a la toma de decisiones y planeación en el Parque Tayrona. La opinión expresa que el coral, al fragmentarse, como en los casos de la pesca con dinamita, promueve el crecimiento de más colonias sobre el sustrato (como por ejemplo colonias ramificadas como las Acroporas) y también promueve la diversidad de especies. Aunque son plausibles estas conjeturas, en su forma cruda son irresponsables, dado que el uso de una verdad biológica expresada incompletamente puede resultar en la justificación de actividades que han demostrado lo opuesto. Es necesario indicar cuáles son los límites del alcance de las perturbaciones y cuáles son las pautas para evitar los cementerios de coral. En estudios realizados en las islas Maldivas y en el gran arrecife de la barrera de Australia, se ha demostrado cómo los fragmentos recientes de coral morían poco después (Allison, 1996). Lugo (1994) menciona que la biodiversidad de los ecosistemas depende de las perturbaciones que los afecten *dentro de limites* (énfasis mío). Claramente existen limites en los tipos de especies que pueden crecer en una localidad donde los humanos han creado condiciones que son más estresantes que aquellos que suceden después de catástrofes naturales (Gómez-Pompa *et al.*, 1972). Aun no se conocen los umbrales de las perturbaciones humanas y no-humanas que aún permitirían la regeneración de bosques tropicales (Lugo, 1994) o sus equivalentes marinos, las formaciones coralinas.

Otro factor de preocupación es el baño de turistas. De acuerdo a Allison (1996), la noción de

que el turismo es una forma benigna de desarrollo no necesariamente es verdadera. Intuitivamente se podría pensar que el impacto del uso recreativo es mínimo en comparación con el dragado del fondo marino, la extracción del coral y las perturbaciones no humanas. Sin embargo, el impacto puede ser crónico y altamente concentrado. Por lo general los bañistas son ignorantes frente a la fragilidad de la comunidad coralina. Como consecuencia, los bañistas destruyen el tejido coralino y la estructura esquelética al pararse sobre las colonias. En el intervalo de un mes, Allison (1996) encontró que un 17% de coral susceptible y un 7% de la cobertura coralina estaba recién fracturada en las áreas frecuentadas y que estos valores se asemejaban a otros sitios del mundo. Las colonias expuestas, como en la cresta arrecifal o en sitios abiertos y planos sufren más el impacto de bañistas (Allison, 1996). En unos minutos se deshacen décadas o posiblemente siglos de crecimiento coralino (Goreau *et al.*, 1979). El buceo es un tema relacionado e importante porque el deportista inexperto (y aún los "expertos") tienen poco control sobre el equipo pesado, que tiene la capacidad de fracturar sin dificultad a las colonias (Hawkins y Roberts, 1992). Los buzos inexpertos suelen pisar los organismos bentónicos (de fondo) sin discreción en las prácticas. Los fotógrafos submarinos, en especial, tienen fama de dañar las formaciones adyacentes al tema en su búsqueda de la foto perfecta (Davis *et al.*, 1995). Esta actividades son agravadas por el fondeo de las lanchas que acompañan a los buzos, las cuales, por lo general, botan sus anclas a ciegas sin tomar en cuenta los ecosistemas que puedan estar en el fondo (véanse las figuras 40 y 41) (Salvat, 1987). Además, Liddle y Kay (1987) reportaron que colonias impactadas de *Acropora* y *Millepora* crecían más lentamente que colonias no afectadas. Es importante anotar que las actividades playeras en sí no se asemejan al problema del uso de la dinamita en la pesca. No se puede buscar una solución de término medio con el uso de la dinamita para mitigar su impacto en las comunidades, pero sí se puede controlar el impacto de los bañistas y los buzos con la educación y determinando la capacidad de carga de la comunidad antes de comenzar un deterioro como el que ha presenciado Nenguange y la mayoría de los ecosistemas del mundo. Por ejemplo, investigaciones en el Mar rojo y en el Caribe sugieren que un arrecife puede sostener alrededor de 5000 inmersiones por localidad por año (Hawkins y Roberts, 1997). El

concepto de capacidad de carga implica que existe un nivel debajo del cual un ecosistema es capaz de aguantar cierta cantidad de tensión, pero por encima de la cual sobreviene el deterioro (Hawkins y Roberts, 1997). Adicionalmente se ha demostrado que una pequeña charla educativa acerca del ambiente coralino antes de las actividades ha reducido dramáticamente los daños cometidos por los buzos y bañistas (Hawkins y Roberts, 1997).

Un tercer factor de impacto sobre la comunidad coralina es el acontecimiento de huracanes. En noviembre del año 1999, el huracán Lenny causó el extenso blanqueamiento de varias colonias de coral (véanse las figuras 102 y 103 en el anexo D), probablemente por promover cambios drásticos en las condiciones oceanográficas de la Bahía. Daños por impacto físico fueron mínimos, observándose algunas colonias de *Millepora complanata* volteadas y padeciendo de blanqueamiento. No se observaron daños en las especies de *Acropora cervicornis* ó *A. palmata*, las cuales son excepcionalmente sensibles a daños físicos causados por huracanes (Zea *et al.*, 1998).

Entre los factores no controlables por el hombre no se puede descartar la falta relativa de circulación de aguas dentro de la Bahía. Es posible que, por la forma de la Bahía, las aguas que penetran dentro permanecen por intervalos de tiempo mayores que en ensenadas abiertas y, junto con el agua, cualquier agente exógeno (es decir desechos químicos). Cambios en las propiedades oceanográficas como la salinidad, la temperatura y/o nutrientes también pueden perdurar más tiempo. Este caso se conoce mejor cuando se habla de lagunas arrecifales donde existe poco movimiento y renovación en el cuerpo de agua causando estrés termal y, subsiguientemente, el blanqueamiento del coral y bajas en la tasa de renovación de tejido muerto durante eventos como El Niño (Zea *et al.*, 1998).

Un quinto factor de preocupación es la falta de planeación y autoridad en la Bahía. Aunque en los últimos años se han propuesto senderos marinos para el paso de lanchas y evitar el impacto de las mismas con la comunidad coralina junto con otras medidas de organización, la

falta de autoridad no garantiza que se cumplan tales planes. La falta de planeación y autoridad se refleja en la pesca indiscriminada de organismos sobresalientes de la comunidad como pulpos, morenas, meros, tiburones, calamares, caracoles pala y estrellas de mar, para nombrar solo algunos. Por último, la falta de investigación hace que quede en la ignorancia la posibilidad de una sobre-ocupación en términos de capacidad de carga en la Bahía por parte de personas, restaurantes, baños y basuras. La falta de investigación también deja en la ignorancia el esclarecimiento de las posibles tendencias hacia la recuperación o extirpación de organismos.

6.12 HERRAMIENTAS ADICIONALES PARA LA PLANEACION

En el presente estudio se dividió la comunidad coralina de Nenguange en tres zonas funcionales. La división obedece a factores geo-morfológicos, grados de uso de las localidades y la intuición. Las zonas comprenden la porción de la comunidad que habita en frente de Playa Viva (zona P.V.), la porción de la comunidad que habita en frente de Playa del Muerto (zona P.M.) y la porción de la comunidad que rodea la Piedra Ahogada (zona P.A.) (véase la figura 19).

El sustrato duro predominó en las tres zonas (véase la figura 91). El sustrato duro era conformado principalmente por coral erosionado y por cascajo. El coral erosionado predominó en P.A. y P.M. mientras que el cascajo fue el sustrato duro predominante en P.V. La razón de estas diferencias se debe a que en P.V. el coral *Acropora cervicornis* tenía una presencia importante en tiempos pasados y, después de la mortandad mencionada con anterioridad, los restos de esqueleto permanecieron como escombros sobre el fondo marino. Esta especie no presentaba crecimiento notorio en P.A. debido a la carencia de sustrato blando el cual es su estrato de preferencia. En P.M. ella no llegó a dominar como en P.V.

La cobertura de coral vivo fue mayor en P.A. (35%), luego en P.V. (27.4%) y, por último, en P.M.

(20.8%). Una posible explicación de la alta cobertura en P.A. es la gran disponibilidad de sustrato duro. En 1987 la U.N. encontró que en P.V. el porcentaje de coral vivo era menor (~17.8%) que en P.M. (~35.12%) en casi la mitad. Esta discrepancia puede estar indicando que el declive de la comunidad coralina de los años 80 comenzó primero en P.V. y luego en P.M. En una estación de la U.N. (1987) que pasaba por la "piscina" de P.M. la cobertura de coral vivo llegó hasta el 71.63% del sustrato. En el muestreo de 1998 en esta misma área se encontró hasta un 75% de coral erosionado y muerto. Según testimonio de uno de los pescadores de la región, en el mismo año del estudio de la U.N. la porción del arrecife de la "piscina" fue destruida por el uso de la dinamita en la pesca. Si esto es verdad, la magnitud del impacto de este acontecimiento singular fue del 100%.

Se registraron 21 especies de corales en P.V., 18 en P.A. y 16 en P.M. En términos de los índices de diversidad de Hill (N1 y N2), P.V. fue la más diversa seguida por P.M. y en último lugar P.A. La razón de esta aparente incongruencia es que la estructura comunitaria de P.M. era más equitativa que la de P.A. Es muy posible que la riqueza y la diversidad de las diferentes zonas obedezca a la heterogeneidad de los factores ambientales (hipótesis: *heterogeneidad espacial*) y el área de sustrato disponible (hipótesis: *área*). Es decir, la diferencia entre la riqueza y diversidad entre P.M. y P.A. indica primero que P.A. tiene más sustrato disponible resultando en la colonización de más especies aunque las condiciones ambientales allí sean muy variadas, causando respuestas de abundancia muy variadas entre las especies y, por ende, una menor equitatividad en las dominancias específicas. Por ejemplo, en P.A. las cabezas de coral tendían a crecer muy pequeñas en el lado expuesto (norte), probablemente debido a la tensión causada por las corrientes mientras que en el lado protegido (sur) tendían a crecer más grandes, probablemente por la falta de tensión de las corrientes y por la baja presencia de sedimentos en suspensión (U.N., 1987). En especial las colonias masivas de *Siderastrea siderea* y *Montastrea annularis* dominaban el paisaje en las áreas protegidas de P.A.

Es interesante hacer un apunte acerca de la estación **A3** en relación con lo expuesto

anteriormente. Ella se ubicaba en el lado expuesto a las corrientes en P.A. y fue la más rica de todas las estaciones del estudio con 18 especies. Asumiendo que las propiedades de las corrientes en el lado norte de la Piedra sí son más fuertes que en las demás áreas (salvo las mareas en la cresta arrecifal) y que causan tensión en las poblaciones de coral que crecen allí, es posible que estas condiciones sean más ideales que las tensiones físicas menores. La heterogeneidad de factores ambientales en P.A. y sus tensiones altas son respaldadas por el análisis de patrones espaciales que se expone a continuación.

La zona P.V. podría considerarse, de acuerdo con el análisis cualitativo (ver sección 5.1.2.1) y cuantitativo (véase la figura 94) como la más heterogénea en términos de paisaje submarino, composición y estructura coralina y complejidad estructural física. Sin embargo, algunas condiciones abióticas actuando en la zona entre los 3.5 y 4.5m de profundidad son bastante homogéneas como lo determinó el análisis de patrón espacial (véase la figura 95). El hecho de que la mayoría de los análisis para P.V. dieran un patrón aleatorio significa que los individuos de la zona no están sujetos a algunos factores ambientales de alto disturbio (Ludwig y Reynolds, 1988). Las condiciones, además, tienden a ser iguales a lo largo de las estaciones. En P.A., por el contrario, los patrones de distribución espacial de los individuos fueron más aglomerados que en las otras zonas. Esto indica que algún factor ambiental ejerce una influencia limitante en donde los individuos buscan los puntos más favorables para colonizar (Ludwig y Reynolds, 1988). Es posible que el factor o los factores ejerzan presión continuamente, aunque igual lo pueden hacer de forma discontinua pero lo suficientemente notorio para limitar el crecimiento de las aglomeraciones. La estación **A3**, la más expuesta al oleaje, presentó el caso más intenso de aglomeración entre las especies. Debido a lo expuesto con relación a las condiciones de P.A. un posible enfoque de futuros proyectos puede ser el de buscar patrones entre los efectos de diferentes variables ambientales y su relación con la diversidad coralina. Es importante, en especial, verificar si las corrientes de tensión intermedia son más ideales para el enriquecimiento de las diferentes localidades expuestas. La intensidad de aglomeración y la tendencia hacia la uniformidad en P.M. indica que algunos

de los factores ambientales eran intermedios entre P.A. y P.V.

Considerando los resultados expuestos, es muy posible que las zonas P.V. y P.A. sean fuentes importantes de diversidad genética, organismal y ecológica en Nenguange. Ambas zonas presentan atributos sobresalientes en la comunidad y los nichos aparentemente son también más variados. Es importante anotar que P.M. es una zona con evidentes huellas de impacto, las cuales han tomado más ventaja allí que en las otras dos zonas. Además, P.M. es la zona más extensamente visitada por turistas y es la más poblada en la Bahía. Otra razón por la cual la zona de P.M. puede no ser tan importante como P.V. es el hecho de que en P.V. se encuentran representados los tres ecosistemas marinos litorales que interactúan entre sí en una dinámica constante; estos son el manglar, el pasto tortuga y los corales. Como se anoto anteriormente, la recuperación de las acroporas fue más notorio en P.V. que en P.M. Una desventaja adicional de P.M. es el "parqueo" de lanchas en el extremo norte de la Playa, lo que contribuyó a que el arrecife de la zona se dividiera en dos y la porción del norte se deteriorara. Gracias a los acontecimientos históricos de la Bahía, pocos invasores se establecieron en P.V. y en consecuencia el arrecife de esa zona se encuentra en mejores condiciones. Los pocos accesos a la Playa a través de la comunidad coralina, no obstante, presentan huellas de impacto en forma de coral erosionado.

6.13 COMPARACION DE RIQUEZA DE ESPECIES ENTRE 1976, 1987 Y 1999

Como se mencionó anteriormente, en la porción occidental de la Bahía se encontraron un total de 37 especies de coral (escleractinios y mileporinos) en 1999. 23 años antes, Werding y Veléz (1976) habían encontrado 40 especies tan sólo en la zona de Playa Viva. Es importante anotar que, en el presente estudio, en la zona de Playa Viva solo se encontraron 21 especies de coral. La Universidad Nacional, en el año de 1987, encontró un total de 31 especies de coral en el dominio, es decir, en las mismas tres zonas estudiadas en el presente trabajo (véase la tabla 5).

De las 37 especies encontradas en 1999, siete eran nuevos registros. Dos de los nuevos registros eran especies que anteriormente formaban parte de otra especie pero se separaron después de pruebas taxonómicas, como por ejemplo *Agaricia humilis* - que anteriormente la incluían como sub-especie de *Agaricia agaricetes* - y *Montastrea faveolata*, que anteriormente era considerada como *Montastrea annularis*. Las otras cinco especies eran: *Agaricia fragilis*, *Madracis formosa*, *Mycetophyllia aliciae*, *Scolymia sp.* (diferente a *Scolymia lacera* reportada por Werding y Vélez en 1976) y *Solenastrea bournoni*.

Werding y Veléz (1976) encontraron once especies y la U.N. (1987) reportó nueve especies de coral que no fueron registradas en 1999, aunque aún existen algunos individuos de coral fotografiados por confirmar en el presente estudio.

Si aún existen las especies que encontró Werding en el 76, la U.N. en el 87, y el presente estudio en el 98 y 99, la Bahía cuenta con al menos cincuenta especies de coral escleractinio y mileporino. En otras partes del mundo, como en Indonesia, en los últimos quince años se ha registrado un decrecimiento del 25% de la diversidad genética de arrecifes coralinos, una perdida equivalente a una extinción masiva "menor" en el cenozoico pero en un intervalo de tiempo mucho menor. Por lo tanto, es imperativo cuidar la diversidad comunitaria en el sistema coralino que aún permanece hoy en día. El sentido de la palabra diversidad debe tomarse como genética, taxonómica y ecosistémica (Gaston, 1996). Futuros enfoques comunitarios no deberían limitarse al conteo de especies sino deberían tomar en cuenta la diversidad genética inherente a la cobertura de cada especie y el conjunto de nichos funcionales que las especies crean en la comunidad. Por el momento puede ser suficiente proteger las coberturas de cada especie, así como a los representantes de los diferentes paisajes o localidades para maximizar estas otras formas de diversidad.

6.14 ZONA DE PLAYA DEL MUERTO: Comparación entre 1998 y 1999

Inicialmente es importante describir la confiabilidad que existe en comparar los atributos entre los muestreos del año 1998 y 1999, es decir, el monitoreo. Primero, aunque los esfuerzos del investigador en 1999 de volver a encontrar las líneas precisas por donde pasaron los cuadrantes en 1998 fueron grandes, y se lograron encontrar con precisión dos de las tres estaciones (**M2** y **M3**), después del huracán de noviembre del 99 se desplazaron aquellas líneas de referencia. Segundo, en el año 1999 no se realizaron réplicas en las estaciones, lo que disminuye la confiabilidad con que se puede comparar los dos muestreos. Sin embargo, el esfuerzo de iniciar el proceso de monitoreo no debe verse en vano.

Con lo anterior en mente, en general los cambios cuantitativos entre ambos años estuvieron dentro de los rangos de la variación de datos. Por lo tanto, los cambios pueden considerarse como consecuencia de una variación espacial natural de las diferentes localidades de la comunidad y no por el paso de tiempo. Estirando el alcance de los datos a longitudes especulativas, la estación más cercana de Playa del Muerto a Playa Viva, la **M1**, posiblemente presentó un aumento de cobertura en el transcurso del año (del 14% al 22.3%). Sin embargo, la similitud en los datos de todas las estaciones puede ser un indicador de un estado estable diferente al punto de equilibrio inicial. Es decir, de acuerdo con la hipótesis de *estados estables múltiples*, Nenguange puede haber encontrado un nuevo estado que perdure en el tiempo aunque evidentemente esta conclusión no es valida sin varios años de monitoreo para respaldarla. La diversidad de la comunidad también parece haber permanecido relativamente inalterada apoyando una posible estabilidad en las condiciones de composición y estructura.

La ausencia de cuatro especies en 1999 - que estuvieron presentes en 1998 - se puede deber al tamaño y la intensidad de las muestras tomadas y no a la extirpación de las mismas. Por otro lado, el hallazgo de tres nuevas especies en la zona puede ser producto del azar, debido a la ubicación imprecisa de las estaciones entre ambos años y no al crecimiento de nuevas

especies. Es justo anticipar una sugerencia relacionada con el tema de monitoreo de comunidades coralinas: Para lograr el detalle de información que exige la ecología de comunidades y un sistema de monitoreo riguroso, es imprescindible asegurar un método de demarcación de estaciones que resista el desplazamiento espacial a través del tiempo, ya que en Nenguange la variabilidad entre localidades es grande y los muestreos al azar no serían convenientes.

Los cambios más notorios entre los dos años eran cualitativos por naturaleza y se han expresado anteriormente, esto es, en resumen, la recuperación de las acroporas y el regreso de la fauna asociada a las orillas de las playas. Cuantitativamente, la desproporción entre coral erosionado y coral recién muerto también indica una tendencia hacia el cambio para lo mejor de la comunidad coralina de Nenguange.

6.15 DESENLACE

(En el mundo) la actividad no-regulada de la población humana ha conllevado a cambios positivos y negativos en la biodiversidad de los paisajes (Lugo, 1994). Tal sensibilidad por parte de la biota demuestra el potencial que las acciones de manejo pueden tener para regular la dirección y la magnitud de los cambios en la biodiversidad (Lugo, 1994).

En Nenguange, dado que los disturbios como la sobre-pesca, la conversión de espacio marino en criadero de especies comerciales y la presencia de diversas actividades turísticas persistirán en el tiempo, es más probable que la comunidad coralina nunca recupere su estado inicial antes de los disturbios pero que busque un nuevo estado "estable" con una composición diferente de especies y que, a pesar del cambio, sea resiliente y mantenga los procesos del ecosistema. Claro está que un nuevo estado estable puede implicar la ausencia de especies de interés económico con un arreglo pobre de coral y la subsiguiente ausencia de hominoides en las playas. Por lo tanto, para poder averiguar una serie de incógnitas (es decir: si la diversidad

en Nenguange es la suficiente para mantener la resiliencia y la estabilidad en el ecosistema, si el sistema buscará un diferente estado estable, si la diversidad se relaciona con la estabilidad y, si no, cuáles son los factores más relevantes que se deben tomar en cuenta para encaminar la conservación frente al inminente desarrollo que cada día amenaza la comunidad) es necesario continuar con un programa de monitoreo a largo plazo y que este, en lo posible, abarque el mayor número de atributos (Lugo, 1994).

Y con esto, las últimas palabras del capitulo son de Felix Guattari (1996):

"EL PLANETA AZUL, LA TIERRA, vive un periodo de intensas transformaciones técnico-científicas. Como contrapartida, se han engendrado fenómenos de desequilibrio ecológico que amenazan, a corto plazo, la implementación de la vida sobre su superficie.

"Paralelamente a estas conmociones, los modos de convivencia humana, individuales y colectivos, involucionan en el sentido de un progresivo deterioro. Las relaciones de parentesco tienden a reducirse al mínimo; la vida doméstica está gangrenada por el consumo 'mass-mediático', la vida conyugal y familiar se encuentran a menudo 'osificadas' por una especie de estandarización de los comportamientos, las relaciones de vecindad con su exterioridad -ya sea social, animal, vegetal, cósmica- se ven comprometidas en una especie de movimiento general de implosión y de infantilización regresiva. La alteridad tiende a perder toda aspereza.

"Las formaciones políticas y las instancias ejecutivas son incapaces de aprender esta problemática en el conjunto de sus implicaciones, aunque recientemente hayan iniciado una toma de conciencia parcial de los peligros más acusiosos que amenazan el entorno Natural de nuestras sociedades.

"En general se limitan a abordar el campo de la contaminación industrial, exclusivamente

desde la perspectiva tecnocrática, cuando en realidad sólo una articulación **etico-política** - que yo llamo ECOSOFIA - puede clarificar convenientemente estas cuestiones."

7. CONCLUSIONES

La historia natural de Nenguange probablemente comienza en el mesozoico y el de la comunidad coralina actual y demás comunidades después de la última glaciación que terminó hace aproximadamente 10.000 años. Antes de la llegada del hombre a Nenguange alrededor de la época de Jesucristo, los ecosistemas probablemente disfrutaban de una relativa estabilidad con una cobertura coralina de más del 55% relativo al fondo marino. Aunque los primeros habitantes conocidos como la cultura Nahuanje y sus descendientes los Tairona dejaron varias huellas de desarrollo como caminos, viviendas y terrazas superpuestas entre otros, su impacto sobre el medio natural debió ser menor (comprobado por el cuidado que tuvieron al construir muros de contención para evitar la erosión de la tierra) en comparación con los colonos que llegaron después de la conquista española a América. Con el crecimiento de la población de colonos, el desplazamiento de la cultura nativa, las bonanzas marimbera y de coca y la llegada del desarrollo tecnológico, la región de Nenguange comenzó a ser perturbada de varias formas hasta un punto donde los habitantes actuales sienten la necesidad de estudiar el estado de las comunidades para empezar a mitigar estos cambios que podrían causar un desbalance en el ecosistema y consecuentes pérdidas de biodiversidad que pondrían en peligro el bienestar de la región.

Los atributos de la comunidad coralina que mostraron evidencia de cambio y que dieron una mejor visión del estado fueron aquéllos de orden cualitativo. Se registró la recuperación de las especies de *Acropora*, especialmente en Playa Viva, coincidiendo este evento con el cierre del Parque al público. La presencia del pez *Sphyraena barracuda* y la abundancia de organismos herbívoros posiblemente podría estar indicando la recuperación de la red trófica. Las

diferencias en la cobertura, la riqueza y la diversidad entre las diferentes zonas de estudio pueden explicarse por las diferencias en la heterogeneidad del espacio y la disponibilidad de sustrato duro. Se encontraron varias especies de coral colonizando el coral erosionado aunque no necesariamente eran de la misma especie que había dejado el esqueleto. Al menos 5 de las especies de coral encontradas eran nuevos registros, estas eran: *Agaricia fragilis*, *Madracis formosa*, *Mycetophyllia aliciae*, *Scolymia sp.* y *Solenastrea bournoni*. Las formaciones coralinas de la Bahía eran del tipo *arrecifes de franja* y *costras coralinas*. Los arrecifes eran del tipo *Acropora-Diploria* y ambos tipos de formaciones presentaban variaciones notorias dentro de áreas muy pequeñas. También se registraron por primera vez las siguientes especies acompañantes en la comunidad coralina: el coralimorfario *Ricordea florida* y los equinodermos *Echinometra viridis* (erizo), *Holothuria thomasii* (pepino), *Isostichopus badionotus* (pepino), tentativamente *Holothuria mexicana* (pepino) y esqueletos del corazón de mar *Meoma ventricosus*.

A su vez la ecología matemática complementaba e inclusive daba lugar a resultados cualitativos como lo comprobó el análisis de patrones espaciales (PQV) ya que la mayoría de especies de coral preferían una disposición aleatoria sobre el área en general, aunque la tendencia era de aglomerarse en la Piedra Ahogada. Además, este mismo análisis detectó la existencia de un gradiente ambiental que ejercía mayor presión en la Piedra y disminuía hacía Playa Viva. Desafortunadamente el método no tiene la posibilidad para determinar la naturaleza del factor. La cobertura viva de coral era del 26.8% relativo al bentos y del 32.7% relativo al sustrato duro. 37 especies de coral de 50 posibles conformaban esta cobertura en al menos un total de 650 colonias muestreadas. Las especies que dominaron en términos de cobertura fueron: *Millepora complanata* (28.8%), *Siderastrea siderea* (22.8%), *Diploria strigosa* (11.6%) y *Colpophyllia natans* (8.9%). Nueve especies presentaron coberturas relativas intermedias (1.1% - 5.1%) y once con coberturas relativas por debajo del 1%. Aunque las coberturas de *Agaricia humilis* y *Porites astreoides* eran intermedias, hecho entendible dado el

pequeño tamaño característico de las colonias de estas especies, ellas dominaron en términos de número de colonias (74 y 160 respectivamente) y frecuencia (66.7% y 100% respectivamente) a lo largo del dominio. En futuros esfuerzos de monitoreo debería aumentarse el tamaño de la unidad muestreal con cuadrantes a mínimo $10m^2$ y se debería asegurar un sistema permanente de fijación de estaciones que resista el movimiento espacial.

Las perturbaciones en Nenguange eran varias y pertenecían a factores de origen antrópico y no-antrópico. Las tres formas más notorias en la Bahía detectadas eran el turismo incontrolado, la formas de pesca como la dinamita y el chinchorro y la sedimentación. Se encontraron extensos cementerios de *Acropora* y escombros característicos de la pesca con dinamita confirmado por los pescadores de la región. Después de 25 años de construcción de la carretera, la sedimentación seguía influyendo en las formaciones coralinas como lo demostraba el blanqueamiento de *Montastrea annularis*. En tierra, la ausencia de neumatóforos en el camino del manglar indicaba el peligro que este corre con el posible incremento de tránsito de personas a pié. Las especies *M. annularis* y *S. siderea* fueron las más afectadas por enfermedades. Sin embargo, se puede afirmar que la comunidad coralina estaba en vías de recuperación como se mencionó anteriormente aunque no queda claramente establecido si la razón era por el cierre del parque, algún cambio positivo en el ambiente, la reducción de turismo en los últimos años en la región, la merma de métodos nocivos de pesca u otros inexplicados. Dado los resultados cualitativos y cuantitativos del presente estudio, se puede concluir que la zona de Playa Viva es una fuente importante de diversidad genética, organismal y ecológica en Nenguange por lo que debería desocuparse de asentamientos humanos. Finalmente, es importante anotar que Playa del Muerto es la zona con más evidencias de impacto las cuales han tomado más ventaja allí que en las otras zonas.

8. RECOMENDACIONES

Cuando la gente no es educada en los asuntos de ecología y actúa sin prever las consecuencias de un desarrollo desmesurado, la solución a corto plazo es la autoridad, pero trabajando paralelamente con la educación. Eventualmente debería disminuir la primera para ser reemplazada gradualmente por la segunda. Como decía Thoreau, el mejor gobierno es aquel que puede gobernar menos. Gradualmente tenemos que concientizarnos para que algún día nuestros juicios individuales tomen las decisiones más de acuerdo y en consecuencia con el compromiso entre la Naturaleza y nosotros mismos.

El monitoreo de la comunidad coralina debe continuarse indefinidamente hasta que se halle la tendencia del estado de la comunidad coralina y la velocidad y posibles causas para dicha tendencia. El monitoreo debería incluir indicadores a nivel sub-letal y también una aproximación ecosistémica.

Es imperativo organizar los espacios en donde las diferentes actividades humanas llegan a establecer contacto con el parque, es decir, designar los volúmenes apropiados para ubicar los carros, las casetas de vendedores, los caminos a pie, la llegada y el paso de las lanchas, las basuras, los desechos orgánicos, los avisos, etc, y la forma en que el volumen será intervenido. Por ejemplo, las basuras deberían encontrarse dentro de recipientes para evitar que se derramen en las playas y los carros en lugares designados para evitar la grave compactación del suelo donde crecían manglares.

La carretera a Nenguange debería replantearse con muros de contención y canales de drenaje

para evitar la erosión descontrolada de las montañas metamórficas circundantes.

El uso de las playas de Nenguange deberían obedecer a una capacidad de carga tanto para los turistas como para los residentes. También se debería buscar la forma de concretar el proyecto de consolidación de los restaurantes para un número fijo de personas antes de que se pierda el control del número de residentes para volver el sitio mas manejable con una oficina de parques equipada para educación y emergencias y así tener la propiedad de exigir a los presentes mayor respeto. El apoyo financiero y administrativo debería realizarse con todos los actores que tienen intereses particulares en Nenguange. En especial se recomienda el diálogo para resolver las diferencias entre los diferentes actores.

Debería trasladarse los restaurantes a Playa Nenguange para frenar el deterioro de la comunidad coralina por las lanchas, el vertimiento de aguas residuales domesticas y para que haya mayor control en general.

Se recomienda evacuar Playa Viva, ya que su importancia en términos ecológicos es mayor que la de las otras dos zonas. La explicación de esta determinación se encuentra en el cuerpo del texto.

El proyecto de sendero submarino debería realizarse con más de una ruta y así poder rotar y distribuir el uso de ellas y evitar el deterioro absoluto.

Paralelamente a este proyecto, también se requieren senderos terrestres para encaminar a los turistas por rutas preestablecidas de menor impacto y debidamente señalizadas con canecas a lo largo de estas. En especial, se recomienda que el camino que pasa por el pequeño bosque de mangle debería elevarse con una plataforma y evitar, primero, que las raíces no sigan siendo atropelladas y, segundo, evitar la compactación del suelo.

Es imperativo controlar la tala de bosque, la pesca con dinamita, el uso de métodos de extracción altamente dañinos como el arpón, el chinchorro y la atarraya, todo esto con patrullas terrestres y marinas (autoridad).

Se debería contemplar abrir de nuevo la llegada a Playa Nenguange (Playa Oriente) desde el costado occidental por la carretera y deshacer la porción que pasa sobre la laguna de colmatación de la Playa para evitar el proceso de desecación de la misma.

Se recomienda que, aunque la comunidad coralina de la bahía de Nenguange funcione como una zona de amortiguación para las demás comunidades del parque frente al turismo, se vea con todo el respeto que se merece todas las formas de vida en el Universo.

BIBLIOGRAFIA

ACERO, Arturo. Observaciones ecológicas de la ictiofauna de la pradera de *Thalassia* de la orilla oriental de la bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona, Santa Marta). Bogotá, 1977, 73 p. Tesis de grado (Biología Marina). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

ALLISON, W.R. Snorkeler damage to reef corals in the Maldive Islands. En : Coral Reefs. No. 15 (1996); p. 215-218

AUBAD, M. Estructura de una pradera de *Thalassia testudinum* y la fauna de invertebrados asociada. Bahía de Nenguange, Parque Nacional Tayrona. Medellín, 1981, 126 p. Tesis dipl. de grado (Biología). Universidad de Antioquia.

BULA-MEYER, G. Un núcleo nuevo de surgencia en el Caribe colombiano detectado en correlación con las macroalgas. En : Bol. Ecotrópica. No. 12 (1985); p. 3-25

CAICEDO LARA, I.E. Fitoplancton de la bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona), Mar Caribe, Colombia. En : An. Inst. Mar. Punta de Betín. No. 9 (1977); p. 17-44

CARIBBEAN COASTAL MARINE PRODUCTIVITY (C.A.R.I.C.O.M.P.). Manual de métodos sobre mapeo y monitoreo de parámetros físicos y biológicos en la zona costera del Caribe. Florida : Florida Institute of Oceanogrphy, 1991

CHESSON, Peter L. y CASE, Ted J. Overview : Nonequilibrium community theories : Chance, variability, history, and coexistence. 19??

CINTRON, G.; GARCIA, J.R. y GERALDES, F. Manual de métodos para la caracterización y monitoreo de arrecifes de coral. Beltsville : W.W.F., 1994. 67 p.

CINTRON, G. y SCHAEFFER, N. Introducción a la ecología del manglar. Rostalc : U.N.E.S.C.O., 1983. 109 p.

CONDE, Fernando. Las perspectivas metodológicas cualitativa y cuantitativa en el contexto de la historia de las ciencias. 199?. p. 53-67

CONNELL, J.H. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. En : Science. No. 199 (1978); p. 1302-1310

DAVIS, D.; HARRIOTT, V.; MACNAMARA, C.; ROBERTS, L. y AUSTIN, S. Conflict in a marine protected area; scuba divers, economics, ecology and management in Julian Rocks Acuatic Reserve. En : Aust parks and Rec. (autumn, 1995); p. 29-35

DAWKINS, Richard. The blind watchmaker. London : Penguin books, 1988. 332 p.

DIAZ, Juan Manuel. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y el Parque

Nacional Natural Tayrona. Informe final del programa Ecosistemas marinos. Santa Marta : I.N.V.E.M.R., 1990. ? p.

DIAZ, Juan Manuel; DIAZ-PULIDO, G.; GARZON-FERREIRA, Jaime; GEISTER, Jörn; SANCHEZ, Juan Armando y ZEA, Sven. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano. Santa Marta : I.N.V.E.M.A.R., 1996. 83 p. (Serie publicaciones especiales ; no. 2)

DIAZ, Juan Manuel; GARZON-FEREIRA, Jaime y ZEA, Sven. Los arrecifes coralinos de la isla de San Andrés : estado actual y perspectivas para su conservación. Bogotá : Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales, 1995. 152 p.

DIAZ, Juan Manuel y GOTTING, K.J. Mollusken Gemeinschaftten der Bahía de Nenguange (Karibik Kolumbien). Giessen, 1986, 367 p. Inaugural - Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften. Justus-Liebig-Universitat Gieβen. Fachbereich 15 - Biologie.

ECHEVERRY, B.E. Estudio de la fauna de invertebrados de una pradera de *Thalassia testudinum* König. - Biomasa e incidencia de algunos factores ambientales sobre el ecosistema en la Bahía de Nenguange, Parque Nacional Tayrona. Medellín, 1982, 79 p. Tesis de grado (Biología). Universidad de Antioquia.

ENGLISH, S.; WILKINSON, C. y BAKER, V. Survey manual for tropical marine resources. Townsville : Australian Institute of Marina Science, 1994. 361+ p.

EPSTEIN, Paul R.; FORD, Timothy E. y COLWELL, Rita R. Marine ecosystems. En : Lancet : health and climate change. (1994); p. 14-17

FUNDACION PROSIERRA NEVADA DE SANTA MARTA (F.P.S.N.S.M.). Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. *s.l.* : Departamento de comunicaciones, 1996. 13 p.

_____ La historia de la Sierra nevada de Santa Marta. Bogotá : Sigma, 1995. 40 p.

_____ Plan de desarrollo sostenible de la Sierra nevada de Santa Marta. Bogotá : Linotípia Martínez, 1997. 227 p.

FRANKE, Rebecca. Recopilación de información sobre la bahía de Nenguange. (inédito)

GARCIA, Camilo. Quantitative data on the forest structure of a small mangrove formation. En : An. inst. inv. mar. Punta de betín. No. 23 (1994); p. ?

GARZON-FERREIRA, J. y CANO C., M. Los ecosistemas marinos litorales y su distribución: estudio ecológico de la zona costera de Santa Marta y el Parque nacional natural Tayrona. Santa Marta : I.N.V.E.M.A.R., 1991. p. 118-163

GASTON, K.J. Biodiversity : a biology of numbers and difference. Oxford : Blackwell Science, 1996. 396 p.

GEISTER, Jörn. Holozäne westindische korallenriffe : geomorphologie, ökologie und fazies. En : Facies. No. 9 (1983); p.173-284

GOMEZ-POMPA, A.; VAZQUEZ-YANES, C. y GUEVARA, S. The tropical rainforest : a nonrenewable resource. En : Science. No. 177 (1972); p.762-765

GOREAU, Thomas F.; GOREAU, Nora I. y GOREAU, Thomas J. Corals and coral reefs. En Scientific American. Vol. 241 (august, 1979); p. 124-136

GOREAU, Thomas J. Coral reef health in the Negril area : survey and recomendations. *s.l.* : Reef relief and the Negril coral reef preservation society, 1991. p. 32-70.

GUATTARI, Felix. Las tres ecologías. Bogotá : Gerardo Rivas Moreno, 1996. 73 p.

GUILLOT, G. y MARQUEZ, G. Estudios sobre los tipos de vegetación marina bentónica en el litoral del Parque Nacional Natural Tayrona, costa Caribe colombiana. Bogotá, 1975. Tesis de grado (Biología). Universidad Nacional.

HAWKINS, J.P. y ROBERTS, C.M. Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs. En : Biol. Cons. No. 62 (1992); p. 171-178

_____ Estimating the carrying capacity of coral reefs for SCUBA diving. En : Proc. 8 Int. Coral Reef Symposium. No. 2 (1997); p.1923-1926

HERNANDEZ, Jorge *et al.* Estudio ecológico de la vegetación del Parque Nacional Natural Tayrona. 1980. ? p.

HERRERA, Yimy. Biomasa y producción primaria en una pradera de *Thalassia*. En : Acta Biológica Colombiana. No. 9 (1995); p. ?

HUGHES, T.P. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degredation of a Caribbean coral reef. En Science. No. 265 (1994); p, 1547-1551

HUMANN, Paul. Reef coral identification. Jacksonville : New World Publications, 1993. 252 p.

_____ Reef creature identification. Jacksonville : New World Publications, 1992. 344 p.

_____ Reef fish identification. Jacksonville : New World Publications, 1994. 426 p.

I.N.D.E.R.E.N.A. - F.E.N. Colombia parques nacionales. Bogotá : OP Gráficas, 1984. 263 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION (I.C.O.N.T.E.C.). Documentación : guía para numeración de divisiones y subdivisiones en documentos escritos. Bogotá : I.C.O.N.T.E.C., 1994. p. 44-49. (NTC 1487)

_____ Documentación : Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá : I.C.O.N.T.E.C., 1996. p. 5-43. (NTC 1486)

_____ Documentación : referencias bibliográficas para libros, folletos e informes. Bogotá : I.C.O.N.T.E.C., 1996. p. 56-72. (NTC 1160)

_____ Documentación : referencias bibliográficas para normas. Bogotá : I.C.O.N.T.E.C., 1996. p. 97-104. (NTC 1307)

_____ Documentación : referencias bibliográficas para publicaciones seriadas. Bogotá : I.C.O.N.T.E.C., 1996. p. 73-96. (NTC 1308)

INSTITUTO GEOGRAFICO AUGUSTIN CODAZZI (I.G.A.C.). Estudio semi-detallado de suelos del Parque Tayrona (Dpto. del Magdalena). Bogotá : I.G.A.C., 1975. 200 p.

_____ Proyecto Punta Gloria - Río piedras para el I.N.V.E.M.A.R. Bogotá : I.G.A.C., 1989. Escala 1:10.000. Serie 4 y 5.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR AEROSPACE SURVEY AND EARTH SCIENCES (I.T.C.). The integrated land and water information system (I.L.W.I.S.) 2.1 for Windows. Enschede.

JOHNS, R. The paleoecolgy of Ordovician sponge-microbial reefs. En : Proc. 8th Int. Coral Reef Sym. Vol. 2 (1997); p. 1637 - 1642,

JOHNSON, Robert. Elementary statistics. 5 ed. Boston : P.W.S. - Kent, 1988. 613 p.

KIERKEGAARD, Soren. Fear and trembling. New York : Doubleday Anchor Books, 1954. 132 p.

KILHAM, P. y HECKY, R.E. Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. En : Limnol. Oceanogr. No. 33 (4, part 2); p. 776-795

LAVERDE, Juan. Ecología y distribución de *Thalassia testudinum* en el Parque Tayrona. Vol. 2, 1992. p. ?

LIDDLE, M.J. y KAY, A.M. Tourist impact on reef corals. Report to the Great barrier reef marine park authority. March, 1984.

LOYA, Y. The Red sea coral *Stylophora pistillata* is an r-strategist. En : Natura. No. 259 (1976); p. 478-480

LUDWIG, J.A. y REYNOLDS, J.F. Statistical ecology : a primer on methods and computing. New York : John Wiley and sons, 1988. 337 p.

LUGO, Ariel E. Management of tropical biodiversity. En : Ecological applications. Vol. 5, No. 4 (1995); p. 956-961

MACARTHUR, R.H. y WILSON, E.O. The theory of island biogeography. Princeton : Princeton University press, 1967.

MANJARRES, G. La vegetación natural terrestre de la zona costera. En : J.M. Diaz (ed.) Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Santa Marta : I.N.V.E.M.A.R., 1990. p. 106-117

MEGLITSCH, P.A. y SCHRAM, F.R. Invertebrate zoology. *3 ed.* New York : Oxford University press, 1991. 623 p.

MENGE, B.A. y SUTHERLAND, J.P. Species diversity gradients : synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. En : American naturalist. No. 110 (1976); p. 351-369

N.O.A.A. United States and Australia collaborate to provide early warning of coral bleaching, N.O.A.A. reports. En : N.O.A.A. online stories. No. S135 (1999); p. 1-2

OGDEN, J.C. Faunal relationships in Caribbean seagrass beds. En : Handbook of seagrass biology : an ecosystem perspective. (1980); p.173-198

PASCUAS, Nancy. Características fitosociológicas de los manglares en el Parque Tayrona. Bogotá,

1978. ? p.

PIRSIG, Robert M. Zen and the art of motorcycle maintenance : an inquiry into values. New York : Bantam books, 1984. 400 p.

RABINOVICH, J.E. Ecología de poblaciones animales. Washington D.C., O.E.A., 1978. 113 p.

RAMIREZ, G. y DE LA PAVA, M.L. Corales hermatípicos de la isla de Tierra bomba, Cartagena (Colombia) : estimaciones de algunos factores de incidencia en la sucesión vertical con anotaciones ecológicas. Bogotá, 1981, 200 + p. Tesis de grado (Biología Marina). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

REICE, Seth R. Nonequilibrium determinants of biological community structure. En American Scientist. Vol. 82 (sep. - oct. 1994); p. 424-435

REICHEL-DOLMATOFF. 1965

REYES, Rosalba. Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Rhizophora mangle*. Bogotá, 1991, ? p. Tesis de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo lozano. Facultad de Biología Marina.

ROGERS, C.S.; GARRISON, G.; GROBER, R.; HILLIS, Z.M. y FRANKE, M.A. Coral reef monitoring manual for the Caribbean and western Atlantic. St. John : W.W.F., 1994. 90 + p.

ROUGHGARDEN, J. y DIAMOND, J. Overview : The role of species interactions in community ecology. En : Community ecology. New York : Harper and Row, 1986. 665 + p.

SALVAT, B. Human impacts on coral reefs : facts and recommendations. French polynesia : Antenne museum, EPHE, 1987. 253 p.

SANCHEZ M., J.A. y RAMIREZ, A. Descripción, composición y estructura de las comunidades coralinas de los arrecifes de Isla del tesoro, Caribe colombiano. Bogotá, 1994, 130 p. Tesis de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

SCHEER, G. Application of phitosociological methods. En : Coral reefs : research methods. Paris, U.N.E.S.C.O., 1978. p. 175-196

SKINNER, Brian J. y PORTER, Stephen C. The dynamic earth : an introduction to physical geology. 2 ed. New York : John Wiley and Sons, 1992. 570 p.

STILING, Peter D. Ecology : theories and applications. 2 ed. New Jersey : Prentice Hall, 1996. 539 p.

TAYLOR, J.D. Zonation of rocky intertidal surfaces. En : Coral reefs : research and methods. Paris : U.N.E.S.C.O., 1978. p. 139-148

TSCHANZ, Charles M.; MARVIN, Richard F.; CRUZ B., Jaime; MEHNERT, Harald H. y CEBULA, Gerald T. Geological evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta, northeastern Colombia. En : Geological Society of America bulletin. Vol. 85 (1974); p. 273-284

UNIVERSIDAD NACIONAL (U.N.). Observaciones ecológicas terrestres y marinas en la bahía de Nenguange, Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano; del estuario del Río Butitaca, departamento del Magdalena. Bogotá : Universidad Nacional, 1987. 288 p.

VON PRAHL, H. y ERHARDT, H. Colombia : corales y arrecifes coralinos. Bogotá : Presencia, 1985. 295 p.

WORLD WILDLIFE FUND (W.W.F.). Caribbean coral reef action plan. W.W.F., 1995. 5 p.

WEDLER, E. y ALVAREZ-LEON, R. Estructura de una sección del arrecife coralino en la Playa del Muerto (Bahía Nenguange, Caribe colombiano). En : Caribbean Journal of Science. Vol. 25, No. 3-4 (1989); p. 203-217

WEINBERG, S. A comparison of coral reef survey methods. En :Bijdragen tot de Dierkunde. Vol. 51, No. 2 (1981); p. 199-218

WERDING, Bernd y VELEZ, Margarita Maria. Informe final sobre el estudio ecológico en la bahía de Nenguange, Parque Nacional Tayrona. Santa Marta : I.N.V.E.M.A.R.-Colciencias, 1976. 63 p.

WORLD RESOURCE INSTITUTE (W.R.I.). Status of the world's coral reefs : tropical americas. Washington, D.C. : W.R.I., 1998. 3 p.

www.people.fas.harvard.edu/~goreau.

ZEA, S.; GEISTER, J.; GARZON-FERREIRA, J. y DIAZ, J.M. Biotic changes in the reef complex of San Andrés island (southeastern Caribbean sea, Colombia) ocurring over nearly three decades. En Atoll Research Bulletin. No. 456 (1998); 30 p.

Anexo A. Ejemplo de la matriz empleada en el estudio transcrita a tablas acrílicas para la toma de datos bajo el agua. Las especies de coral se codificaron y en el anexo C se encuentra la clave respectiva. Los demás códigos son: C.E. = coral erosionado, E.E. = esponjas erectas; E.I. = Esponjas incrustantes; A.F.C. = algas cespitosas; Carn. = algas carnosas; Calc. = algas calcáreas; A.I. = algas incrustantes; Are. = arena; Arc. = arcila y Cant. = cantos. Los atributos que aparecen en las columnas son las siguientes: V/S = vivo o cobertura sobre el sustrato para no corales; E. = coral enfermo y M. = coral muerto.

Linea ref #						Fecha:								Tº:												Parches:	*Playa del Muerto*									M T			
Transecto #						Profundidad:								Nombre:												Metros de costa:													
	Cuad#	1				2				3				4				5				6				7				8				Sumatoria			
	Categoria\	V/S	E	M	C	V/S	E	M	C	V/S	E	M	C	V/S	E	M	C	V/S	E	M	C	V/S	E	M	C	V/S	E	M	C	V/S	E	M	C	V/S	E	M	C
1	MII cp																																				
2	MII ac																																				
3	Dp cl																																				
4	Dp st																																				
5	Dp lf																																				
6	Si si																																				
7	Si ra																																				
8	Mo an																																				
9	Mo cv																																				
10	Mo fl																																				
11	Ag ag																																				
12	Ac pl																																				
13	Ac cv																																				
14	Ma ar																																				
15	Co na																																				
16	Di st																																				
17	Po as																																				
18	Sol sp																																				
19	Fa fr																																				
20	Me me																																				
21	C.E.																																				
22	E.E.																																				
23	E.I.																																				
24	A.F.C.																																				
25	Carn.																																				
26	Calc.																																				
27	A.I.																																				
28	Are.																																				
29	Arc.																																				
30	Cant.																																				
31	Roca.																																				
32	Otros.																																				

Anexo B. Peces encontrados en la comunidad coralina de la bahía de Nenguange (1999).

Tipo pelágicos y demersales de fondos duros en la Piedra Ahogada. Elaborado por Ricardo Batancur.
Fecha: 4 de octubre de 1999.
Profundidad: entre 15 y 45ft. aproximadamente.
Orden mostrado: Filogenético

I. Orden Beryciformes
Familia Holocentridae
Myripristis jacobus+
Holocentrus sp.

II. Orden Gasterosteiformes
Familia Aulostomidae
Aulostomus maculatus

III. Orden Perciformes
1. Suborden Percoidei
Familia Serranidae
Cephalopholis cruentata
Hypoplectrus unicolor
Hypoplectrus puella
*Hypoplectus nigricans**
Serranus tigrinus

Familia Opistognathidae
*Opistognathus aurifrons**

Familia Carangidae
Elagatis bipinnulata

Familia Lutjanidae
Lutjanus griseus
Ocyurus chrysurus

Familia Haemulidae
Haemulon plumieri
Haemulon aurolineatum
Haemulon flavolineatum
Haemulon chrysargyreum
Haemulon striatum

Familia Scianidae
*Equetus punctatus**
*Equetus lanceolatus**

Familia Mullidae
Mulloidichthys martinicus
Pseudopeneus maculatus

Familia Chaetodontidae
Chaetodon capistratus+
Chaetodon ocellatus
Chaetodon sedentarius
*Chaetodon striatum**

Familia Pomacanthidae
Pamacanthus paru
Pomacanthus arcuatus
Holocanthus tricolor

2. Suborden Labroidei
Familia Pomacentridae
Stegastes partitus++
Stegastes planifrons
Stegastes dorsopunicans
Microspathodon chrysurus+
Abudefduf saxatilis
Chromis cyanea+
Chromis multilineata++

Familia Labridae
*Lachnolaimus maximus**
Bodianus rufus
Clepticus parrea
Halichoeres radiatus
Halichoeres garnoti
Thalassoma bifasciatum+

Familia Scaridae
Scarus taeniopterus
Sparisoma viride
Sparisoma aurofrenatum
Sparisoma rubripinne
Sparisoma sp.

3. Suborden Gobioidei
Familia Gobidae
Gobiosoma illecebrosum

Sp 1

4. Suborden Acanthuroidei
Familia Acanthuridae
Acanthurus bahianus
Acanthurus chirurgus
Acanthurus coeruleus

IV. Orden Tetraodontiformes
1. Suborden Tetraodontoidei
Familia Ostraciidae
Lactophrys polygonia

Familia Tetraodontidae
Canthigaster rostrata
Spheroides sp.

Familia Diodontidae
*Diodon holocanthus**

Anotaciones:
+: especies comunes; ++: especies muy comunes y *: especie vista una sola vez.

Tipo pelágicos y demersales de fondos duros en Playa Viva. Elaborado por Rebecca Franke.
Fecha: 24 de septiembre de 1999.

Familia Holocentridae
Holocentrus sp.

Familia Pempheridae
Pempheris schomburgki

Familia Serranidae
Hypoplectrus puella
Epinephelus cruentatus

Familia Mullidae
Mulloidichthys martinicus
Pseudopeneus maculatus

Familia Haemulidae
Haemulon flavolineatum
Haemulon sp. 1
Haemulon sp. 2
Haemulon sp. 3
Haemulon sp. 4

Familia Chaetodontidae
Chaetodon ocelatus
Chaetodon striatus

Familia Acanthuridae
Acanthurus bahianus
Acanthurus coeruleus

Familia Pomacanthidae
Pomacanthus paru

Familia Pomacentridae
Abudefduf saxatilis
Chromis multilineata
Microspathodon chrysurus
Pomacentrus planifrons
Stegastes dorsopunicans
Stegastes partitus
Pomacentrus sp.

Familia Labridae
Bodianus rufus
Thalassoma bifasciatum
Halichoeres bivittatus

Familia Scaridae
Scarus croicensis
Sparisoma viride

Familia Gobidae
Gobiosoma oceanops

Familia Ostraciidae
Lactophrys sp.

Familia Diodontidae
Diodon sp.

Familia Tetraodontidae
Canthigaster sp.

Peces adicionales encontrados por el autor:

Familia Serranidae
Mycetoperca bonaci

Familia Grammistidae

Rypticus saponaceus (encontrado fuera de la comunidad coralina)

Familia Sphyraenidae
Sphyraena barracuda (encontrada en la zona de Playa del Muerto)

Familia Scopaenidae
Scorpaena plumieri (encontrada en la zona de Playa del Muerto)

Familia Muraenidae
Gymnothorax funebris (encontrada en la zona de Playa del Muerto)

Familia Ostraciidae
Lactophrys triqueter

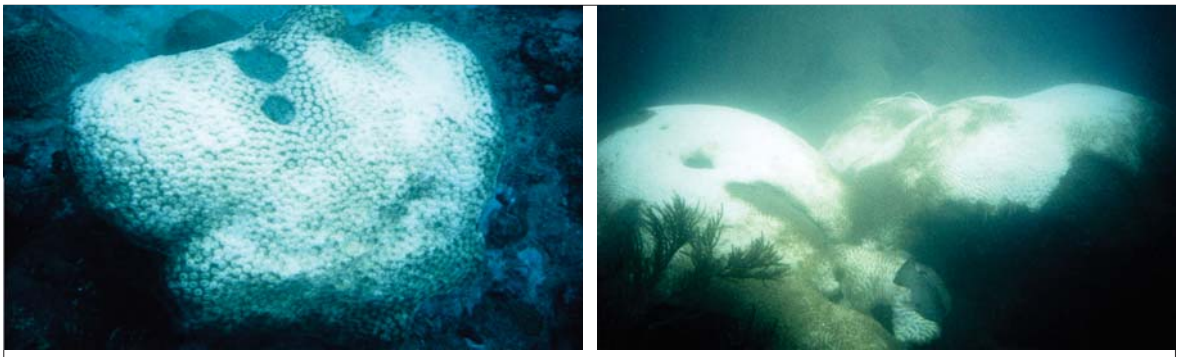
Anexo C. Especies de coral encontradas en la bahía de Nenguange y los códigos empleados.

Acropora cervicornis	Ac cv.
Acropora palmata	Ac pl
Agaricia agaricetes	Ag ag
Agaricia fragilis	Ag fr
Agaricia humilis	Ag hu
Agaricia lamarcki	Ag la
Agaricia spp.	Ag spp.
Agaricia tenuifolia	Ag te
Astrangia solitaria	As so
Cladocora arbuscula	Cl ar
Colpophyllia amaranthus	Co am
Colpophyllia breviserialis	Co br
Colpophyllia natans	Co na
Dichocoenia stokesii	Di st
Diploria clivosa	Dp cl
Diploria labyrinthiformis	Dp lb
Diploria strigosa	Dp st
Eusmilia fastigiata	Eu fa
Favia fragum	Fa fr
Isophyllia sinuosa	Is si
Leptoseris cucullata	Le cu
Madracis decactis	Ma de
Madracis formosa	Ma fo
Madracis mirabilis	Ma mi
Madracis pharensis	Ma ph
Manicina areolata	Ma ar
Meandrina meandrites	Me me
Millepora alcicornis	Ml al
Millepora complanata	Ml cp
Millepora squarrosa	Ml sq
Montastrea annularis	Mo an
Montastrea cavernosa	Mo cv
Montastrea faveolata	Mo fa
Mussa angulosa	Mu an
Mycetophyllia ferox	My fe
Mycetophyllia lamarckana	My la
Mycetopyllia aliciae	My al
Oculina diffusa	Oc di
Phylangia americana	Phy am
Porites astreoides	Po as
Porites porites	Po po
Scolymia lacera	Sc la
Scolymia spp.	Sc spp.
Siderastrea radians	Si ra
Siderastrea siderea	Si si
Solenastrea hyades	So hy
Solenastrea bournoni	Sol bo
Stephanocoenia michelinii	St mi
Stephanocoenia intersepta	St in
Tubastre aurea	Tu au

Figuras 99 y 100. Bahía Santa Marta antes y durante huracán Lenny.

Anexo D. Huracán Lenny. A finales de la segunda semana de noviembre del año 1999 el huracán, mencionado anteriormente con el nombre de Lenny, paso cerca de la costa caribeña colombiana, alterando las propiedades oceanográficas del agua (véanse las figuras 99, 100 y 101), lo que causó un impacto notorio sobre las poblaciones de coral en la Bahía. Este acontecimiento marcó una división en el estado de salud coralina debido a que antes del huracán no se observó el blanqueamiento que notoriamente aconteció después. Aunque no se obtuvieron datos a partir de mediciones con métodos cuantitativos antes del acontecimiento, algunas de las propiedades oceanográficas evidentemente afectadas, además de las

Figura 101. Impacto de las olas sobre el camellón de Santa Marta.



Figuras 102 y 103. Blanqueamiento de colonias de *Montastrea cavernosa* **y** *Colpophyllia natans* **despues de huracán Lenny.**

corrientes, fueron la turbidez del agua, la salinidad y la temperatura del agua, cuyos niveles se elevaron de manera ostensible. El impacto más evidente tomó la forma del blanqueamiento de porciones grandes de colonias de coral (véanse las figuras 102 y 103). También se observaron colonias volteadas, así como pedazos de coral vivo sobre el bentos marino provenientes de colonias más grandes. En la ciudad de Santa Marta se alcanzó a observar el impacto de la fuerza mecánica de la tormenta tropical, ya que levantó los adoquines recién puestos sobre el camellón (véase la figura 104), causando una perdida económica considerable.

Figura 104. Impacto de las olas sobre el camellón de Santa Marta.

Anexo E. Talleres: Intercambio con los habitantes de Bahía Nenguange.

1. Primer y segundo taller. El primer taller contó con la participación de diez personas, la mayoría de los cuales eran hombres. La participación de las mujeres era mínima debido probablemente a que la mayoría se encontraban en Santa Marta en donde tenían también una residencia las familias según cuentan ellos. En el taller el investigador expuso temas básicos y definió términos pertinentes al estudio como por ejemplo:

1. que es un coral,
2. cuantas especies pueden encontrarse en la Bahía,
3. como se pueden distinguir,
4. como se diferencian de otros organismos y estructuras en el fondo marino,
5. que importancia cumplen los organismos en la comunidad,
6. que es un ecosistema, una comunidad y la biodiversidad,
7. porqué es importante cuidar los ecosistemas marinos, y
8. como pueden organizarse desde un punto de vista colaborativa.

Se les aseguro el papel definitivo que juegan en el cuidado de los ecosistemas. Dado a que ellos aprovechaban a diario los recursos como sustento de vida, se les resaltó su importancia como determinantes del futuro del sistema y, por ende, del suyo propio. La charla continuó con una breve descripción de los métodos empleados para estudiar el estado de la comunidad por parte del investigador. Para este fín se les mostró los diferentes equipos como las tablas acrílicas, el cuadrante y las líneas y boyas junto con la forma de su empleo. Con el propósito de exponer el método para hallar la cobertura de los diferentes componentes del fondo marino

se realizó una pequeña actividad la cual consistió en dibujar en grandes carteleras los componentes para que ellos, con el cuadrante, determinaran la cobertura de estos. Posteriormente se trabajó con un mapa de la Bahía para que ellos relataran los acontecimientos más importantes que habían sucedido en las diferentes localidades y para darles nombres a los puntos geográficos.

Durante el taller se habló de lo indispensable que era la familiarización con los equipos y los métodos por parte de los habitantes si realmente se iba a cumplir las intenciones de conservación. Para este efecto se escogió a uno de los sobrinos de los pescadores para acompañar al investigador en algunas salidas. Se le dieron instrucciones de buceo con equipo SCUBA en una academia.

Los pescadores mostraron gran interés de participar en el proceso del presente estudio y existe una voluntad genuina por parte de varios biólogos para apoyar movimientos similares. Poco a poco los habitantes se acogieron al investigador y viceversa lo que indica que sí se puede lograr una comunicación afectiva y efectiva con base en el respeto y el entendimiento.

En el segundo taller con los habitantes se intentó homologar los nombres de los diferentes componentes orgánicos y no-orgánicos del fondo marino. No es de sorprender que para los invertebrados no existía mayor diferenciación de nombres entre las especies. En cambio, para el grupo de los peces se le dedicó una buena charla larga después un pargo frito del almuerzo:

Myripristis jacobus - carajuelo; *Holocentrus* - carajuelos; *Aulostomus maculatus* - pez corneta; *Hypoplectrus nigricans* - pez jabón; *Serranus tigrinus* - limpión; *Opistognathus aurifrons* - guavino; *Lutjanus griseus* - mulato; *Ocyurus chrysurus* - rubia; *Haemulon* - coroncoro; *Mulloidichthys martinicus* - salmonetta; *Pseudopeneus maculatus* - salmonetta; *Balistes* - synoge o cachua; *Lactophrys* - pez gallina; *Priacanthus cruentatus* - cardenal o ojo de plato; *Bodianus* -

pargo pluma; *Scarus* - lora; *Gramma* - limpiones; *Rypticus saponaceus* - pez jabón; *Epinephelus itajara* - mero guasa; *Mycetoperca phenax* - cherna; *Epinephelus morio* - cabrilla; *Stegastes* - limpión; *Rhomboplites aurorubens* - cumáro; *Lutjanus buccanella* - orejita negra; *Lutjanus mahogoni* - chino; *Anisotremus surinamensis* - cabo martín; *Rachycentron canadum* - bacalao; Familia Sparidae - cachicachi y mojarra; *Mugil curema* - anchoveta; *Centropomus undecimalis* - robalo; *Ablennes hians* - lechero o palometa; *Selene vomer* - cara de caballo; *Alectis ciliaris* - pómpano o agua mala; *Coryphaena hippurus* - dorado; y *Elagatis bipinnulata* - salmon.

Algunos de estos peces no se encuentran en Nenguange hoy en día o fueron capturados por los pescadores en otras aguas de la costa.

2. Tercer taller. En este taller se profundizó más en la historia del poblamiento de Nenguange y sus relatos. Hablar de algunos de los temas era un poco incomodo para los habitantes ya que su posición en la Bahía con respecto a la tenencia de tierras no era clara. Como es conocido, es prohibido que en áreas protegidas habiten personas permanentemente. Ellos muchas veces dieron la impresión de exagerar la cantidad de tiempo que llevaban allí y confundían los motivos por los cuales habían llegado inicialmente. Sin embargo, es común la condición de ocupación de tierras en áreas protegidas en el mundo aunque en el caso de Nenguange hay que tener cuidado con esta afirmación ya que al parecer, como se mencionó anteriormente, muchos sino todos de los habitantes tenían propiedades fuera del Parque. Vale repetir que lo siguiente es un resumen de la historia del poblamiento desde el punto de vista de los habitantes de la Bahía y no los demás actores de la región.

Antes del los años 40 la actividad presente en Nenguange era meramente la pesca. Jornadas largas de pescadores provenientes de Taganga y la Guajira exigían que estos mismos formaran campamentos temporales de cambuches sostenidos de 4 palos y carpas de plástico mientras viajaban a lo largo de la costa. A comienzos de los 40 un señor conocido como "El

Indio Mingue" de origen Guayú estableció un campamento permanente cerca de la piscina (área 26 en la figura 20). A él lo siguió el señor Eduardo Santiago conocido como "El Embarrutado" en el año 42 junto con sus hijos (en otra sesión se había dicho que "El Embarrutado" llegó en el 52). Estos últimos formaron un campamento permanente en Playa Nenguange. Hasta el momento sus embarcaciones eran con canalete, es decir, impulsados con remo. Los años 50 vio la llegada de las primeras lanchas con motor fuera de borda por pesqueros de las áreas adyacentes y también el comienzo de la pesca con dinamita especialmente por los Tagangueros. Para finales de los 50 el problema de la guaquería de las tumbas de los antiguos nativos de los Tairona se agudizó. Los nativos enterraban con sus muertos objetos de oro y porcelanas, estos últimos convirtiendose en el motivo de muchos pescadores y otros para frecuentar la Bahía y eventualmente consolidar campamentos más duraderos. En esta época llegaron los señores llamados Pinto en el 58 y "Chin" en el 60. El primero, aunque frecuentaba Nenguange, había establecido su campamento en Gairaca. Para trasladarse de bahía en bahía utilizaba el cayuco (lancha) de Rafael "Patilla". Los convertidos guaqueros relataron que antiguamente veían una luz resplandecente en la noche entre la vegetación o en la playa y esto significaba que existía una guaca enterrada allí en el suelo. En la localidad del Mirador, aunque existía esta luz, nunca se logró encontrar la guaca y, por ende, le atribuyeron a ese caso la presencia del espíritu del soldado muerto (no se supo bien de que soldado hablaban). Una vez se establecieron estas personas y se agotaron las guacas la pesca volvió a dominar como actividad productiva. Los pescadores, para complementar la dieta, empezaron pequeños cultivos de coco o plátano aunque esta pequeña producción no rendía y seguía siendo necesario intercambiar pescado por otros productos agrícolas como la yuca, el melón, el ñame y el mismo plátano con los pueblos adyacentes. En el año 64 se declaró a la zona como una área protegida conocida como Parque Natural Nacional Tayrona. La construcción de la Troncal Caribe en el 67 le permitió a muchas personas, sin embargo, consolidar granjas dentro del Parque aunque no necesariamente dentro de la Bahía. Estas invasiones fueron enfrentadas por el I.N.C.O.R.A. el cual se encargó de empezar a desalojar la

área protegida en el 68. Se dice que las familias pudientes de Santa Marta y la región aprovecharon el desorden y resultaron con títulos de propiedad de tierras del Parque. Uno de ellos, los Alzamora, se proclamaron como dueños de la Bahía. Sin embargo, siguieron llegando personas a Nenguange ya que ésta contaba con un relativo aislamiento del resto del Parque por su difícil acceso. En el 69 llegó el señor Hincapié a Playa Viva (Playa Pescadores) y se declaró dueño de la misma. En el 70 llegaron dos hermanos conocidos como Juaco y Fidel padre de Pelé. Fidel se estableció cerca de la piscina. Para el año 74 se conectaron las bahías de Nenguange y Gairaca con la Troncal Caribe a través de una pequeña carretera en el kilometro 12 de Santa Marta cuya financiación provino de la Corporación Nacional de Turismo (I.G.A.C., 1975). Entre los constructores estaban Antonio Abendaño ("El Toco" - conocido así por provenir de Mamatoco), Restrepo y Uribe. "El Toco" se quedó viviendo con Hincapié en Playa Viva. Werding y Vélez (1976) establecen que la invasión de Playa Viva (Playa Pescadores) fue antes (1972) que la del Playa del Muerto (1973). A pesar de la nueva carretera, el turismo para el comienzo fue muy escaso. Los pocos turistas eran llevados hasta Playa del Muerto en cayuco a canalete. Aunque ya había llegado el motor fuera de borda aún no era popular y nadie en Nenguange poseía uno. Gracias a esto todavía era difícil el acceso a la Bahía también por el mar lo que permitió a la comunidad coralina permanecer relativamente prístina. Según los pescadores abundaban los gorgonáceos y el caracol "botón" entre otros. También mencionaron que en lo que ahora es el parqueadero de las lanchas en Playa del Muerto no podían transitar cayucos como consecuencia del afloramiento de *Acropora palmata* de ese punto y hacía el norte. El recurso pesquero para esta época era abundante también. No obstante, con la bonanza marimbera y el crecido turismo en la década de los 70 el problema del empleo del trasmallo y la dinamita en toda la Bahía fue agudizandose para poder abastecer la demanda consumista de los turistas. Los pescadores dicen que inicialmente la dinamita fue utilizada para pescar en especial a las sardinas. En el 75 el señor Pinto se trasladó de Gairaca a Playa del Muerto. En ese mismo año el señor Hincapié le vendió Playa Viva a los Zuñiga y "El Toco" se quedó cuidando el terreno adquirido y

aprovechando el espacio y la falta de autoridad sembró coco e introdujo animales domésticos. En el 76 "Juancho" y Enrique Toncel se establecieron en la porción sur de Punta Majaguita (la verdadera Playa Viva) y "Chin" se devolvió a Taganga. Existe un pequeño relato entre Enrique y el tigre de Nenguange. Una noche Enrique escucho un llorido en el monte que se fue acercando a su cambucho cuando de pronto el perro que él había traído soltó un alarido y tuvo la oportunidad de reaccionar y alejarse del sitio. Cuando regreso la siguiente mañana se dio cuenta que el perro había muerto pero por eso le había salvado la vida. Del 77 al 81 el turismo comienzó a crecer y la necesidad de lanchas comenzó a manifestarse en la adquisición de un cayuco por el señor Pinto en el 77 y las llegadas de Ildefonso Pinto, Victor Mato (conocido como "Michelín" y hermano de "Chin") y Jorge Asis ("conocido como "Caballero") en el 81, los dos últimos siendo pescadores de Taganga, y cada uno con los tercero, cuarto y quinto cayucos de la Bahía. En el 78 se ahogaron dos pescadores en la Bahía. Dos años después, en el 80, huracán Johanna pasó cerca de la costa y trajo 7 días de lluvia lo que causó la caída de un peñon y se desvió quebrada Giraca. Ese mismo año se registró una notoria disminución de peces comerciales y se murieron misteriosamente los cocos que "El Toco" había sembrado en Playa Viva. En el 85 desaparecieron dos pescadores hermanos de "Bienve" en una lancha. Ellos habían llegado a comienzos de la década. Este evento causó que se desarrollaran cuentos de demonios en la Bahía y como consecuencia se fueron Caballero y Michelin de Nenguange por temor a los fantasmas de los desaparecidos. En el 86 también se fueron los hermanos Juaco y Fidel después de 16 años de vivir allí. Los motivos son desconocidos. Ese mismo año se creó ASOPLAM (Asociación de Pesqueros de Playa del Muerto). En el 87 un taco destruyó el arrecife de *Acropora* en la piscina lo que conllevó a ASOPLAM a prohibir la pesca con dinamita en la Bahía en el 88. Ahora, como se mencionó arriba los Alzamora se consideraban dueños de la Bahía desde al menos la década de los 60. "El Embarrutado" supuestamente había llegado en el 42 y era el "celador" de los Alzamora. En el 89 se creó una disputa de tierras entre los Alzamora y los Zuñiga (Toño y Julio) y los Alzamora decidieron dejarle las tierras a "El Embarrutado" por deuda. En el 9 de agosto del

mismo año fueron asesinados 9 personas que estaban dentro del cambucho del "Embarrutado", 6 de ellos era hijos de él y 3 eran visitantes que habían llegado de casualidad a quedarse allí esa noche. Su yerno Rafael De Avila era uno de ellos. "El Embarrutado" murió 3 años después por pena moral según los pescadores después de vivir 40 años allí. En el 9 de abril del mismo año de su muerte, es decir en el 92, murió su hermana Ruperta ahogada tratando de salvar a dos de sus hijas que viajaban a Cinto por lancha. Ahora parece que nadie disputa las tierras de Playa Nenguange. Con respecto al ecosistema, en los comienzos de los 90 empezaron a suceder una serie de eventos como la elevación de la temperatura del agua de mar, la llegada de más lanchas con motor fuera de borda, la tala de arboles de Caracoli, Ceiba y Mamón de leche en los arroyos, el subsiguiente secamiento de arroyos como Morra Blanca y el incremento de la sedimentación ya agravada por la erosión de la carretera; todo esto coincidiendo con la mortandad masiva de abanicos de mar y las Acroporas. En el 93 se fue "El Indio Mingue" de Nenguange y murió en Taganga de 100 años en el 98. Del 95 hasta el presente se ha dificultado encontrar invertebrados de valor económico como langostas, caracoles, pulpos, etc. En el 98 el Ministerio del Medio Ambiente ordenó cerrar el Parque al turismo para aclarar el problema de tenencia de tierras y para este efecto el ejercito se tomó la cadena de la entrada de la carretera de Nenguange. Este evento coincidió con el regreso de peces a las orillas de las playas y la recuperación de la casi extirpada *Acropora*. Los mismos pescadores, que ahora ganan una suma sustancial de dinero en el negocio del turismo, admiten que el ecosistema se ha visto afectado principalmente por esta actividad y la antigua pesca con dinamita.

3. Cuarto taller. Este taller fue realizado oportunamente a comienzos del 2000 cuando los miembros de ASOPLAM concertaron una reunión con varias agencias turísticas de Santa Marta en Playa del Muerto. También se contó con la participación de la Unidad de Parques. Se expusieron los resultados del presente estudio y se presentaron varias inquietudes acerca del manejo de las playas y la recuperación que se estaba llevando a cabo en la comunidad

durante el cierre del Parque. Las agencias se acogieron positivamente a la crítica e inclusive mostraron apoyo a los movimientos preguntando porqué no había más presencia de autoridad por parte de la marina o la policía en la Bahía para mitigar las presiones. Esta última idea fue la conclusión más importante ya que aclaraba lo inútil que podría ser cualquier toma de decisión e implementación de medidas si estas no estaban respaldadas por una autoridad.

Al comienzo, al menos, la autoridad parece ser el elemento esencial. Con el tiempo esta última puede ser mermada solo y cuando la educación, la cultura y la consciencia de cuidar el medio ambiente lleguen a campos de iluminación suficientes para que sea innecesario el castigar a la gente para encaminarlos en cursos predeterminados de acción. Con el tiempo y con la escasez de recursos se volverá evidente la interpenetración del ambiente con el individuo y que el uno no puede existir sin el otro. Con el tiempo se verá al medio ambiente como una extensión del cuerpo y viceversa lo cual necesitará de un cuidado integral para poder sobrevivir. Esperemos llegar allá por nuestra buena voluntad y no por la guerra.

Anexo F. Lista de definiciones y códigos.

A1, A2 y A3 - Las 3 estaciones del año 1999 en la zona de Piedra Ahogada.

C.E. (Coral erosionado) - Esqueleto expuesto de coral no identificable.

Coral enfermo - Porciones del tejido vivo del coral que padece de decoloración o colores anormales.

C.M. (Coral muerto) - Esqueleto expuesto de coral identificable.

C.V. (Coral vivo) - Tejido de coral con características normales como, por ejemplo, el color.

Diversidad (índices) - Aquellos índices que describen en cifras la riqueza, diversidad e uniformidad de una comunidad (ver Ludwig y Reynolds, 1988).

Dominio - La totalidad de la porción sur - occidental de la Bahía de Nenguange estudiada con formaciones predominantes de coral escleractinio.

E5 - Indice de diversidad de Hill (número modificado) expresada en una cifra absoluta que describe la uniformidad de la composición y distribución de las especies de una comunidad (ver Ludwig y Reynolds, 1988).

Estación - Pequeñas áreas escogidas de acuerdo a un criterio de paisajes homogéneos de coral por donde se extendieron las unidades muestreales.

Extirpación - Término empleado por ecólogos en la lengua inglesa (*extirpate*) para definir la condición cuando una especie se extingue pero solo en una localidad geográfica determinada y no definitivamente (ver Wilson, E.O. The Diversity of Life. The Belknap Press of Harvard University. Cambridge. 1992. 424p.).

Historia - 1. La rama del conocimiento que trata los eventos del pasado. 2. Un registró sistemático de cualquier agrupación de fenómenos naturales sin referencia al tiempo (ver Random House Webster's College Dictionary, 1991).

Historia natural - El estudio de los organismos y objetos naturales, especialmente con referencia a su historia y ambiente nativo [1560 - 70] (ver Random House Webster's College Dictionary, 1991). *Para este efecto no se excluye a la humanidad como organismo de estudio.

Líneas de referencia - Cabos que se extienden desde el litoral a mar adentro para facilitar la búsqueda de estaciones para el muestreo.

MA, MB, MC, MD, ME, MF, MG, MH y MI - La nomenclatura de las estaciones del año 1998 en la zona de Playa del Muerto. También aparecen con la segunda letra en minúscula

para representar las réplicas de las mismas estaciones (es decir Ma, Mb, etc.).

M1, M2 y M3 - Las estaciones del año 1999 en la zona de Playa del Muerto. Estas mismas estaciones le corresponden a las MD, ME y MI del año 1998.

N/A - Abreviatura de "no-acsequible" o información no obtenida.

N0 - Indice de diversidad de Hill que describe con una cifra absoluta la riqueza (es decir, el número de especies) de una comunidad estudiada (ver Ludwig y Reynolds, 1988).

N1 - Indice de diversidad de Hill que describe con una cifra absoluta el número efectivo de especies dominantes de una comunidad estudiada (ver Ludwig y Reynolds, 1988).

N2 - Indice de diversidad de Hill que describe con una cifra absoluta el número efectivo de las especies *más* dominantes de una comunidad estudiada (ver Ludwig y Reynolds, 1988).

P.A. - Piedra Ahogada.

Principales componentes bentónicos - Grupos principales de organismos y objetos no orgánicos que se estudiaron en el presente trabajo (es decir, coral, arena, esponja, etc.).

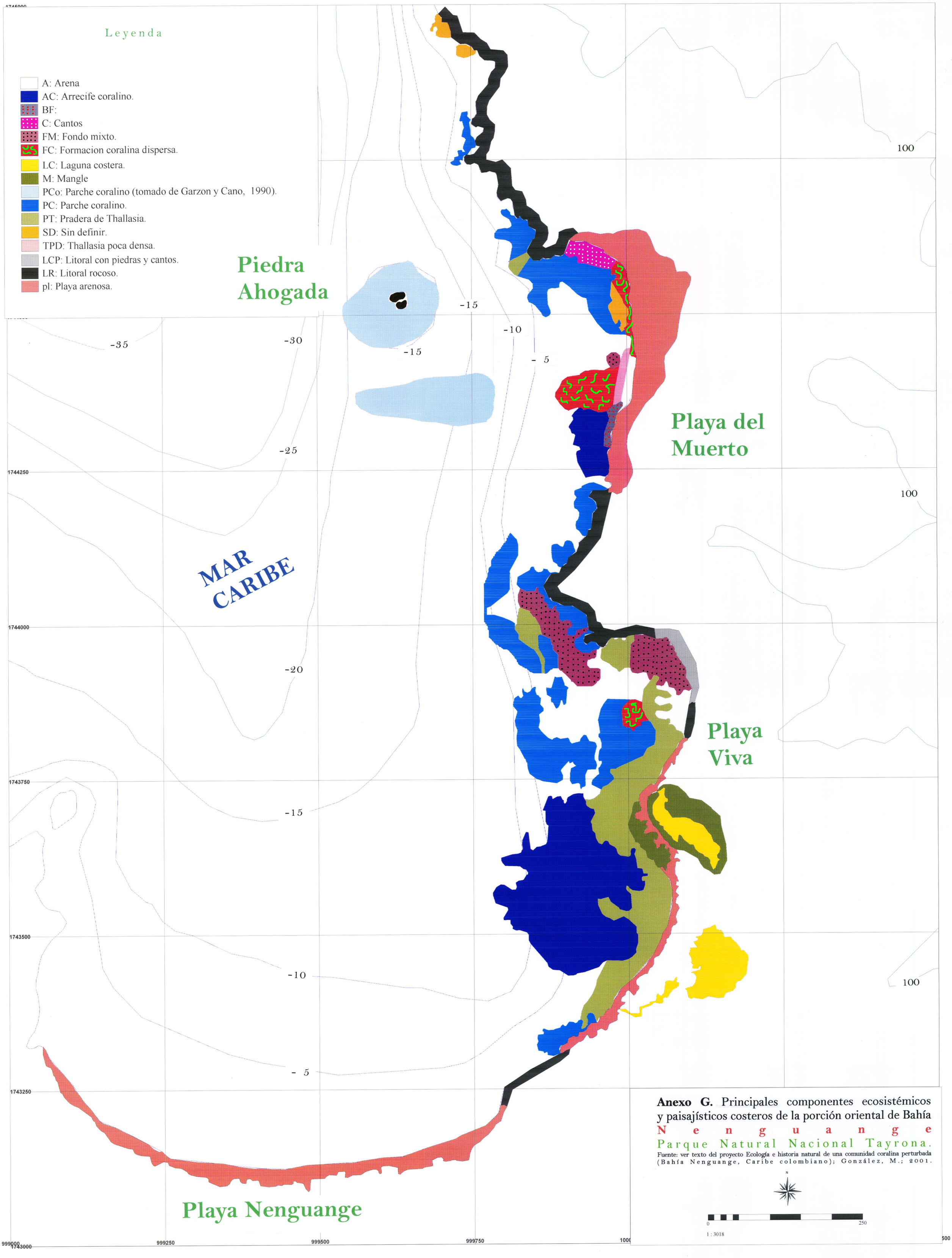
P.M. - Playa del Muerto.

P.V. - Playa Viva.

Unidad muestreal - Herramienta empleada para medir la cobertura de los principales componentes bentónicos en las estaciones dentro del dominio de estudio. Consiste en una área efectiva de $8m^2$ y se delimita con un cuadrante de $1m^2$ que se pasa por el fondo de forma continua hasta completar los $8m^2$.

V1, V2, y V3 - Las 3 estaciones del año 1999 en la zona de Playa Viva.

Zona - Subdivisiones del dominio creadas para comparar áreas con diferentes cualidades geomorfológicas, uso antrópico y ensamblaje de ecosistemas. En total son 3: zona de Playa Viva, Playa del muerto y Piedra Ahogada.



Anexo G. Principales componentes ecosistémicos y paisajísticos costeros de la porción oriental de Bahía Nenguange