

ESTADO ACTUAL DE SALUD CORALINA EN LAS COMUNIDADES ARRECIFALES EN CHENGUE Y GAYRACA, DOS BAHÍAS DEL PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA, CARIBE COLOMBIANO

Anny Forero-Mejía^{1,✉}

Trabajo de grado bajo la dirección de Valeria Pizarro (PhD) – Modalidad artículo científico.
¹Estudiante de Biología Marina Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Departamento de Ciencias Biológicas y Ambientales, Programa de Biología Marina, Grupo de Ecosistemas Marinos Tropicales. ✉annyforero@gmail.com

RESUMEN

Una de las causas principales de degradación en los arrecifes son las enfermedades coralinas. El estudio del estado de salud de los corales, incluyendo prevalencia y tasas de avance de enfermedades, es una aproximación para conocer la degradación potencial de un área arrecifal. En este estudio se quiso conocer el estado actual de salud de las formaciones arrecifales de las bahías de Chengue (Ch) y Gayraca (Gay) (PNNT). Se muestrearon cuatro estaciones: Ch-S, Ch-P, Gay-S y Gay-P (dos por bahía) a dos diferentes profundidades (S: 5 m, P: 12 m). En cada estación se colocaron tres transectos lineales de diez metros y a cada lado se colocaron cuadrantes de 1 m² subdivididos por una grilla de 10 x 10 cm². Se estimó cobertura coralina, presencia de enfermedades por especie y por estación para hallar la prevalencia, y a cada colonia enferma se le hizo seguimiento para determinar la tasa de avance. Ch-S presentó la mayor cobertura coralina con 26,10 % y Gay-P la menor con 7,70 %. Las especies *Colpophyllia natans* (9,8 %), *Siderastrea siderea* (7,1 %) y *Diploria strigosa* (6,8 %) presentaron la cobertura coralina más alta. De 1000 colonias muestreadas 12 presentaban alguna señal de enfermedad en octubre de 2011 y diez en noviembre del mismo año. Cinco enfermedades fueron identificadas durante el muestreo: banda negra, lunares oscuros, plaga blanca, síndrome blanco y tumores. Solo cuatro especies de coral (*M. faveolata*, *M. annularis*, *D. strigosa* y *S. siderea*) presentaron alguna de estas enfermedades. Banda negra fue la enfermedad que afectó el mayor número de colonias. La prevalencia promedio de las enfermedades fue menor a 6 % y la tasa de avance varió entre 14,9 cm mes⁻¹ y 0,77 cm mes⁻¹ ± 1,02 para síndrome blanco y banda negra, respectivamente. El blanqueamiento afectó a más colonias que las enfermedades coralinas. La salud coralina depende de muchos factores locales por esto el comienzo de un buen manejo en la zona estudiada es identificarlos. Se observaron pocas colonias enfermas en el área muestreada. Las enfermedades afectaron a los corales masivos (mayores constructores del armazón tridimensional arrecifal). Una disminución en dichas poblaciones de corales podría desencadenar cambios en la estructura de los arrecifes coralinos provocando deterioro en el ecosistema.

PALABRAS CLAVE: enfermedades coralinas, tasa de avance, porcentaje de prevalencia, Parque Nacional Natural Tayrona.

ABSTRACT

One of the main causes of degradation in coral reefs are the coral diseases. The evaluation of the coral health status including disease prevalence and the rate of tissue mortality is an approach to the knowledge of the potential degradation of a reef area. In this work will be studied the current reef health status of two bays: Chengue (Ch) and Gayraca (Gay) (PNNT). Four stations were sampled Ch-S, Ch-P, Gay-S y Gay-P (two per bay) at two different depths (S: 5m, P: 12 m). At each station three linear ten long transects were used and at each side 1 m² quadrants with a 10 x 10 cm² grid were used. In order to find out the prevalence, coral cover and presences of diseases per species and per station were estimated. Each disease colony was monitored to determine the rate of tissue mortality. The station with the highest average of cover was Ch-S with 26.10 % and the lowest was Gay-P with 7.70 %. The coral species *Colpophyllia natans* (9.8 %), *Siderastrea siderea* (7.1 %) and *Diploria strigosa* (6.8 %) presented the highest coral cover. Twelve out of a total of 1000 colonies sampled were infected during October 2011 and ten infected colonies during November on the same year. Five reported diseases occurring within the sampling unit, black band disease, dark spot disease, white plague, white syndrome and tumors, which affected four species of corals (*M. faveolata*, *M. annularis*, *D. strigosa* y *S. siderea*). Black band disease affected most of the infected colonies. The average prevalence of coral diseases were lower than 6 %, the highest rate of tissue mortality was the white syndrome with 14.9 cm month⁻¹ and lowest for black band disease with 0.77 cm month⁻¹ ± 1.02. Bleaching affected more colonies than coral diseases. Coral health depends on many local factors and identifying them is the beginning for a good management on surveyed area. Few colonies were observed at the sampled area. Diseases affected massive corals (major reef builder). A decrease in these coral populations could result in major changes in reef structure causing the deterioration of the ecosystem.

KEY WORDS: Coral diseases, rate of tissue mortality, average of prevalence, Tayrona National Natural Park.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades en el medio marino vienen presentándose cada vez con más frecuencia, afectando a un variado grupo de organismos (Hayes y Goreau, 1998; Harvell *et al.*, 1999; Daszak *et al.*, 2001). Su distribución avanza rápidamente y el aumento en el número de brotes está generando cambios en la estructura de las comunidades, así como alteración de los hábitats (Harvell *et al.*, 1999; Aronson y Precht, 2001 y 2006). Las enfermedades coralinas son actualmente una de las principales causas de la degradación de los arrecifes coralinos (Kuta y Richardson, 2002; Sutherland *et al.*, 2004; Raymundo *et al.*, 2005; Voss *et al.*, 2007; Rodríguez y Cróquer, 2008). El aumento en la aparición e incidencia de las enfermedades patógenas en corales ha sido ampliamente reportado y vinculado a incrementos en la temperatura (Kuta y Richardson, 2002; Bruno *et al.*, 2007; Francini-Filho *et al.*, 2010), entrada de aguas grises y negras, así como aumento en la escorrentía hacia los arrecifes (Fabricius, 2005; Kaczmarek *et al.*, 2005), eventos marcados de blanqueamiento coralino (Rosenberg y Ben-Haim, 2002; Anthony *et al.*, 2008), transporte y deposición de patógenos por vientos (Shinn *et al.*, 2000; Weil *et al.*, 2000), entre otras.

Las enfermedades coralinas, son aquellas que afectan o alteran las funciones vitales de un coral (Raymundo y Harvell, 2008). A pesar que las enfermedades ocurren naturalmente, pueden llegar a ser problemáticas cuando se presentan brotes que afectan negativamente las poblaciones, llevándolas a un estado vulnerable o de casi extinción (Raymundo y Harvell, 2008). En los corales, las enfermedades, pueden ser causadas por microorganismos patógenos (enfermedades bióticas) o por estresores ambientales naturales o antrópicos (enfermedades abióticas), y en muchos casos estos dos tipos de enfermedades están relacionadas (Sutherland *et al.*, 2004). Esta relación es evidente cuando los corales son estresados por factores ambientales, lo que consecuentemente afecta la resistencia (sistema inmune) y el patógeno puede desarrollarse (Sutherland *et al.*, 2004). Los estudios

sobre enfermedades coralinas sugieren que el cambio climático está incrementando la aparición de enfermedades (Jaap, 2000; Patterson *et al.*, 2002; Sutherland *et al.*, 2004; Raymundo *et al.*, 2005; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007; Hughes *et al.*, 2007; Anthony *et al.*, 2008).

Las enfermedades coralinas se presentan en todos los arrecifes del mundo (Sutherland *et al.*, 2004), sin embargo la incidencia varía entre regiones. El Indopacífico, a pesar de contar con la mayor diversidad en cuanto a especies de corales duros, es la que menor incidencia presenta (Jones *et al.*, 2004; Bruno y Selig, 2007; Mydlarz *et al.*, 2009); aunque la tasa de deterioro actual sugiere que esto puede cambiar prontamente (Raymundo *et al.*, 2005; Bruno y Selig, 2007; Haapkyla *et al.*, 2007 y 2010). El Caribe es considerado como el “Hot-spot” de las enfermedades coralinas debido a que en esta zona se presentan 18 de las 22 enfermedades descritas hasta el momento, tienen una alta tasa de emergencia y virulencia, aproximadamente el 75 % de las especies existentes son afectadas y se han presentado por lo menos cuatro eventos epidémicos mayores (Raymundo *et al.*, 2005; Weil *et al.*, 2006; Haapkyla *et al.*, 2007).

Uno de los retos que enfrentan los investigadores que trabajan con enfermedades coralinas está relacionado con que los nombres de estas se basan en las características visuales y no en las epizooticas. Lo anterior resulta en confusiones entre las enfermedades y síndromes existentes (Weil *et al.*, 2000; Jones *et al.*, 2004). Adicionalmente, aunque las enfermedades en el Caribe son comunes para la región, cada arrecife tiene características propias (Kaczmarzsky *et al.*, 2005). Así mismo, en todo el mundo, se presentan variaciones a nivel de los ensamblajes de bacterias las cuales pueden variar de un coral saludable a uno enfermo (Rosenberg *et al.*, 2007) como sucede en las enfermedades de la banda blanca y banda negra las cuales afectan corales tanto en el Indopacífico como en el Caribe mostrando diferencias en cuanto a las características de los sus hospederos (Raymundo *et al.*, 2005).

La importancia de conocer el estado de salud arrecifal radica en la necesidad de mantener este ecosistema que, además de proveer servicios al hombre, es un lugar donde los organismos que interactúan en él generan redes de flujo constante de energía intra- e inter-ecosistemas (Hughes *et al.*, 2007; Rosenberg *et al.*, 2007). Sobre el estado de salud coralina en los arrecifes del Caribe colombiano, los últimos reportes describen los cambios que han sufrido los arrecifes entre 1992 a 2004 (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2010; Garzón-Ferreira y Rodríguez-Ramírez, 2010). Navas-Camacho *et al.* (2010) reportan la presencia de un alto número de enfermedades tanto en San Andrés Isla como en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) entre 1998 y 2004. En este mismo estudio se reportan las enfermedades de plaga blanca y lunares oscuros como las más comunes. Particularmente para el PNNT, los investigadores sugieren que los procesos locales son los responsables de la ocurrencia de las enfermedades, las cuales fueron más evidentes entre 2001 y 2003.

El estado de salud es importante puesto que aporta información sobre la degradación de un arrecife coralino al estar afectado por enfermedades patógenas (Galloway *et al.*, 2006). Siguiendo la anterior premisa se planteó el presente estudio con el fin de conocer el estado de salud arrecifal en el costado nororiental de las bahías de Chengue y Gayraca (PNNT). Para ello, se identificaron todas las enfermedades presentes así como las más comunes, las especies coralinas afectadas por alguna enfermedad, la prevalencia y finalmente, la tasa de avance de cada enfermedad para las especies afectadas. Los resultados presentados en este estudio se enmarcan en el proyecto “Design of a tool to catalogue bacterial populations associated with coral disease”, financiado por Colciencias y desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en dos bahías del PNNT: Chengue y Gayraca (Fig. 1). El parque está ubicado entre las longitudes 11°15'-11°22' N y las latitudes 73°57'-74°12' W (Díaz *et al.*, 2000; Martínez y Acosta, 2005) (Fig. 1). Se encuentra en el Departamento del Magdalena (Colombia) y se caracteriza por presentar una geomorfología muy variada constituida por acantilados, ensenadas, bahías, islotes entre otros, como resultado de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta directamente al mar (Leal y Maldonado, 2003; Garzón-Ferreira *et al.*, 2004; Vega-Sequeda, 2006). Las costas son en su mayoría de tipo rocoso y están influenciadas por oleaje y viento lo que permite gran variedad ambiental (Garzón-Ferreira *et al.*, 2004).

El régimen de lluvias en el área es estacional, alternándose con épocas secas para un total de cuatro períodos climáticos (Bula-Meyer, 1990). El seco mayor, que va desde mediados de diciembre hasta finales de abril y se caracteriza por la presencia de los vientos alisios y fenómenos de surgencia por afloración de aguas profundas que enfrían el agua superficial (21 – 26,4 °C), incrementan la salinidad (36,1 – 37,4 UPS) y la concentración de nutrientes. Luego sigue el período lluvioso menor que va de mayo hasta la mitad del mes de junio en donde hay lluvias esporádicas, seguido por el período seco menor entre julio y el final de agosto. Finalmente está el período lluvioso mayor (de septiembre a noviembre), en el cual la precipitación es muy elevada (un 52 % del total anual) y las aguas se caracterizan por tener salinidades entre 35,1 y 36,5 UPS y temperaturas entre 27,4 y 28,6 °C. Adicionalmente, hay gran concentración de nutrientes debido al importante aporte que realizan cuerpos de agua continentales como por ejemplo la Ciénaga Grande de Santa Marta (Bernal y Zea, 2000; Mejía-Niño y Garzón-Ferreira, 2003).

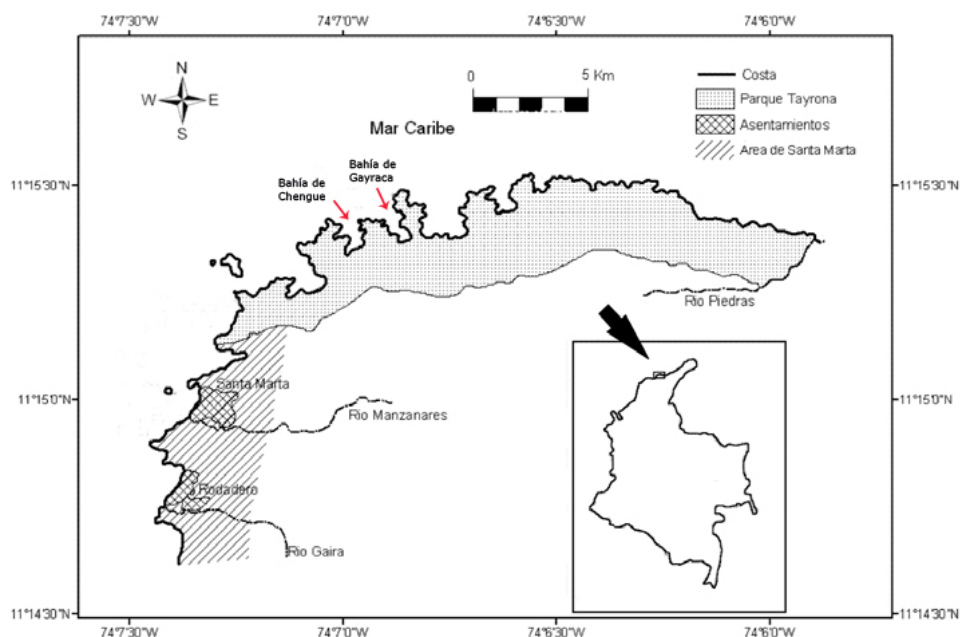


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Natural Tayrona en el Caribe colombiano. Las flechas rojas muestran las dos Bahías en las que se tuvieron estaciones de muestreo (Tomado y modificado de Martínez y Acosta, 2005).

Bahía de Gayraca se encuentra protegida de los vientos alisios durante la época seca y las formaciones arrecifales son originadas a partir de un cinturón rocoso costero cuyo componente principal hacia la parte somera es *Acropora palmata* seguida de corales masivos de las especies de *Montastraea annularis*, *Siderastrea siderea*, *Colpophyllia natans* y *Diploria strigosa* (Gil-Agudelo, 1998). Dichas formaciones pueden presentarse hasta una profundidad de 25 m (Garzón-Ferreira y Cano, 1991; Martínez y Acosta, 2005).

Bahía de Chengue es una bahía pequeña de 3,3 km² (Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, 2003). La bahía presenta fondos arenosos que pueden llegar hasta los diez metros de profundidad. La mayor concentración de corales se encuentra en la zona nororiental ya que está protegida de la acción directa de las olas. Los géneros de corales que predominan a una profundidad de 15 – 25 m son *Diploria*, *Montastraea* y *Colpophyllia*; mientras que a una profundidad menor, es decir entre seis a ocho metros hay predominio de corales ramificados y foliares como *A. palmata*, *Agaricia tenuifolia*, *Millepora* spp. (Werding y Erhardt, 1976; Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, 2003).

METODOLOGÍA

Para el trabajo en campo se contó con un equipo de trabajo de cuatro investigadores con conocimiento en identificación de corales y enfermedades coralinas. A principios del mes de octubre (2011) se realizó un premuestreo para ajustar la metodología aplicada. Dicho premuestreo se realizó en la bahía de Granate ($11^{\circ}18'37''$ N – $74^{\circ}11'25''$ W) (PNNT). A continuación se describen los métodos que se desarrollaron para la realización de este estudio.

Ubicación de las estaciones

En el costado nororiental de cada bahía se ubicó una estación bajo las coordenadas de $11^{\circ}32'64''$ N – $74^{\circ}12'79''$ W para Chengue y $11^{\circ}33'75''$ N – $74^{\circ}11'04''$ W para Gayraca. Las estaciones se escogieron por las características que tienen sus formaciones coralinas: heterogeneidad geomorfológica la cual provee una considerable variedad y diversidad de especies (Rodríguez-Ramírez y Garzón-Ferreira, 2003), además, ambas bahías presentan similitudes morfológicas (Gil-Agudelo, 1998). En cada estación se muestreó a dos profundidades (cinco y 12 metros), teniendo en cuenta que el mayor desarrollo coralino se da entre estas profundidades (Vega-Sequeda *et al.*, 2008) y que las formaciones coralinas de Chengue no suelen ser muy profundas (Gil-Agudelo, 1998). Las estaciones fueron llamadas S y P, correspondiendo a la somera (5 m) y a la profunda (12 m) respectivamente, por lo que se usaron como abreviaciones Ch-S, Ch-P para Chengue y Gay-S y Gay-P para Gayraca.

Cobertura de corales sanos y enfermos

En cada estación se colocaron tres transectos lineales de diez metros de longitud paralelos a la línea de costa, separados entre sí por diez metros (Fig. 2). Se demarcó con boyas de icopor el inicio y final de cada transecto para facilitar su localización en el segundo

muestreo. Por transecto, se colocaron diez cuadrantes de un metro cuadrado separados entre ellos por un metro, tomando el lado izquierdo como la muestra y el derecho como la réplica, para un total de cinco muestras y sus respectivas réplicas por transecto (Fig. 2). Cada cuadrante estaba dividido por una cuadrícula de 100 cuadrados de 10 cm x 10 cm. Esta metodología permite aminorar la subjetividad y tener una estimación de cobertura más fidedigna de la comunidad bentónica (Chiappone y Sullivan, 1994). Por cuadrante, se obtuvo información del porcentaje de cobertura de coral vivo y enfermo. Se anotó la cobertura por especie de coral de cada una de las colonias que se encontraban parcial o totalmente dentro de cada cuadrante, así como la cobertura de las colonias afectadas por cualquier enfermedad. Para la identificación de las enfermedades coralinas se siguió la información suministrada por Gil-Agudelo *et al.* (2009), quienes describen las particularidades visuales que presenta el tejido coralino ante las diferentes enfermedades. Se comparó la cobertura de corales enfermos por profundidad y por estación con el fin de conocer si los corales enfermos predominan a una profundidad, evidenciándose en una mayor proliferación de colonias enfermas. Igualmente, dicha comparación también permitió identificar las especies que se vieron más afectadas por las enfermedades así como la estación con mayor cantidad de corales enfermos.



Figura 2. Disposición de los tres transectos (T1, T2 y T3) cada uno de 10 m de longitud. En cada transecto se dispusieron diez cuadrantes de 1 m² (C). Hacia el lado derecho (DER) se dispusieron las muestras = cinco cuadrantes (m) y en el izquierdo (IZQ) las réplicas = cinco cuadrantes (R).

Tasa de avance de las enfermedades

Para conocer la velocidad del avance de las enfermedades coralinas en las diferentes especies de coral afectadas se realizaron dos salidas de campo. Durante la primera salida (octubre 2011), todas las colonias que presentaban alguna enfermedad fueron medidas (porcentaje de cobertura del coral y de la enfermedad) y marcadas con puntillas de acero inoxidable. Las puntillas se clavaron en la interface tejido vivo-enfermo, siguiendo el contorno de la afectación. En la segunda salida (noviembre 2011) se buscaron las colonias previamente marcadas y se midió la distancia (de haberla) entre las puntillas y el nuevo límite de la enfermedad. Debido a que a cada colonia se le clavaron más de una puntilla, se promediaron las distancias medidas para obtener un avance promedio por enfermedad. Posterior a la toma de los datos finales, todas las puntillas fueron retiradas.

Prevalencia de enfermedades

Para calcular la prevalencia se aplicó la ecuación propuesta por Weil *et al.* (2008), en donde se relaciona la proporción del número de colonias enfermas respecto al número total de colonias. La anterior ecuación se aplicó, para cada estación, por enfermedad (p. ej. colonias afectadas únicamente por banda negra), así como a todas las colonias enfermas (colonias afectadas por banda negra, lunares oscuros, etc.).

RESULTADOS

Para ambas bahías se identificaron 29 especies de coral con una cobertura coralina promedio de 19,93 %. La cobertura varió entre bahías y profundidades siendo mayor en Chengue y en las estaciones someras para ambas bahías (Tabla 1). En cuanto al número de especies de coral, la estación Gay-P presentó el mayor número (21 spp) y Ch-S el menor (14 spp). Las especies de coral más abundantes fueron *C. natans* (9,8 %), *S. siderea* (7,1

%) y *D. strigosa* (6,8 %). Mientras que las especies con menor abundancia fueron *S. radians*, *T. aurea* y *S. michelini* con coberturas menores a 0,003 %.

Tabla 1. Área muestreada (m²), superficie coralina (m²) y porcentaje de cobertura para las cuatro estaciones: Chengue 5 metros (Ch-S), Chengue 12 metros (Ch-P), Gayraca 5 metros (Gay-S) y Gayraca 12 metros (Gay-P), y por bahía.

Estación	Área muestreada (m ²)	Superficie de coral (m ²)	Cobertura coralina (%)
Ch-S	30	7,832	26,107
Ch-P	30	6,014	20,047
Gay-S	30	7,758	25,860
Gay-P	30	2,313	7,708
Chengue	60	13,846	23,077
Gayraca	60	10,071	16,784

Se observaron enfermedades coralinas en cuatro especies de coral: *M. faveolata* y *M. annularis*, *D. strigosa* y *S. siderea*. Con un total de 1000 colonias de coral muestreadas en las cuatro estaciones, se encontraron 12 colonias enfermas durante la primera salida y diez durante la segunda salida. La enfermedad más observada fue banda negra, afectando a tres de las cuatro especies mencionadas (*M. annularis*, *M. faveolata* y *S. siderea*). A parte de la enfermedad de la banda negra, también se identificaron lunares oscuros, plaga blanca, síndrome blanco y tumores (Tabla 2). El mayor número de colonias enfermas (cinco) fue para la especie *S. siderea*, mientras que *M. annularis* presentó la menor cantidad de colonias enfermas (una).

Tabla 2. Número de colonias enfermas (Col-Enf) y número total de colonias identificadas (Col-Tot) durante los muestreos (octubre y noviembre) por estación (Ch-S, Ch-P, Gay-S y Gay-P) para las cuatro especies afectadas por alguna enfermedad durante todo el estudio: banda negra (BN), tumores (T), plaga blanca (PB), lunares oscuros (LO) y síndrome blanco (SB). Debajo de cada enfermedad está el número de colonias que presentaron dicha enfermedad y debajo de las especies esta el total (TOTAL) del número de colonias enfermas para el mes de octubre y para noviembre.

		Especie	Col-Enf	Col-Tot	BN	T	PB	LO	SB
Octubre	Ch-S	<i>M. annularis</i>	1	28	1				
	Ch-P	<i>D. strigosa</i>	2	34		1	1		
	Gay-S	<i>S. siderea</i>	5	41	4			1	
	Gay-S	<i>M. faveolata</i>	3	28	1			1	1

	Gay-P		1	88					1
		TOTAL	12						
Noviembre	Ch-S	<i>M. annularis</i>	1	28	1				
	Ch-P	<i>D. strigosa</i>	1	34		1			
	Gay-S	<i>S. siderea</i>	5	41	4			1	
	Gay-S	<i>M. faveolata</i>	3	28	1			1	1
	Gay-P		0	88					
		TOTAL	10						

En cuanto a la prevalencia de presentar enfermedades por especie, fue *S. siderea* la que presentó el mayor valor (12,2 % en Gay-S), seguida por *M. faveolata* para la misma estación (10,71 %) (Tabla 3). La menor prevalencia se presentó en Gayraca profunda para *M. faveolata*, con valores de 1,14 % durante el primer muestreo (octubre) (Tabla 3). En cuanto a prevalencia por enfermedad coralina, el mayor porcentaje de prevalencia se encontró para la enfermedad de banda negra (5,63 %), seguida de la enfermedad de los lunares oscuros con 3,01 % (Tabla 4). Los valores mas bajos de prevalencia se reportaron durante octubre para síndrome blanco con 2,35 % y para noviembre tumores con 2,94 % (Tabla 4).

Tabla 3. Porcentaje de prevalencia por estación (Ch-S, Ch-P, Gay-S y Gay-P) para las especies: *Montastraea annularis*, *Diploria strigosa*, *Siderastrea siderea* y *M. faveolata* para los meses de octubre y noviembre.

		Especie	Octubre (%)	Noviembre (%)
Estación	Ch-S	<i>M. annularis</i>	3,57	3,57
	Ch-P	<i>D. strigosa</i>	5,88	2,94
	Gay-S	<i>S. siderea</i>	12,20	12,20
	Gay-S	<i>M. faveolata</i>	10,71	10,71
	Gay-P		1,14	0

Los promedio de las tasas de avance de las enfermedades variaron ampliamente, desde 14,9 cm mes⁻¹ para síndrome blanco, a - 0,1 cm mes⁻¹ para tumores (Tabla 5). Estos promedios de tasa de avance variaron también por especie. Al comparar las tasas de avance de la enfermedad de banda negra se encontró que el mayor avance se dio en *M.*

annularis (2,60 cm mes⁻¹), seguido de *M. faveolata* (1,40 cm mes⁻¹) y de *S. siderea* (0,16 cm mes⁻¹ ± 0,1608).

Tabla 4. Promedio (± error estándar, es) de la prevalencia (%) por enfermedad: tumores (T), plaga blanca (PB), banda negra (BN), lunares oscuros (LO), y síndrome blanco (SB).

	Enfermedad	Promedio prevalencia (%) ± es
Octubre	BN	5,63 ± 3,57
	T	2,94*
	LO	3,01 ± 0,80
	PB	2,94*
	SB	2,35 ± 1,72
Noviembre	BN	5,63 ± 3,57
	T	2,94*
	LO	3,01 ± 0,80
	SB	3,57*

* No fue posible calcular el error estándar por tratarse de un solo dato.

El blanqueamiento fue el evento más frecuente y que más colonias afectó. Aunque el blanqueamiento se presentó durante los dos muestreos hubo un incremento en el número de colonias afectadas de 22 a 46 de octubre a noviembre respectivamente. La especie que mayor número de colonias presentó blanqueamiento fue *D. strigosa*, seguido por *S. siderea* y *C. natans*. La bahía de Gayraca fue la que mayor número de colonias sufrieron blanqueamiento.

Tabla 5. Promedio (± error estándar, es) de la tasa de avance (cm mes⁻¹) por enfermedad: Tumores (T), plaga blanca (PB), banda negra (BN), lunares oscuros (LO), y síndrome blanco (SB).

Enfermedad	Promedio tasa avance (cm mes ⁻¹) ± es
T	- 0,1*
BN	0,77 ± 1,02
LO	0,9 ± 0,21
SB	14,9*

* No fue posible calcular la desviación estándar por tratarse de un solo dato.

DISCUSIÓN

La cobertura coralina general para las estaciones muestreadas de Chengue y Gayraca fue mayor al 16 %, representada en su mayoría por los valores más altos en cobertura de los corales masivos, los cuales según Bellwood *et al.* (2004) son los mayores constructores de la estructura tridimensional del ecosistema arrecifal. Pero estos mismos corales (*D. strigosa*, *S. siderea*, *M. faveolata* y *M. annularis*) presentaron al menos alguna enfermedad, esto sugiere que en el Tayrona está sucediendo lo observado en varios arrecifes no solo a escala local (Garzón-Ferreira *et al.*, 2001), sino global (Weil *et al.*, 2000; Haapkyla *et al.*, 2010) en donde los corales constructores de arrecifes son los que más comúnmente exhiben al menos una enfermedad patógena. Los resultados sugieren que en la zona estudiada, las especies coralinas con mayor cobertura fueron las que resultaron estar afectadas por al menos una enfermedad patógena. Si bien pocas fueron las colonias enfermas observadas, en caso de llegar a presentarse un brote podrían disminuir las poblaciones de corales masivos desencadenando futuros cambios en los arrecifes coralinos (Kaczmarzky *et al.*, 2005; Raymundo *et al.*, 2005).

Banda negra: posibles razones por las cuales se observaron mayor cantidad de colonias infectadas en las estaciones muestreadas

Debido a que banda negra afectó la mayor cantidad de colonias así como especies coralinas, se realizó ésta sección referenciando las posibles razones por las cuales ésta enfermedad se observó más veces en las estaciones muestreadas. La banda negra es considerada como una de las enfermedades infecciosas que más ha influenciado el deterioro de muchos arrecifes coralinos a nivel mundial (Ainsworth *et al.*, 2007).

En este estudio la banda negra fue observada solo en la profundidad de cinco metros. Según Kuta y Richardson (2002) dicha enfermedad presenta ciertas características en donde el consorcio microbiano tiene preferencia por aguas someras. En su investigación los

autores encontraron diferencias estadísticas en cuanto a la distribución en términos de profundidad, siendo la zona somera aquella en la cual esta enfermedad suele proliferar (de cuatro a seis metros). Según los mismos autores, la banda negra puede infectar a colonias cercanas mediante el proceso denominado transferencia horizontal en donde la cercanía entre las colonias enfermas con colonias sanas afectaría directamente el estado de salud de estas últimas. Sin embargo, los datos obtenidos por Kuta y Richardson (2002) relacionando la cobertura coralina con la presencia de colonias infectadas por banda negra no mostraron diferencias significativas. En este estudio la baja cantidad de colonias enfermas, sumado a que en campo no se encontraban cercanas (las colonias infectadas estaban en diferentes transectos) revelan poco probable a la transferencia horizontal como causa de proliferación de la banda negra, sin embargo es necesario hacer estudios en donde lo anterior sea comprobado.

El aporte de nutrientes genera condiciones propicias para la proliferación de agentes patógenos y también ayuda a la degradación arrecifal (Fabricius, 2005). En el PNNT el aporte de nutrientes por fuentes directas es mínimo (CARICOMP, 2004; Martínez y Acosta, 2005) por lo que es poco probable la anterior condición en la zona muestreada. En los cayos de Florida (Kuta y Richardson, 2002) corales infectados por banda negra y alejados de cualquier influencia antropogénica directa presentaban altos niveles de nutrientes. Kuta y Richardson (2002) llegaron a la conclusión que el aporte se daba en dicho caso por la actividad que propiamente realiza la banda negra. Los autores sugieren que a medida que la banda negra empieza a migrar a través del tejido genera lisis en el tejido coralino liberando gran cantidad de amonio y compuestos nitrogenados hacia el ambiente, lo que posteriormente es utilizado por las bacterias amino-oxidativas. Dicho proceso fisiológico sucede lentamente razón por la cual los niveles de nitrógeno son relativamente elevados. En este caso sería necesario hacer los experimentos realizados por Kuta y Richardson (2002) para determinar si esto mismo está sucediendo en los corales del PNNT.

El aporte de aguas continentales benefician la aparición de enfermedades patógenas. Gayraca y Chengue presentan aporte de aguas de escorrentía de lluvia y lejanía con asentamientos humanos (CARICOMP, 2004), condiciones observadas en un arrecife por Raymundo *et al.* (2005) quienes reportan mayor prevalencia (11 %) a las enfermedades coralinas que otro impactado por escorrentía y sobrepesca (5 %). Aunque las formaciones arrecifales muestreadas hacen parte de un parque natural (área con pocos disturbios) (CARICOMP, 2004) sería pertinente generar más estudios en zonas cercanas con mayor impacto para realizar una comparación entre los valores de prevalencia.

Avance de la banda negra y el problema de la sobrestimación

La tasa de avance de la enfermedad de la banda negra para la comunidad muestreada fue de $0,77 \text{ cm mes}^{-1} \pm 1,02$ siendo mucho más baja en comparación con la reportada por varios autores. Kaczmarzsky *et al.* (2005) para la misma enfermedad (afectando a corales masivos) reportaron un avance de $4,35 \text{ cm mes}^{-1}$, Boyett *et al.* (2007) en su trabajo realizado en la Isla Lizard (Australia) obtuvieron un rango de avance de $12,3 - 29,7 \text{ cm mes}^{-1}$ similar a lo obtenido por Frias-Lopez *et al.* (2003) con 30 cm mes^{-1} para arrecifes del Caribe y del Indopacífico. Sin embargo, Ainsworth *et al.* (2007) en arrecifes del Golfo de Aqaba encontraron una de las mayores tasas de avances, siendo ésta casi el doble a lo anteriormente reportado para banda negra (60 cm mes^{-1}). Los bajos valores del avance durante éste estudio, no solo para la enfermedad de la banda negra sino para el resto de las enfermedades observadas, están influidos por las pocas colonias infectadas. Al encontrar en campo una sola colonia enferma de síndrome blanco su tasa de avance mostró un valor elevado ($14,97 \text{ cm mes}^{-1}$) sin embargo si se tuvieran datos promediados de muchas más colonias enfermas, la sobreestimación en dichos valores se vería aminorada. Debido a lo anterior, es importante realizar más investigaciones en donde se haga seguimiento (durante un mayor periodo de tiempo) a las colonias infectadas y aumentando el área muestral para

poder incluir un mayor número de colonias enfermas con el fin de minimizar la sobrestimación.

Prevalencia de las enfermedades coralinas encontradas en las estaciones muestreadas

En términos de especie, *S. siderea* fue la que presentó mayor prevalencia de enfermedad coralina para el estudio con 12,20 % para banda negra y 2,43 % para lunares oscuros. Haaphyla *et al.* (2007) reportan para la misma especie afectada por banda negra una prevalencia (mucho menor que la obtenida en este estudio) de 2,2 %. En cuanto a las enfermedades, a nivel regional Navas-Camacho *et al.* (2007) reportan para plaga blanca y lunares oscuros valores de prevalencia promedio que no superan el 7 % para las estaciones monitoreadas por el SIMAC (Chengue), diferente a lo que se reporta en este estudio para plaga blanca (2,94 %). Vega-Sequeda *et al.* (2008) reportan para las estaciones de Gayraca zona expuesta y zona protegida valores de 0,1 y 0,2 % respectivamente, similar a lo obtenido en Gay-P con 1,14 %.

A nivel global, los autores Rodríguez y Cróquer (2008) obtuvieron para banda negra un valor de 14 % en el arrecife El Mercado en Venezuela, en Butler Bay (Islas Vírgenes) las enfermedades banda negra y plaga blanca tipo II presentaron un 3,7 % de prevalencia, para arrecifes cercanos a Galápagos (Vinuesa, 2011) el porcentaje fue de 20 %, mientras que la prevalencia de plaga blanca para la especie *Dichocoenia stokesi* presentó el mayor porcentaje reportado con 41,4 % (Kaczmarisky *et al.*, 2005).

En general la prevalencia para la zona estudiada es baja y mucho menor a lo reportado en otros arrecifes del mundo. Esto se puede explicar mediante varias razones. Una, es la lejanía que hay entre las formaciones arrecifales del PNNT con asentamientos humanos (generalmente la prevalencia suele estar relacionada con actividades humanas) (Harvell *et al.*, 1999). El bajo número de colonias enfermas observadas en campo es otra razón, ya que entre menos colonias enfermas se observen menor va a ser el valor de prevalencia (se trata

de una relación directamente proporcional). Por último, la eficiencia del sistema inmune del huésped evitando el avance de la enfermedad (Bruckner, 2002). Si bien en el estudio no hay datos que comprueben esta última razón es importante entender que variaciones en las condiciones ambientales pueden aumentar la virulencia de los patógenos en los arrecifes coralinos haciendo menos efectivas las defensas del huésped (Weill *et al.*, 2000; Bruckner, 2002).

Blanqueamiento o palidecimiento coralino

El porcentaje de colonias blanqueadas fue también bajo. En Chengue según los 11 años de monitoreo SIMAC (Navas-Camacho *et al.*, 2010) el blanqueamiento en los corales generalmente presenta porcentajes mayores que los valores de enfermedades coralinas. Si bien el estudio no tenía como objetivo el blanqueamiento en las formaciones arrecifales muestreadas, se reporta únicamente las colonias en las cuales se observó un palidecimiento en el tejido. Es importante saber que corales blanqueados son más propensos a contraer cualquier enfermedad (Rodríguez y Cróquer, 2008) por ello en época de fenómenos fuertes de blanqueamiento es posible un incremento también en el número de colonias enfermas.

Para concluir, los resultados sugieren una zona muestreada con pocas colonias enfermas y un desarrollo coralino con pocas variaciones en términos de cobertura coralina (Garzón-Ferreira y Rodríguez-Ramírez, 2010; Martínez y Acosta, 2005). Sin embargo no se debe olvidar que los corales masivos son los más afectados por las enfermedades coralinas y aunque se indique a las enfermedades patógenas como un evento reciente (Aronson *et al.*, 1998; Aronson y Precht, 2001; Aronson *et al.*, 2002), dichas poblaciones deben ser un foco de atención para evitar un posible cambio en la estructura arrecifal.

También es primordial identificar los factores de estrés que fomentan las enfermedades, además de conocer y monitorear el estado de salud coralino para identificar el avance del deterioro de los arrecifes. Para ello es fundamental establecer canales de comunicación entre las entidades gubernamentales con la academia, y así, unir la información existente

con el fin de generar nuevos aportes científicos. Además, se debe permitir el acceso a dicha información, puesto que no sirve de nada la obtención de datos si estos son negados a la comunidad.

Por último, es pertinente ampliar el conocimiento sobre las enfermedades coralinas a través de la microbiología (para identificar los agentes causantes y tipos de transmisión de las enfermedades para las cuales aún son desconocidos) (Richardson, 1998 y 2001), y estudios metagenómicos (para entender las características fisiológicas y funcionales de los microorganismos patógenos dentro de las comunidades arrecifales) (Patrick y Handelsman, 2003).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al proyecto “Design of a microarray tool to catalogue bacterial populations associated with coral diseases” financiado por Colciencias y liderado por la profesora Catalina Arévalo de la Universidad Nacional de Colombia, y co-ejecutado por la profesora Valeria Pizarro de la Universidad Jorge Tadeo Lozano el cual hizo posible este estudio. Gracias a Calipso Dive Center y a su dueño Roberto quienes con su excelente servicio hicieron de las extenuantes sesiones de buceo experiencias extraordinarias e inolvidables. Al equipo de investigadores quienes me ayudaron en campo y cuya colaboración fue indispensable para la toma de datos: Valeria Pizarro, Natalia Hurtado, David Acevedo y Vanessa Carrillo. A mi directora Valeria Pizarro quien con su integridad, paciencia, constancia y conocimiento me enseñó y guió durante mi formación. A Elvira y Alejo, personas increíbles que me hicieron sentir su apoyo y quienes me llenaron de tranquilidad en los momentos en que más lo necesité. A mis padres por apoyarme y creer en mí ciegamente, y hacer caso omiso de quienes no ven en la biología marina un futuro viable. A Andrei por su perseverancia y brío, cualidades que ayudaron a exacerbar mi conocimiento.

Y finalmente gracias a todos aquellos que de una u otra forma ayudaron durante esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Ainsworth, T., E. Kramasky-Winter, Y. Loya, O. Hoegh-Guldberg y M. Fine. 2007. Coral disease diagnostics: what's between a plague and a band? *Appl. Environ. Microbiol.*, 73(3): 981 – 992.

Anthony, K., D. Kline, G. Diaz-Pulido, S. Dove y O. Hoegh-Guldberg. 2008. Ocean acidification causes bleaching and productivity loss in coral reef builders. *PNAS.*, 105(45): 17442 – 17446.

Aronson, R., W. Precht y I. Macintyre. 1998. Extrinsic control of species replacement on a Holocene reef in Belize: the role of coral disease. *Coral Reefs.*, 17: 223 – 230.

Aronson, R y W. Precht. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. *Hydrobiologia.*, 460: 25 – 38.

Aronson, R., I. Macintyre, W. Precht, T. Murdoch y C. Wapnick. 2002. The expanding scale of species turnover events on coral reefs in Belize. *Ecol. Monogr.*, 72(2): 233 – 249.

Aronson, R y W. Precht. 2006. Conservation, precaution, and Caribbean reefs. *Coral Reefs.*, 25: 441 – 450.

Bellwood, D., T. Hughes, C. Folke y M. Nystrom. 2004. Confronting the coral reef crisis. Review Article. *Nature.*, 429: 827 – 833.

Bernal, A y S. Zea. 2000. Estructura de la comunidad de zooplancton en condiciones de descarga continental y de afloramiento costero en Santa Marta, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 29: 3 - 26.

- Boyett, H., D. Bourne y B. Willis. 2007. Elevated temperature and light enhance progression and spread of black band disease on staghorn corals of the Great Barrier Reef. *Mar. Biol.*, 151: 1711 – 1720.
- Bruckner, A. 2002. Priorities for effective management of coral diseases. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-22. National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring. 49 p.
- Bruno, J., E. Selig, K. Casey, C. Page, B. Willis, C. Harvell, H. Sweatman y A. Melendy. 2007. Thermal stress and coral cover as drivers of coral disease outbreaks. *Plos Biology.*, 5(6): 1220 – 1227.
- Bruno, J y E. Selig. 2007. Regional decline of coral cover in the Indo-Pacific: timing, extent, and subregional comparisons. *Plos One.*, 2(8): 1 – 8.
- Bula-Meyer, G. 1990. Altas temperaturas estacionales del agua como condición disturbadora de las macroalgas del Parque Nacional Tayrona, Caribe colombiano: una hipótesis. *An. Inst. Invest. Mar.*, (19-20): 9 - 21.
- CARICOMP, 2004. Caribbean Coastal Marine Productivity 1993 – 2003. Dulcie Linton y Tatum Fisher Ed. University of West Indies. Florida. 93 p.
- Chiappone, M y K. Sullivan. 1994. Ecological structure and dynamics of nearshore hard-bottom communities in the Florida Keys. *Bull. Mar. Sci.*, 54(3): 747 – 756.
- Daszak, P., A. Cunningham y A. Hyatt. 2001. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. *Acta Tropica.*, 78: 103 – 116.
- Díaz, J., M. Barrios, M. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. Ospina, F. Parra-Velandia, F. Pinzón, B. Vargas-Angel, F. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales 5. Santa Marta. 176 p.
- Fabricius, K. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Mar. Pollut. Bull.*, 50: 125 -146.

Francini-Filho, R., R. Reis, P. Meirelles, R. Moura, F. Thompson, R. Kikuchi y L. Kaufman. 2010. Seasonal prevalence of white plague like disease on the endemic Brazilian reef coral *Mussimilia braziliensis*. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(2): 292 – 296.

Frias-Lopez, J., G. Bonheyo, Q. Jin y B. Fouke. 2003. Cyanobacteria associated with coral black band disease in Caribbean and Indo-Pacific reefs. *Applied and Environmental Microbiology.*, 69(4): 2409 – 2413.

Galloway, S., T. Work, V. Bochsler, R. Harley, E. Kramarsky-Winters, S. McLaughlin, C. Meteyer, J. Morado, J. Nocholson, P. Parnell, E. Peters, T. Reynolds, D. Rotstein, L. Sileo y C. Woodley. 2006. Coral Disease and Health Workshop: Coral Histopathology II. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 56 y NOAA Technical Memorandum CRCP 4. National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring. 84 p.

Garzón-Ferreira, J y M. Cano. 1991. Tipos, distribución, extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Natural Tayrona. VII. Concurso Nacional Ecología., FEN/INVEMAR. 82 p.

Garzón-Ferreira, J., D. Gil-Agudelo, L. Barrios y S. Zea. 2001. Stony coral diseases observed in southwestern Caribbean reefs. *Hydrobiologia.*, 460: 65 – 69.

Garzón-Ferreira, J., M. Moreno-Bonilla y J. Valderrama. 2004. Condición actual de las formaciones coralinas de *Acropora palmata* y *A. cervicornis* en el Parque Nacional Natural Tayrona (Colombia). *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 33(1): 116 - 136.

Garzón-Ferreira, J y A. Rodríguez-Ramírez. 2010. SIMAC: Development and implementation of a coral reef monitoring network in Colombia. *Rev. Biol. Trop.*, 58(1): 67 - 80.

Gil-Agudelo, D. 1998. Características, incidencia y distribución de la enfermedad de los “lunares oscuros” en corales pétreos del Parque Tayrona. Tesis Biol. Mar., Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, 114 p.

Gil-Agudelo, D., R. Navas-Camacho, A. Rodríguez-Ramírez, M. Reyes-Nivia, S. Bejarano, J. Garzón-Ferreira y G. Smith. 2009. Enfermedades coralinas y su investigación en los arrecifes colombianos. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 38(2): 189 - 224.

Haapkyla, J., A. Seymour, J. Trebilco y D. Smith. 2007. Coral disease prevalence and coral health in the Wakatobi Marine Park, south-east Sulawesi, Indonesia. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 87: 403 – 414.

Haapkyla, J., J. Melbourne-Thomas, M. Flavell y B. Willis. 2010. Spatiotemporal patterns of coral disease prevalence on Heron Island, Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs.*, 29: 1035 – 1045.

Harvell, C., K. Kim, J. Burkholder, R. Colwell, P. Epstein, D. Grimes, E. Hoffmann, E. Lipp, A. Osterhaus, R. Overstreet, J. Porter, G. Smith y G. Vasta. 1999. Emerging Marine Diseases: Climate Links and Anthropogenic Factors. *Science.*, 285: 1505 – 1510.

Hayes, R y N. Goreau. 1998. The significance of emerging diseases in the tropical coral reef ecosystem. *Rev. Biol. Trop.*, 26(5): 173 – 185.

Hoegh-Guldberg, O., P. Mumby, A. Hooten, R. Steneck, P. Greenfield, E. Gomez, C. Harvell, P. Sale, A. Edwards, K. Caldeira, N. Knowlton, C. Eakin, R. Iglesias-Prieto, N. Muthiga, R. Bradbury, A. Dubi y M. Hatzioios. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science.*, 318: 1737 – 1742.

Hughes, T., M. Rodrigues, D. Bellwood, D. Ceccarelli, O. Hoegh-Guldberg, L. McCook, N. Moltschanivskyj, M. Pratchett, R. Steneck y B. Willis. 2007. Phase shifts, herbivory, and the resilience of coral reefs to climate change. *Curr. Biol.*, 17: 360 – 365.

Jaap, W. 2000. Coral reef restoration. *Ecol. Eng.*, 15: 345 – 364.

Jones, R., J. Bowyer, O. Hoegh-Guldberg y L. Blackall. 2004. Dynamics of a temperature-related coral disease outbreak. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 281: 63 – 77.

Kaczmarzky, L., M. Draud y E. Williams. 2005. Is there a relationship between proximity to sewage effluent and the prevalence of coral disease? *Caribb. J. Sci.*, 41(1): 124 – 137.

- Kuta, K. y L. Richardson. 2002. Ecological aspects of black band disease of corals: relationships between disease incidence and environmental factors. *Coral Reefs.*, 21: 393 – 398.
- Leal, L y Maldonado, L. 2003. Evaluación del estado de salud de los corales presentes en algunos sitios de buceo del Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, 120 p.
- Martínez, S y Acosta, A. 2005. Cambio temporal en la estructura de la comunidad coralina del área de Santa Marta – Parque Nacional Natural Tayrona (Caribe colombiano). *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 34: 161 – 191.
- Mejía-Niño, N y J. Garzón-Ferreira. 2003. Dinámica de las interacciones alga-coral en dos Bahías de la región de Santa Marta (Caribe colombiano) con distinto grado de influencia antropogénica. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 32: 243 - 261.
- Mydlarz, L., E. McGinty y C. Harvell. 2009. What are the physiological and immunological responses of coral to climate warming and disease? *J. Exp. Biol.*, 213: 934 – 945.
- Navas-Camacho, R., A. Rodríguez-Ramírez, M. Reyes-Nivia, N. Santodomingo, K. Gómez-Campo, K. Bernal, J. Vega-Sequeda, J. Olaya-Restrepo, D. Gil-Agudelo, J. Garzón-Ferreira, F. Zapata, N. Bolaños, A. Abril, G. Duque-Nivia, D. Duque y A. Taborda. 2007. Estado del conocimiento de los arrecifes coralinos. 45 – 114. En: INVEMAR, 2007. Informe del estado de los ambientes Marinos y Costeros en Colombia: año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 378 p.
- Navas-Camacho, R., K. Gómez-Campo, J. Vega-Sequeda y T. López-Londoño. 2010. Estado de los arrecifes coralinos. 75 – 100. En: INVEMAR, 2010. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 319 p.
- Patrick, S. y J. Handelsman. 2003. Biotechnological prospects from metagenómicos. *Current Opinion in Biotechnology.*, 14: 303 – 310.

- Patterson, K., J. Porter., K. Ritchie., S. Polson., E. Mueller., E. Peters., D. Santavy y G. Smith. 2002. The etiology of white pox, a lethal disease of the Caribbean elkhorn coral, *Acropora Palmata*. PNAS., 99(13): 8725 – 8730.
- Raymundo, L., K. Rosell, C. Reboton y L. Kaczmarzsky. 2005. Coral diseases on Philippine reefs: genus *Porites* is a dominant host. Dis. Aquat. Org., 64: 181 – 191.
- Raymundo, L. y C. Harvell. 2008. The Objectives and scope of this manual. 8 – 16. En: Raymundo, L., C. Couch y C. Harvell. (Eds.). Coral disease handbook, guidelines for assessment, monitoring & management. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management. Melbourne, Australia. 121 p.
- Richardson, L. 1998. Coral disease: what is really known? Reviews. Tree., 13(11): 438 – 443.
- Richardson, L., G. Smith, K. Ritchie y R. Carlton. 2001. Integrating microbiological, microsensor, molecular, and physiologic techniques in the study of coral disease pathogenesis. Hydrobiologia., 460: 71 – 89.
- Rodríguez, S y A. Cróquer, 2008. Dynamics of black band disease in *Diploria strigosa* population subjected to annual upwelling on the northeastern coast. Coral Reefs., 27: 381 – 388.
- Rodríguez-Ramírez, A y J. Garzón-Ferreira. 2003. Monitoreo de arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares en la Bahía de Chengue (Caribe colombiano) 1993 – 1999. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales 8. Santa Marta. 170 p.
- Rodríguez-Ramírez, A., M. Reyes-Nivia, S. Zea, R. Navas-Camacho, J. Garzón-Ferreira, S. Bejarano, P. Herrón y C. Orozco. 2010. Recent dynamics and condition of coral reefs in the colombian Caribbean. Rev. Biol. Trop. Biol., 58(1): 107 – 131.
- Rosenberg, E y Y. Ben-Haim. 2002. Microbial diseases of corals and global warming. Environ. Microbiol., 4(6): 318 – 326.

- Rosenberg, E., O. Koren, L. Reshef, R. Efrony y I. Zilberg-Rosenberg. 2007. The role of microorganisms in coral health, disease and evolution. *Nature Reviews.*, 5: 355 – 362.
- Shinn, E., G. Smith, J. Prospero, P. Betzer, M. Hayes, V. Garrison y R. Barber. 2000. African dust and the demise of Caribbean coral reefs. *Geophys. Res. Lett.*, 27(19): 3029 – 3032.
- Sutherland, K., J. Porter y C. Torres. 2004. Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 266: 273 - 302.
- Vega-Sequeda, J. 2006. Formaciones coralinas del área de Santa Marta: estado y patrones de distribución espacial de la comunidad bentónica. Tesis Biol. Mar., Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, 89 p.
- Vega-Sequeda, J., A. Rodríguez-Ramírez, M. Reyes-Nivia y R. Navas-Camacho. 2008. Formaciones coralinas del área de Santa Marta: estado y patrones de distribución espacial de la comunidad bentónica. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 37(2): 87 – 105.
- Vinueza, G. 2011. Estado de salud de comunidades de coral en Punta Pitt y Bahía Rosa Blanca, Islas Galápagos. Tesis Licenciatura Ecología Aplicada. Universidad San Francisco de Quito, Quito, 30 p.
- Voss, J., D. Mills, J. Myers, E. Remily y L. Richardson. 2007. Black band disease microbial community variation on corals in three regions of the wider Caribbean. *Microbial Ecol.*, 54: 730 - 739.
- Weil, E., I. Urreiztieta y J. Garzón-Ferreira. 2000. Geographic variability in the incidence of coral and octocoral diseases in the wider Caribbean. *Proc 9th Int Coral Reef Sym.* 2: 1231 – 1238.
- Weil, E., G. Smith y D. Gil-Agudelo. 2006. Status and progression in coral reef disease research. *Dis. Aquat. Org.*, 69: 1 – 7.
- Weil, E., E. Jordán-Dahlgren, A. Bruckner y L. Raymundo. 2008. Assessment and monitoring protocols. 47 – 64. En: Raymundo, L., C. Couch y C. Harvell. (Eds.). *Coral disease*

handbook, guidelines for assessment, monitoring & management. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management. Melbourne, Australia. 121 p.

Werding, B y H. Erhardt. 1976. Los corales (Anthozoa e Hidrozoa) de la Bahía de Chengue en el Parque Nacional “Tayrona” Colombia. Mitt. Inst. Colombo-Alemán. Invest. Cient., 8: 45 – 57.