

**ESTRUCTURA DE TALLAS Y MORTALIDAD PARCIAL DE LAS  
POBLACIONES DE *Diploria strigosa*, *Siderastrea radians* Y *Siderastrea  
siderea* TANTO DENTRO COMO FUERA DEL ÁREA MARINA PROTEGIDA,  
EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA, CARIBE COLOMBIANO**

**JUAN FRANCISCO CARVAJALINO AVILA**

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA  
BOGOTA  
2010**

**ESTRUCTURA DE TALLAS Y MORTALIDAD PARCIAL DE LAS  
POBLACIONES DE *Diploria strigosa*, *Siderastrea radians* Y *Siderastrea  
siderea* TANTO DENTRO COMO FUERA DEL ÁREA MARINA PROTEGIDA,  
EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA, CARIBE COLOMBIANO**

**JUAN FRANCISCO CARVAJALINO AVILA**

**Trabajo de Grado como requisito parcial para optar  
al título de Biólogo Marino**

**Directora  
ELVIRA MARIA ALVARADO  
Bióloga Marina  
Doctor en Ciencias Biológicas  
Profesora titular del Programa de Biología Marina**

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA  
BOGOTA  
2010**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, Diciembre de 2010

**La ida de unos nos fortalece a otros. Para y por ustedes.....**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Jorge Tadeo Lozano, a la Universidad de los Andes y a la National Oceanic and Atmospheric Administration por su apoyo y confianza, sin las cuales no hubiera sido posible la elaboración de este trabajo de grado.

A mi directora Elvira por su paciencia y persistencia, los cuales me dieron el impulso necesario para poder acabar esta investigación.

De manera muy especial agradezco a mi papá y mamá porque siempre han creído en mí, y me han apoyado en todas las decisiones que he tomado sin poner una sola duda. También a mis hermanos mayores y a mi hermanita por influir de buena forma en mi vida diaria. Y a mi novia por darme fuerzas y tranquilidad durante todo este proceso. Gracias a ustedes soy feliz conmigo mismo.

A amigos y compañeros del proyecto que siempre estuvieron ahí para resolver cualquier duda. Carolina, Juliana, Olga, Ana, Milena, Catalina, Jorge Ivan, Alexandra, Alejandro, Federico y Adriana, gracias por su interés desinteresado.

A todos ustedes que de una forma u otra me mandaron energía y apoyo.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN JUSTIFICADA.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. GENERALIDADES DE LAS ESPECIES.....	9
2.1.1. <i>Diploria strigosa</i> .....	9
2.1.2. <i>Siderastrea radians</i> .....	10
2.1.3. <i>Siderastrea siderea</i> .....	11
3. ESTADO DEL ARTE.....	13
4. OBJETIVOS.....	17
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
5. HIPÓTESIS.....	18
6. METODOLOGÍA.....	19
6.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	19
6.1.1. Descripción de las bahías.....	21
6.2. FASE DE CAMPO.....	24
6.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	26
7. RESULTADOS.....	29
7.1. ABUNDANCIA DE LAS TRES ESPECIES.....	29
7.2. ESTRUCTURA DE TALLAS.....	30
7.2.1. <i>Diploria strigosa</i> .....	30
7.2.2. <i>Siderastrea radians</i> .....	32
7.2.3. <i>Siderastrea siderea</i> .....	33
7.3. MORTALIDAD PARCIAL.....	35
7.3.1. <i>Diploria strigosa</i> .....	35
7.3.2. <i>Siderastrea radians</i> .....	36
7.3.3. <i>Siderastrea siderea</i> .....	37
8. DISCUSIÓN.....	39
8.1. ABUNDANCIA.....	39
8.2. ESTRUCTURA DE TALLAS Y MORTALIDAD PARCIAL.....	43
9. CONCLUSIONES.....	47
10. RECOMENDACIONES.....	48
11. BIBLIOGRAFÍA.....	49

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Morfología externa de *D. strigosa*. En línea: [www.reefguide.org](http://www.reefguide.org). Florent Charpin. 2009. Visitado el 16 de septiembre de 2009. 9 p.
- Figura 2. Morfología externa de *S. radians*. En línea: [www.reefguide.org](http://www.reefguide.org). Florent Charpin. 2009. Visitado el 16 de septiembre de 2009. 11 p.
- Figura 3. Morfología externa de *S. siderea*. En línea: [www.reefguide.org](http://www.reefguide.org). Florent Charpin. 2009. Visitado el 16 de septiembre de 2009. 12 p.
- Figura 4. Mapa general del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) y de las bahías de Santa Marta y El Rodadero. Los triángulos denotan las zonas de muestreo. De abajo hacia arriba: Inca-Inca, El Morro de Santa Marta, Punta Venado, La Aguja, Granate, Bahía Concha, Chengue, Neguange, Cinto y Arrecifes. Tomado y modificado de Martínez y Acosta, 2005. 21 p.
- Figura 5. Mapa de las estaciones muestreadas a lo largo de la costa desde El Rodadero hasta Arrecifes (PNNT). El triángulo denota las estaciones donde hay actividad del buceo, mientras que los cuadrados muestran las estaciones donde no hay este tipo de actividad. El ovalo verde indica las estaciones dentro del AMP, el de color rojo muestra las estaciones del Área Marina no Protegida (AMnP). Tomado de Google Earth® 2009. 24 p.
- Figura 6. Diseño del área de muestreo para cada uno de los diferentes puntos. 25 p.
- Figura 7. Histograma general de *D. strigosa*. 30 p.
- Figura 8. Histogramas de frecuencia de tallas de la especie *D. strigosa* en cada grupo de estaciones estudiadas. 31 p.

- Figura 9. Histograma general de *S. radians*. 32 p.
- Figura 10. Histogramas de frecuencia de tallas de la especie *S. radians* en cada grupo de estaciones estudiadas. 33 p.
- Figura 11. Histograma general de *S. siderea*. 34 p.
- Figura 12. Histogramas de frecuencia de tallas de la especie *S. siderea* en cada grupo de estaciones estudiadas. 34 p.
- Figura 13. Correlación entre las tallas de las colonias (transformados con Log+1) y el porcentaje de mortalidad parcial de *D. strigosa*, en las cuatro zonas de estudio. 36 p.
- Figura 14. Correlación entre las tallas de las colonias (transformados con Log+1) y el porcentaje de mortalidad parcial de *S. radians*, en las cuatro zonas de estudio. 37 p.
- Figura 15. Correlación entre las tallas de las colonias (transformados con Log+1) y el porcentaje de mortalidad parcial de *S. siderea*, en las cuatro zonas de estudio. 38 p.

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Densidad promedio de colonias de las tres especies estudiadas en las diferentes zonas (AMP: Área Marina Protegida; AMnP: Área Marina no Protegida; CB: Con Buceo; SB Sin Buceo. Unidad: col/m<sup>2</sup>). 29 p.
- Tabla 2. Parámetros de distribución de frecuencia de tallas de las colonias de *D. strigosa* en las estaciones de las cuatro zonas estudiadas. ( $\mu$  = Media; M = Mediana; DS = Desviación Standard;  $g_1$  = Sesgo). 31 p.
- Tabla 3. Parámetros de distribución de frecuencia de tallas de las colonias de *S. radians* en las estaciones de las cuatro zonas estudiadas ( $\mu$  = Media; M = Mediana;  $g_1$  = Sesgo). 32 p.
- Tabla 4. Parámetros de distribución de frecuencia de tallas de las colonias de *S. siderea* en las estaciones de las cuatro zonas estudiadas. ( $\mu$  = Media; M = Mediana;  $g_1$  = Sesgo). 33p.
- Tabla 5. Porcentaje de mortalidad parcial para las tres especies en las diferentes zonas. Los valores están dados en porcentaje. 35 p.
- Tabla 6. Coeficiente de correlación y  $R^2$  entre las tallas de las colonias y la mortalidad parcial de *D. strigosa* en todas las zonas (MP = mortalidad parcial;  $\pm$  = relación positiva/negativa). 36 p.
- Tabla 7. Coeficiente de correlación y  $R^2$  entre las tallas de las colonias y la mortalidad parcial de *S. radians* en todas las zonas (MP = mortalidad parcial;  $\pm$  = relación positiva/negativa). 37 p.
- Tabla 8. Coeficiente de correlación y  $R^2$  entre las tallas de las colonias y la mortalidad parcial de *S. siderea* en todas las zonas (MP = mortalidad parcial;  $\pm$  = relación positiva/negativa). 38 p.

## RESUMEN

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más importantes de planeta, por lo que su cuidado y conservación es de gran importancia. En Colombia, el área coralina se ha reducido debido a las presiones ambientales a los que se ven sometidos permanentemente. Es por esto que se deben realizar estudios que permitan conocer el estado actual de las poblaciones de coral, y así poder tomar decisiones importantes en pro del cuidado de estos organismos. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó esta investigación en arrecifes someros sobre la abundancia, estructura de tallas y mortalidad parcial de las poblaciones *D. strigosa*, *Siderastrea radians* y *S. siderea* tanto dentro de un Área Marina Protegida (AMP - Parque Nacional Natural Tayrona) como fuera de dicha área (Área Marina no Protegida - AMnP), así como en zonas que presentan actividad de buceo (CB) y zonas que no (SB). Luego se compararon estos parámetros para intentar conocer si las actividades antropogénicas tienen algún tipo de influencia sobre estas poblaciones. Para esto se hicieron parcelas redondas de 78,54m<sup>2</sup>, dentro de las cuales se midió el número de individuos, el arco mayor y menor, y a partir de una grilla imaginaria se estimó el porcentaje de mortalidad parcial de cada colonia de las tres especies. Se realizaron las pruebas comparativas pertinentes, las cuales muestran que: 1) a nivel de abundancia no existen diferencias entre ninguna de las zonas; 2) la estructura de tallas de las tres especies en general es acorde a lo esperado según las estrategias de historia de vida de las especies, *D. strigosa* y *S. siderea* presentaron dominancia de colonias con tallas grandes, mientras que *S. radians* presentó dominancia de tallas pequeñas; 3) en las zonas AMP las especies presentaron tallas con mayor tamaño, lo que puede indicar que al parecer las zonas AMnP presentan algún tipo de afección que causa una reducción de sus tallas, tal vez por mortalidad parcial; 4) al comparar las zonas CB y las zonas SB no se encontraron diferencias claras, lo que puede indicar que el buceo no afecta a las colonias, o que los parámetros para medir el buceo no son los adecuados; 5) por último, el porcentaje de mortalidad parcial encontrada es bajo, a pesar de encontrarse en un alto número de colonias, siendo dentro del AMP y en zonas CB las estaciones con mayor número de colonias afectadas. Al parecer la cercanía del AMnP a focos de disturbio como los ríos Manzanares, Magdalena y Gaira, así como a la Ciénaga Grande de Santa Marta, influye parcialmente en la estructura de tallas y la mortalidad parcial de estas poblaciones. Sin embargo, los resultados no permiten concluir que las diferencias encontradas en la estructura de tallas se deban a una política de cuidado ambiental o a la influencia de una actividad antrópica como el buceo, por lo que es necesario continuar este tipo de estudios con metodologías más precisas para medir este tipo de impacto.

**Palabras clave:** Estructura de tallas, mortalidad parcial, Área Marina Protegida, buceo.

## ABSTRACT

Coral reefs are one of the most important ecosystems on the planet, so their care and conservation is of great importance. In Colombia, the reef area has been reduced due to environmental pressures that are constantly affecting it. That's why many studies that shows the current status of coral populations should be done for further use and information, and to make important decisions on behalf of the care of these organisms. This research was primarily to determine the abundance, size structure and partial mortality of populations of *D. strigosa*, *S. radians* and *Siderastrea siderea* in shallow reefs of the Caribbean Sea, within a Marine Protected Area (AMP - Tayrona Natural National Park) and outside that area (not Protected Marine Area - AMnP) as well as in areas with diving activity (CB) and areas without dive (SB). Then the parameters mentioned were compared to try to establish if human activities have some influence on these populations. A rounded quadrant were placed covering 78.54m<sup>2</sup>, and the measures for abundance (number of colonies), size structure (length and width), and partial mortality (from an imaginary grid the percent of not-living tissue were estimated) were taken. The main results encountered show that: 1) there is no difference between the abundance in any of the areas; 2) the size structure of the three species is generally consistent with the expected according to the life history strategies. The species *D. strigosa* and *S. siderea* showed dominance of large size colonies, while *S. radians* showed dominance of small sizes; 3) AMP areas had colonies with larger sizes, which may indicate that apparently AMnP areas have some kind of condition that causes a reduction in size, perhaps by partial mortality; 4) comparing areas CB and SB no clear differences were found, indicating that diving does not affect the colonies, or that the parameters used to establish the diving influence are not adequate; 5) finally, the partial mortality percentage found is low, despite being in a high number of colonies, and it appears most commonly in the AMP and CB. It seems that the proximity of AMnP to run-off spots such as rivers Manzanares, Magdalena and Gaira plus the Ciénaga Grande de Santa Marta has an influence reflected in the size structure and partial mortality of these populations. However, the results do not show that the differences in the size structure is due to a policy of environmental care or the influence of human activity such as diving, so it is necessary to continue these studies with more precise methodologies to measure these impacts.

**Keywords: size structure, partial mortality, Marine Protected Areas (PMA's), Diving.**

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1. ABUNDANCIA

Los resultados muestran que la densidad de las tres especies es similar dentro y fuera de las zonas del AMP, así como entre las zonas que presentan o no actividad de buceo. Lo anterior puede estar indicando que la abundancia de las especies es independiente del cuidado obtenido a través de una política de protección ambiental y de los efectos de la actividad de buceo mencionada.

La densidad promedio de individuos en las poblaciones de las especies evaluadas muestra valores menores comparados con otros arrecifes del Mar Caribe donde son especies comunes (Geister, 1973; Bythell *et al.*, 2000; Edmunds, 2000; Ginsburg *et al.*, 2001; Garzón-Ferreira *et al.*, 2005; Irrizarry, 2006). Por ejemplo, en este estudio se registraron valores de densidad para *D. strigosa*, *S. radians* y *S. siderea* de 0,162, 0,117 y 0,299 col/m<sup>2</sup>, respectivamente, mientras que los reportados por De La Guardia *et al.* (2004) son 0,5, 2,0 y 1,6 col/m<sup>2</sup>, respectivamente. Así mismo, son aún menores que los reportados por Chiappone y Sullivan (1996) quienes registran valores que oscilan entre 2,66 a 6,32 col/m<sup>2</sup> para colonias adultas no juveniles de algunas especies, dentro de las cuales se encuentra *S. siderea*. El estudio elaborado por De La Guardia *et al.* (2004) atribuye la baja abundancia de colonias a la elevada cobertura algal, ya que el crecimiento y multiplicación de tapetes algales se encuentra en relación inversa con el reclutamiento de las larvas de los corales (McCook *et al.*, 2001). Recientes trabajos en la zona de estudio coinciden con lo anterior, mostrando una alta cobertura de algas filamentosas, en especial en la zona AMnP (Henaó, 2008; Marrugo, 2009), en donde hay mayor concentración de materia orgánica (Martínez y Acosta, 2005), por lo cual las algas proliferan (De La Guardia *et al.*, 2004). Además la alta cobertura algal coincide con la ausencia de herbívoros tales como *Diadema antillarum*, que disminuyó drásticamente en la década de los 80's (Sammarco, 1980; Lidell y Ohlhorst, 1986) en todo el mar Caribe, así como la ictiofauna herbívora

(Hughes, 1994; Hawkins *et al.*, 1999) afectada por sobrepesca. Adicionalmente, Díaz *et al.* (2000) reporta que en el área del PNNT, la cobertura coralina viva relevante es de 6,7 km<sup>2</sup>, mientras que en otros AMP de la región Caribe dicha cobertura es de 44,7 km<sup>2</sup> (San Andrés Islas), 67,6 km<sup>2</sup> (Islas del Rosario) y hasta 134,5 km<sup>2</sup> (San Bernardo), por lo que no es de esperarse valores altos de abundancia.

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre zonas AMP y AMnP, se pudo ver que *D. strigosa* (0,179 col/m<sup>2</sup>) y *S. radians* (0,127 col/m<sup>2</sup>) presentan una mayor densidad dentro del AMP. A pesar de que no hay muchos estudios sobre las diferencias a nivel poblacional entre zonas AMP y AMnP, la mayoría muestran un mejor estado de las poblaciones arrecifales en zonas donde se impone un sistema de protección legal (Davis y Tisdell, 1995; Roupheal e Inglis, 2002). Varios estudios hechos en Áreas Marinas Protegidas muestran una mejora en la comunidad arrecifal, lo cual se podría entender como el reflejo de la recuperación de ciertas poblaciones de corales. En Negros Oriental (Filipinas) hubo un aumento del 12% en cobertura de coral vivo en tan solo tres años del funcionamiento del AMP de la zona (Wiedemeyer *et al.*, 2003). Así mismo, Wilkinson *et al.* (2003) afirma que en áreas de reservas naturales, tal como Chengue, se presenta una estabilidad notable en la cobertura de tejido vivo coralino. Investigaciones recientes en la misma zona de estudio muestran una mayor abundancia de algunas especies en el AMP, correspondiente al PNNT, siendo de especial interés la presencia de *D. strigosa* (Henaó, 2008; Marrugo, 2009), ya que fueron las que al parecer se encontraron con mayor frecuencia en esta zona.

Pero más que el marco legal, es muy importante tener en cuenta el entorno natural al que se ven sometidas las poblaciones. La mayoría de los arrecifes de las bahías del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT, AMP), a diferencia de los encontrados en la zona de Santa Marta y El Rodadero (AMnP), cuentan con una barrera de protección geológica: las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Dicha barrera actúa como muro protector frente a la

acción del viento y las corrientes (Franco-Herrera, 2005). Así mismo, disminuye la resuspensión de sedimento favoreciendo el asentamiento y desarrollo de las colonias de corales, ya que el sedimento es uno de los problemas más frecuentes en las poblaciones coralinas reduciendo la calcificación, las tasas de fertilización y aumentando la cobertura algal (Fabricius, 2005; Morelock *et al.*, 2001).

Por otra parte, la densidad de las poblaciones de corales disminuya al verse expuestas a condiciones adversas como al agua dulce cargada de sedimentos, provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), y a algunos afluentes secundarios de la región como los ríos Gaira y Manzanares (Martínez y Acosta, 2005). Las descargas continentales se mueven hacia el área de Santa Marta y el PNNT, afectando en primera instancia y más intensamente a las poblaciones del AMnP, lo que, en el caso de este estudio, se refleja en una menor densidad de *D. strigosa* y *S. radians* (Acevedo *et al.*, 1988; Fabricius, 2005; Martínez y Acosta, 2005). Sin embargo, en condiciones desfavorables que supone el estar en el AMnP, *S. siderea* presentó una mayor densidad de colonias en esta zona (0,32 col/m<sup>2</sup>), a pesar de no haberse hallado diferencias estadísticas entre estas zonas. Esto podría deberse a su resistencia contra la sedimentación, lo que le otorga ventaja sobre las demás especies, y la hace altamente competitiva en ambientes disturbados (Duerden, 1904; Pastorok y Bilyard, 1985; Cortés y Risk En: Rogers, 1990; Vermeij, 2005; Lirman y Manzello, 2009). Además es posible que esto se deba a características de su historia de vida tales como su estrategia de reproducción (liberadora), o a su capacidad de remover el mucus (Acevedo *et al.*, 1988; Guzmán *et al.*, 1994; Edmunds, 2000; Torres y Morelock, 2002; Mallela *et al.* 2004), lo que aumenta su competitividad.

Con todo lo dicho anteriormente y teniendo en cuenta que los datos vienen de un muestreo en arrecifes someros, no se puede afirmar que las diferencias entre las abundancias de las tres especies se deba al estar o no dentro de un AMP. Para poder determinar la efectividad del manejo sobre las poblaciones de

corales, se debería realizar un seguimiento que según la NOAA, debería ser durante 10 años aproximadamente (Pomeroy *et al.*, 2004), y este se debería hacer sobre toda la población (todas las profundidades), y se deberían medir los factores fisicoquímicos que las afectan.

Haciendo referencia a la actividad del buceo, no se hallaron diferencias estadísticas en la densidad de colonias entre la zona CB y SB. A pesar de esto, no se descarta que la actividad de buceo tenga influencia en la abundancia coralina, ya que según encuestas realizadas a centros de buceo de la zona y la literatura, se estima la presencia de unos 3711 buzos al año en los 13 diferentes sitios de buceo (Leal y Maldonado, 2003; Henao, 2008), en donde habrá alguna posible influencia sobre las poblaciones. No obstante, es necesario conocer la capacidad de carga de los arrecifes para el ejercicio de esta actividad (Hawkins y Roberts, 1992; Davis y Tisdell, 1995; Barker y Roberts, 2004). Diversos estudios relacionados con el impacto del buceo sobre las poblaciones de coral muestran que el daño principal sobre las colonias es aquel causado por el contacto de las aletas. Éste contacto produce lesiones, mortalidad parcial y total, y resuspensión de sedimento (no observado en este estudio), que afectan el desarrollo de las colonias, causando disminución en la abundancia de la población (Hughes, 1984; Wittenberg y Hunte, 1992; Gilmour, 1999; Plathong *et al.*, 2000; Zakai y Chadwick-Furman, 2001; Cróquer y Bone, 2003; Barker y Roberts, 2004; Uy *et al.*, 2005). La resuspensión del sedimento merece especial atención, ya que una de las consecuencias de éste impacto tiene que ver con la competencia alga-coral, que en algunos casos favorece el incremento de la cobertura algal (Perry y Stanford, 1982; Lohrer y Hancock, 2004; Smol, 2007). Este aumento en la cobertura afecta directamente a los procesos de reclutamiento de las colonias de las poblaciones de corales, lo cual lleva consigo la reducción de la abundancia (Tanner, 1995; McCook *et al.*, 2001; Birrell *et al.*, 2008). Así mismo, la cobertura algal aumenta la vulnerabilidad de las colonias frente a diferentes factores bióticos y abióticos, y disminuye la llegada de nuevos reclutas (Hughes, 1994; Tanner, 1995; McCook, 1999; McCook *et al.*, 2001), aunque se ha demostrado que especies

del género *Siderastrea* presentan tolerancia a los aumentos de biomasa algal y a la sedimentación (Duerden, 1904; Acevedo *et al.*, 1988; Szmant, 2001).

A pesar de lo anterior, algunas teorías proponen que el daño causado por el golpe de las aletas es más frecuente en especies ramificadas, especialmente los acropóridos (Hawkins y Robert 1992), lo que podría explicar la poca incidencia de este factor sobre las especies de crecimiento masivo como las estudiadas. Al parecer la densidad no es un parámetro adecuado para poder evaluar la influencia del buceo sobre las poblaciones de corales, ya que sus efectos no son muy evidentes en las especies de crecimiento masivo.

## **8.2. ESTRUCTURA DE TALLAS Y MORTALIDAD PARCIAL**

La estructura de tallas depende principalmente de las características de historia de vida de las especies. Las especies de crecimiento masivo y con estrategia reproductiva de liberación masiva de gametos (*Diploria strigosa* y *Siderastrea siderea*) presentan una estructura de tallas grandes (sesgo negativo) (Bak y Meesters, 1998; Meesters *et al.*, 2001), mientras que las especies incubadoras de gametos, como *S. radians*, muestran dominancia de colonias pequeñas (sesgo positivo) (Vermeij y Bak, 2002). En cuanto se refiere al hábitat, se ha propuesto que en sitios deteriorados (e.g., AMnP, CB) las colonias presentan una mayor proporción de tamaños coloniales más grandes en relación a sitios sanos (e.g., AMP, SB), debido a que las colonias de tallas pequeñas se ven más afectadas en zonas degradadas por sufrir mortalidad total (Meesters *et al.*, 2001; Vermeij y Bak, 2002).

En referencia a lo anterior, la estructura de tallas esperada para las tres especies de crecimiento masivo estudiadas en esta investigación, se cumplió para dos de las especies, siendo *S. radians* la excepción. Sin embargo, esta especie sí cumple lo esperado según su estrategia reproductiva incubadora. Lirman *et al.* (2003) encontraron un comportamiento similar para esta última

especie, lo que atribuyen a la estrategia de vida oportunista, con alta tasa de reclutamiento, tamaños de colonias reducidos y madurez sexual rápida (Rice, 1984; Lewis, 1989; Lirman *et al.*, 2003; Neves y da Silveira, 2003; Vermeij, 2005).

En relación a la estructura de tallas según el hábitat, el encontrar una mayor proporción de colonias con tallas grandes dentro del AMP, puede ser atribuido a que las poblaciones de corales en el PNNT están menos expuestas a disturbios, debido a las barreras naturales mencionadas anteriormente así como también a la protección dada por el régimen de reserva natural, permitiendo que las colonias puedan emplear más tiempo y energía en el crecimiento (Meesters *et al.*, 2001; Vermeij y Bak, 2002). Sumado a esto, los disturbios en la zona AMnP debido a la presencia de un gradiente de contaminación que se mueve hacia el norte (Franco-Herrera, 2005; Martínez y Acosta, 2005), podría explicar el menor tamaño de las colonias en la zona degradada (AMnP). Los ríos Magdalena, Gaira, Manzanares y la Ciénaga Grande de Santa Marta (Martínez y Acosta, 2005) pueden ser algunos factores que alteran en especial a las colonias grandes de las poblaciones (Bak y Meesters, 1998; Hughes y Tanner, 2000; Meesters *et al.*, 2001; Alvarado, 2008). Estos afluentes van cargados de sedimento, que se han registrado en  $30,8 \text{ mg cm}^2 \text{ día}^{-1}$  (Acosta, 1989), concentración alta teniendo en cuenta que por encima de  $10 \text{ mg cm}^2 \text{ día}^{-1}$  se considera como carga sedimentaria alta en un arrecife de coral (Rogers, 1990). El sedimento cubre el tejido vivo, dificultando la fotosíntesis de las zooxantelas; cuando hay valores cercanos a  $100 \text{ mg cm}^2 \text{ día}^{-1}$ , y a partir de un  $12 \text{ mg cm}^2 \text{ día}^{-1}$  mezclado con nieve marina, puede causar la muerte de colonias en algunas especies (Fabricius, 2005). Al poseer una mayor superficie de tejido vivo, las colonias grandes presentan una mayor área de exposición al sedimento, lo cual puede causar mortalidad parcial y reducción en el tamaño de las colonias (Meesters, *et al.*, 1996; Edmunds, 2000; Ginsburg *et al.*, 2001). Como consecuencia de esta afección, es posible que no se lleven a cabo los procesos de reproducción de las colonias, lo que puede interferir con la estructura poblacional, al verse una representación más

frecuente de colonias pequeñas no reproductivas en el área degradada (AMnP) (Meesters *et al.*, 1996; Lewis, 1997; Hughes y Tanner, 2000; Knowlton, 2001; Meesters *et al.*, 2001).

Al analizar la influencia del buceo, no hay una tendencia generalizada en la estructura de tallas ya que se esperaría que en sitios degradados (CB) se presentara una mayor proporción de colonias con tallas grandes mostrando poco reclutamiento, mortalidad juvenil elevada y sobrevivencia de colonias grandes con mortalidad parcial (Meesters *et al.*, 2001; Vermeij y Bak, 2002). El no encontrar diferencias significativas entre las zonas CB y SB en *D. strigosa* puede ser porque los buzos no afectan directamente las colonias, o porque la energía invertida en la regeneración de tejido de las pocas lesiones es tan baja, que no afecta los tamaños de las colonias (Davis y Tisdell, 1995; Hawkins *et al.*, 1999; Oren *et al.*, 2001). Cuando hay un contacto directo entre los buzos y los corales, los primeros pueden raspar la superficie del organismo causando daño en el tejido, dejando una herida poco profunda pero más propensa a la aparición de enfermedades (Hawkins *et al.*, 1999; Hall, 2001; Barker y Roberts, 2004) aunque los corales que se ven más afectados son los acropóridos (Hawkins y Roberts, 1992), como ya se explicó anteriormente. Para contrarrestar las lesiones, las colonias invierten mayor cantidad de energía en la regeneración de tejido, causando una disminución en su tasa de crecimiento (Hall, 1997; Oren *et al.*, 2001; Roupel e Inglis, 2002). Lo anterior podría reflejarse en una ligera dominancia de colonias con tallas más pequeñas en las zonas que presentan buceo, como se puede ver en *D. strigosa* y *S. siderea*, así como una mayor mortalidad parcial, como es el caso para *S. siderea*. Sin embargo, la mortalidad parcial encontrada no es representativa, ya que a pesar de ser encontrada en todas las estaciones y en todas las especies, ésta presenta porcentajes bajos. Emplear energía en la recuperación del tejido puede aumentar la susceptibilidad de las colonias, causando un ligero aumento en la mortalidad parcial (Davis y Tisdell, 1995; Hawkins *et al.*, 1999; Oren *et al.*, 2001), lo que puede explicar en parte la mortalidad encontrada en este estudio (Tabla 5).

Así mismo, de acuerdo a lo esperado según la teoría del hábitat (Meesters *et al.*, 2001; Vermeij y Bak, 2002), *S. radians* presentó tallas de mayor tamaño en las zonas CB. Ésta es una especie con colonias capaces de incrustarse al sustrato, muy resistente a la sedimentación (Bak y Engel, 1979; Porter *et al.*, 1981; Pastorok y Bilyard, 1985; Acevedo *et al.*, 1988; Meesters *et al.*, 1992; Guzmán *et al.*, 1994; Torres y Morelock, 2002; Mallela *et al.*, 2004; Vermeij, 2005), características que al parecer le son útiles en zonas degradadas, siendo el buceo una actividad que degrada el hábitat. Así mismo, las colonias más pequeñas se ven afectadas en mayor grado en la zona con esta actividad, y aunque es muy arriesgado otorgarle al buceo la causa de este comportamiento, no se descarta que el estar presentes en esta zona tenga algo que ver, ya que las colonias emplean más energía y tiempo en quitarse el sedimento resuspendido y regenerar tejido por lesiones, algo que no sucedería en zonas SB (Hawkins y Roberts, 1992; Hawkins *et al.*, 1999; Meesters *et al.*, 2001; Vermeij y Bak, 2002; Barker y Roberts, 2004).

A pesar de lo anterior, no es fácil explicar estos resultados debido a que la metodología planteada no permitió evidenciar la influencia del buceo sobre las colonias. Para esto se requerirían observaciones puntuales antes, durante y después del buceo, que muestren la acción de esta actividad sobre las colonias, tales como lesiones superficiales, resuspensión de sedimento, resquebrajamiento, golpes por anclas, entre otros, los cuales tienen influencia directa sobre los procesos de reclutamiento, reproducción, y la mortalidad parcial de las colonias. También es importante tener una descripción adecuada de las zonas con y sin influencia de buceo, ya que las estaciones muestreadas fueron escogidas a partir del conocimiento del biólogo del PNNT.

## 9. CONCLUSIONES

La abundancia, en términos de densidad, no muestra diferencias entre las zonas AMP como las AMnP, y en las zonas CB y SB.

La estructura de tallas encontrada en este estudio es dependiente de la especie, siendo *Diploria strigosa* y *Siderastrea siderea* especies con dominancia de colonias con tallas grandes, y *S. radians* con dominancia de tallas pequeñas.

La estructura de tallas de *D. strigosa* no depende de su ubicación dentro o fuera del AMP, ni en zonas CB o SB. Por otra parte, en las especies del género *Siderastrea* las colonias con tallas más grandes se presentan en el AMP. *S. siderea* presenta tallas más grandes en la zona SB y *S. radians* en zonas CB.

El porcentaje de mortalidad parcial encontrado para las tres especies es relativamente bajo (11 – 16%) pero se encuentra en un alto porcentaje de colonias, siendo mayor en *D. strigosa* y *S. siderea*. En el AMP y en las zonas CB se presentó el mayor número de colonias afectadas.

En resumen, los resultados del estudio no permiten concluir que las diferencias en la estructura de tallas de las tres especies se deban a estar dentro o fuera de un AMP, ni a su presencia en zonas con o sin la actividad de buceo.

## 10. RECOMENDACIONES

Realizar el estudio en todas las zonas arrecifales (somero, medio profundo) para determinar la abundancia, estructura de tallas y mortalidad parcial de la población en el área de estudio.

Para establecer si el hecho de estar dentro de un AMP tiene alguna influencia sobre las poblaciones coralinas es necesario usar e integrar indicadores como tráfico de lanchas, actividad pesquera, carga sedimentaria, concentración de nutrientes, eutroficación, vientos, oleaje, número de visitantes, entre otros, los cuales podría dar pistas de qué es realmente lo que afecta a una población coralina tanto dentro como fuera de un AMP. Para determinar la efectividad del manejo de un AMP, la NOAA sugiere realizar un monitoreo durante 10 años.

Establecer indicadores más claros y específicos como el golpe por el aleteo, la tasa de resuspensión de sedimento, el tamaño de las lesiones, el número de buzos, etc., para poder establecer el efecto del buceo sobre las poblaciones coralinas. Así mismo, es importante realizar un censo antes, durante y después de los buceos, tanto en temporada alta como baja.

Continuar la evaluación de poblaciones coralinas, ya que son importantes para dar a conocer el estado actual de este ecosistema, lo que puede indicar las afecciones que se puedan estar dando, y que podrían llegar a ser potencialmente nocivas para el arrecife.

Establecer políticas aún más rigurosas dentro de AMP's a nivel nacional, para evitar el deterioro, no solo de los arrecifes coralinos, sino también otros importantes ecosistemas, como los rodales de mangle, las praderas de pasto y los litorales rocosos, que, entre sí, forman un sistema de alta importancia ecológica, económica y social.

Es importante realizar un censo antes, durante y después del número de buceos, discriminando la temporada alta de la baja.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, R.; MORELOCK, J. y OLIVIERI, R. 1989. Modification of Coral Reef Zonation by Terrigenous Sediment Stress. *Palaios*. Vol. 4, 92- 100pp.

ALCOLADO, P.M.; MARTINEZ-DARANAS, B.; MENENDEZ-MACIA, G.; DEL VALLE, M.H. y GARCIA, T. 1999. Rapid Assessment of Coral Communities of Maria La Gorda, Southeast Ensenada de Corrientes, Cuba (Part 1: Stony Corals and Algae). *Atoll Research Bulletin*, Vol. 1, No. 496. 268 – 277pp.

ALVARADO, F.H. 1978. Contribución al conocimiento de los copépodos epiplanctónicos de la Bahía de Santa Marta, Colombia. Bogotá. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 72pp.

ALVARADO, E.M.; DUQUE, F.; FLÓREZ-GONZÁLEZ, L. y RAMÍREZ, R. 1986. Evaluación cualitativa de los arrecifes coralinos de las islas del Rosario (Cartagena - Colombia). *Boletín Ecotrópica: Ecosistemas Tropicales*, Vol.15. 1-30pp.

ALVARADO, E.M.; GARCÍA, R. y ACOSTA, A. 2003. Sexual reproduction on the reef-building coral *Diploria labyrinthiformis* (Scleractinia: Faviidae), in the Colombian Caribbean. *Rev. Biol. Trop.*, Vol. 52 (4). 859 - 868pp.

ALVARADO. E.M. 2008. Efecto de las lesiones naturales sobre la fecundidad: Implicaciones en la estructura de talla de una población del coral *Montastraea annularis* en un arrecife degradado del Caribe Colombiano. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Doctor en Ciencias-Biología. Facultad de Ciencias. Programa de Doctorado en Ciencias-Biología. Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia. 128pp.

BABCOCK, R. C. 1991. Comparative Demography of Three Species of

Scleractinian Corals Using Age-and-Size-Dependent Classifications. Ecological Monographs. Vol. 61, No. 3. 225-244pp.

BACA, R. y THERLKELD, S. 2000. Using size distributions to detect nutrient and sediment effects within and between habitats. Hydrobiology. Vol. 435. 197-211pp.

BAK, R.P.M., y ENGEL, M., S. 1979. Distribution, abundance and survival of juvenil hermatypic corals (Scleractinia) and the importante of life history strategies in the parent coral community. Marine Biology. Vol. 54. 341-352 pp

BAK, R.P.M. y MEESTERS, E.H. 1998. Coral Population Structure: the hidden information of colony size-frecuency distributions. Marine Ecology Progress Series. Vol. 162. 301-306pp.

BAK, R.P.M. y MEESTERS, E.H. 1999. Population structure as a response of coral communities to global change. American Zoologic. Vol. 39, No.1. 56-65pp.

BARKER, N.H.L. y ROBERT,S C.M. 2004. Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. Biological Conservation, Elsevier, 1-9pp.

BEGON, M; TOWNSEND, C.R. y HARPER, J.L. 2006. ECOLOGY. From Individuals to Ecosystems. 4<sup>th</sup> Edition. Blackwell Publishing. United Kingdom. 759pp.

BIRRELL, C.; McCOOK, L.; WILLIS, B. y DIAZ-PULIDO, G. 2008. Algal effects on coral replenishment and the resilience of coral reefs. Abstracts: 11<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Fort Lauderdale, USA.

BRÜGGEMANN, J.; HERNÁNDEZ, M.; RODRÍGUEZ, E.; SOLER, J. y

TAPPER, R. 2002. Biodiversity and Tourism in the Framework of the Convention o Biological Diversity: The case of the Tayrona National Park, Colombia. Bundesamt für Naturschutz (BfN). Federal Agency for Nature Conservation. Konstantinstr. 47pp.

BUDDEMEIER, R.W.; KLEYPAS, J.A. y ARONSON, R.B. 2004. Coral Reefs & Climate Global Change: Potential Contributions of Climate Change to Stresses on Coral Reef Ecosystems. Pew Center on Climate Global Change. Arlington. 46pp.

BULA-MEYER, G. 1990. Altas temperaturas estacionales del agua como condición disturbadora de las macroalgas del Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano: una hipótesis. Anales Instituto de Investigaciones Marinas. Punta de Betín, Santa Marta. 21pp.

BUNKLEY-WILLIAMS, L. y WILLIAMS Jr., E.H. 1990. Global Assault on Coral Reefs. Nature. Vol. 346. 47-56pp.

BURKE, L y MAIDENS, J. 2004. Reefs at Risk in the Caribbean. World Resources Institute. Washington D.C. 84pp.

BYTHELL, J.C.; BYTHELL, M. y GLADFELTER, E.H. 1993. Initial results of a long-term coral reef monitoring program: Impact of Hurricane Hugo at Buck Island Reef National Monument, St. Croix, U.S. Virgin Islands. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 172. 171-183pp.

BYTHELL, J.C.; HILLIS-STARR, Z.M. y ROGERS, C.S. 2000. Local variability but landscape stability in coral reef communities following repeated hurricane impacts. Marine Ecology Progress Series. Vol. 204. 93-100pp.

CAMACHO, L. y GALVIS, D. 1980. Bahía Concha: Aportes Ecológicos. Parque Nacional Natural Tayrona, Magdalena-Colombia. Tesis de grado presentada

como requisito parcial para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. 82 pp.

CHIAPPONE, M.; SULLIVAN, K. M. 1996. Distribution, Abundance and Species Composition of Juvenile Scleractinian Corals in the Florida Reef Tract. *Bulletin of Marine Science*. Vol. 58, No. 2. 555-559pp.

CHIAPPONE, M. 2001. Conservación de Arrecifes Coralinos en Áreas Marinas Protegidas: Estudio del Parque Nacional del Este, República Dominicana. The Nature Conservancy. 120pp.

CORPES - Consejo Regional de Planificación de la Costa Atlántica. 1992. Perfil ambiental del Caribe colombiano. Santa Marta. 275 pp.

CRÓQUER, A. y BONE, D. 2003. Las enfermedades en corales escleractínidos: ¿Un nuevo problema en el arrecife de Cayo Sombrero, Parque Nacional Morrocoy, Venezuela?. *Rev. Biol. Trop.*, Vol. 51, Supl. 4. 167-172pp.

DE LA GUARDIA, E.; GONZÁLEZ-DÍAZ, P. y CASTELLANOS-IGLESIAS, S. Estructura de la comunidad de grupos bentónicos sésiles en la zona de buceo de Punta Francés, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* Vol. 25, No. 2. 81-90pp.

DÍAZ, J.M.; DÍAZ PULIDO, G.; GARZÓN FERREIRA, J.; GEISTER, J.; SÁNCHEZ, J.A. y ZEA, S. 1996. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano. Tomo I. Complejos arrecifales oceánicos. Invemar, Santa Marta. Serie Publicaciones Especiales 2. 83pp.

DÍAZ, J.M. 1991. Diagnóstico ambiental, identificación de riesgos y propuestas de mitigación de impactos sanitario-ambientales en el sector de El Rodadero-Gaira-Salguero. Santa Marta: INVEMAR, 17pp.

DÍAZ, J.M. 1990. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa

Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Programa de Ecosistemas Marinos. Santa Marta: INVEMAR, 54pp.

DÍAZ, J.M.; BARRIOS, L.M.; CENDALES, M.H.; GARZÓN-FERREIRA, J.; GEISTER, J.; LÓPEZ-VICTORIA, M.; OSPINA, G.; PARRA-VELANDIA, F.; PINZÓN, J.; VARGAS-ÁNGEL, B.; ZAPATA, F. y ZEA, S. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Santa Marta: INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 5, 176pp.

DÍAZ-PULIDO, G. 1997. Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia: Ecosistemas Marinos y Costeros. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. 214pp.

DONNER, S.D. y POTERE, D. 2007. The inequity of the global treaty to coral reefs. *BioScience*. Vol. 57, No. 3. 214-215pp.

DUERDEN, J.E. 1904. The coral *Siderastrea radians* and its postlarval development. Carnegie Institution. Washington, U.S.A. 126pp.

EDMUNDS, P. 2000. Patterns in the distribution of juvenile corals and coral reef community structure in St. John, US Virgin Islands. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 202. 113-124pp.

FAJARDO, G. E. 1978. Surgencia costera en las proximidades de la Península colombiana de la Guajira. En: *Bol. Cient. CIOH*: No. 2. 7-19pp.

FONG, P. y GLYNN, W. P. 2001. Population Abundance and Size-Structure of an Eastern Tropical Pacific Reef Coral After the 1997-98 ENSO: A Simulation Model Predicts Field Measures. *Bulletin of Marine Science*. Vol. 69, No.1. 187-202pp.

FONG, P. y GLYNN, P. 1998. A dynamic size-structure population model: does

disturbance control size structure of a population of the massive coral *Gardineroseris planulata* in the Eastern Pacific? *Marine Biology*. Vol. 130. 663-674pp.

FRANCO-HERRERA, A. 2005. Oceanografía de la Ensenada de Gaira – El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe colombiano – Santa Marta. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 56pp.

GARCÍA, A.; CROQUER, A. y PAULS, S.M. 2003. Estado actual de las enfermedades y otros signos de deterioro coralino en siete arrecifes del Parque Nacional Archipiélago de Los Roques, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* Vol 51, Suplemento 4. 173-180pp.

GARCÍA, A.; CROQUER, A. y PAULS, S.M. 2002. Relación entre la incidencia de enfermedades y la estructura de tallas y especies en corales del Parque Nacional Archipiélago de Los Roques, Venezuela. *Interciencia*. Vol 27, No 9. 448 – 453pp.

GARDNER, T.A.; COTE, I.M.; GILL, J.A.; GRANT, A. y WATKINSON, A.R. 2003. Long-Term Region-Wide Declines in Caribbean Corals. *Science*. Vol 301. 959 -960pp.

GARZÓN-FERREIRA, J. y CANO, M. 1991. Tipos, distribución, extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Natural Tayrona. Versión presentada al 7° concurso nacional de ecología “Enrique Peláez Arbelaez”. Santa Marta. Fondo para la protección del medio ambiente, FEN Colombia. 82pp.

GARZÓN-FERREIRA, J. y KIELMAN, M. 1994. Extensive mortality of corals in the Colombian Caribbean During the last two decades. *Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History*. 247-253pp.

GARZÓN-FERREIRA, J.; ZEA, S. y DÍAZ, J.M. 2005 Incidence or parcial mortality and other health indicators in hard-coral communities of four Southwestern Caribbean atolls. *Bulletin of Marine Science* 76 (1). 105-122pp

GEISTER, J. 1973. Los arrecifes de la Isla de San Andrés (Mar Caribe, Colombia). *Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient.* Vol. 7. 211-228pp.

GIL-AGUDELO, D.L. 1998. Características, incidencia y distribución de la enfermedad de los “Lunares Oscuros” en corales pétreos del Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia.

GIRALDO, A.M. 2007. Estado actual de los corales *Acropora cervicornis* (Lamarck, 1816), *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) y *Diploria labyrinthiformis* (Linneaus, 1758) en el Parque Nacional Natural Corales Del Rosario Y San Bernardo. Trabajo de Grado como requisito parcial para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 100pp

GILMOUR, J.P. 1999. Experimental investigation into the effects of suspended sediment on fertilization, larval survival and settlement in scleractinian coral. *Marine Biology*. 135. 451-462pp.

GILMOUR, J.P. 2004. Size-structures of populations of the mushroom coral *Fungia fungites*: the role of disturbance. *Coral Reefs*, 23. 493–504pp.

GINSBURG, R.; GISCHLER, E. y KIENE, W. 2001. Partial Mortality of Massive Reef.-Building Corals: an Index of Patch Reef Condition, Florida Reef Tract. *Bulletin of Marine Science* Vol: 69, No. 3. 1149-1173pp.

GONZÁLEZ, Á. y CORTÉS, A. 1975. Estudio semidetallado de suelos del

Parque Tayrona (Departamento del Magdalena). Bogota: Instituto de Investigaciones Agustín Codazzi (IGAC). 199pp.

GUZMÁN, H.M.; BURNS, K.A. y JACKSON, J.B.C. 1994. Injury, regeneration and growth of Caribbean reef corals after a major oil spill in Panama. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 105. 231-241pp.

HALL, V.R. 2001. The response of *Acropora hyacinthus* and *Montipora tuberculosa* to three different types of colony damage: scraping injury, tissue mortality and breakage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 264. 209–223pp.

HALL, V.R. 1997. Interspecific differences in the regeneration of artificial injuries on scleractinian corals. *Journal of Experimental Biology and Ecology*. Vol. 212. Issue 1. 9-23pp.

HAWKINS, J.P. y C. M. ROBERTS. 1992. Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs. *Biological Conservation*. Vol 62. 171-178pp.

HAWKINS, J.P.; ROBERTS, C.M.; VAN'T HOF, T.; DE MEYER, K.; TRATALOS, J. y ALDAM, C. 1999. Effects of Recreational Scuba Diving on Caribbean Coral and Fish Communities. *Conservation Biology*. Vol. 13, No.4. 888-897pp.

HELMLE, K.P.; DODGE, R.E. y KETCHAN, R.A. 2000. Skeletal architecture and density banding in *Diploria strigosa* by X-ray computed tomography. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium*. Vol. 1. 365-371pp.

HENAO, H. A. 2008. Composición de la comunidad arrecifal bentónica de un Área Marina Protegida (AMP) y un Área Marina No Protegida (NMP) con y sin exposición al buceo. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad

de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 75pp.

HETZINGER, S.; PFEIFFER, M.; DULLO, W.C. y RUPRECHT, E. 2006. Reconstructing variability of past sea surface conditions using corals records from three sites in the Caribbean Sea. Geophysical Research Abstracts. Vol. 8.

HUBBARD, D.K. y SCATURO, D. 1985. Growth Rates of seven species of Scleractinean Corals from Cane Bay and Salt River, St. Croix, USVI. Bulletin of Marine Science Vol. 36, No. 2. 325-338pp.

HUGHES, T. 1984. Population dynamics based on individual size rather than age: a general model with a reef coral example. The American Naturalist. Vol. 123, No.6. 778-795pp.

HUGHES, T. 1987. Population Dynamics Based on Size or Age a Reef-Coral Analysis. The American Naturalist Vol: 129, No. 6:129: 829pp.

HUGHES, T. 1989. Community structure and Diversity of coral reefs: The role of history. Ecology 70 (1). 275-279pp.

HUGHES, T. 1994. Catastrophes, phases shifts and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. Science. 265. 1547-1551pp.

HUGHES, T. y TANNER, J. 2000. Recruitment Failure, Life Histories, and Long-Term Decline of Caribbean Corals. Ecology. Vol. 81, No. 8. 15pp.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS "JOSE BENTO VIVES DE ANDRÉIS" –INVEMAR-. 2010. Estrategias de Manejo de Arrecifes Coralinos en Colombia ante el Cambio Climático: Buscando Favorecer su Capacidad de Adaptación. [En línea] <http://www.invemar.org.co/noticias.jsp?id=4052&idcat=122&pagina=1> [Consultado el 13 de diciembre de 2010].

IRIZARRY, E. 2006. Abundance, Composition and Survivorship of Juvenile Corals in the Southwestern Puerto Rico, La Parguera. A thesis submitted on partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Marine Science. University of Puerto Rico. 74pp.

JACKSON, J.; BUSS, L. y COOK, R. 1985. Population Biology and Evolution of Clonal Organisms. United States of America: Yale University. 517pp.

KNOWLTON, N. 2001. The future of coral reefs. Proceedings of the National Ac, 98 (10). 5419-5425pp

KREBS, J. C. 1985. Estudio de la Distribución y la Abundancia. 2da Edición. México. 753pp.

KRITZER, J.P. y SALE, P.F. 2006. Marine Metapopulations. Elsevier. 576pp.

LEAL, M. y MALDONADO, L. 2003. Evaluación del estudio de salud de los corales presentes en algunos sitios de buceo del PNNT, Caribe Colombiano. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 119pp.

LEVINTON, J. 2001. Marine Biology: Function, Biodiversity and Ecology. Oxford University Press. New York. 515pp.

LEWIS, J.B. 1989. Spherical growth in the Caribbean coral *Siderastrea radians* (Pallas) and its survival in disturbed habitats. Coral Reefs. Vol. 7. 161-167pp.

LEWIS, J.B. 1997. Abundance, Distribution and Partial Mortality of the Massive Coral *Siderastrea siderea* on Degrading Coral Reefs at Barbados, West Indies. Marine Pollution Bulletin, Vol. 34, No: 8. 622-627pp.

LIRMAN, D. y MANZELLO, D. 2009. Patterns of resistance and resilience of the stress-tolerant coral *Siderastrea radians* (Pallas) to sub-optimal salinity and

sediment burial. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 369, Issue 1. 72-77pp.

LIRMAN, D.; ORLANDO, B.; MACÍA, S.; MANZELLO, D.; KAUFMAN, L.; BIBER, P. y JONES, T. 2003. Coral communities of Biscayne Bay, Florida and adjacent offshore areas: diversity, abundance, distribution, and environmental correlates. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. Vol. 13. 121 -135pp.

LIDELL, W.D. y OHLHORST, S.L. 1986. Changes in benthic community composition following the mass mortality of *Diadema* at Jamaica. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 93, Issue 3. 271-278pp.

LOHRER, D. y HANCOCK, N. 2004. Marine soft sediments: more diversity than meets the eye. *Water & Atmosphere*. 12 (3). 26-27pp.

LOYA, Y.; SAKAI, K.; YAMAZATO, K.; NAKANO, Y.; SAMBALI, H. y VAN WOESIK, R. 2001. Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecology Letters*. Vol. 4. 122-131pp.

LOYA, Y. 1972. Community structure and species diversity hermatipic corals at Elliat, Red Sea. *Mar. Biol.* Vol. 23. 100-123pp.

MALLELA J.; PERRY, C.T. y HALEY, M. 2004. Reef morphology and community structure along a fluvial gradient, Rio Bueno, Jamaica. *Journal of Caribbean Science*. 40. 299-311pp.

MARRUGO, M. P. 2009. Composición de la comunidad bentónica de parches coralinos dentro y fuera de un Área Marina Protegida (Parque Nacional Natural Tayrona) en zonas con y sin impacto turístico. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 77pp.

MARTINEZ, 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). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. Vol 34. 161-191pp.

McCLANAHAN, T. 1999. Is there a future for coral reefs Parks in poor tropical countries?. Coral Reefs. 18. 321-325pp.

McCLANAHAN, T.; POLUNIN, N. y DONE, T. 2002. Ecological states and the resilience of coral reefs. Conservation Ecology. 6 (2). 28pp.

McCOOK, L.J. 1999. Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and Management consequences for the Great Barrier Reef. Coral Reefs 18. 357-367pp.

McCOOK, L.J.; JOMPA, J. y DIAZ-PULIDO, G. 2001. Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. Coral Reefs 19. 400-417pp.

MEESTERS, E.H.; HILTERMAN, M.; KARDINAL, E.; KEETMAN, M.; VRIES, M. y BAK, M.P. 2001. Colony size-frequency distributions of scleractinian coral populations: spatial and interspecific variation. Marine Ecology Progress Series 209. 43-54pp.

MEESTERS, E.H.; WESSLING, I. y BAK, R. P. 1996. Partial Mortality in Three Species of Reef-Building Corals and the Relation with Colony Morphology. Bulletin of Marine Science Vol. 58, No. 3. 838-852pp.

MEESTERS, E.H. 1994. The function of damage and regeneration in the ecology of reef-building corals (Scleractinia). Academisch Proefschrift. Nederlands. 122pp.

MEESTERS, E.H.; BOS, A. y GAST, G.J. 1992. Effects of sedimentation and

lesion position on coral tissue regeneration. Proc. 7<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp. 2: 671-78pp.

MEJÍA-NIÑO, N. y GARZÓN-FERREIRA, J. 2003. Dinámica de las interacciones alga- coral en dos bahías de Santa Marta (Caribe colombiano) con distinto grado de influencia antropogénica. Bol. Invest. Mar. Cost. No. 32. 243-261pp.

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL - MAVDT-. 2005. Resolución Número 362. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. [En línea] [http://www1.minambiente.gov.co/prensa/gacetitas/2005/diciembre/res\\_362\\_3012\\_05\\_pnn.pdf](http://www1.minambiente.gov.co/prensa/gacetitas/2005/diciembre/res_362_3012_05_pnn.pdf) [Consultado el 28 de enero de 2009].

MORELOCK, J.; RAMÍREZ, W.; BRUCHNER, A. y CARLO, M. 2001. Status of coral reefs, Southwest Puerto Rico. Caribbean Journal of Science. Special publication. 57pp.

MOSES, C.S.; SWART, P.K. y DODGE, R.E. 2006. Calibration of stable oxygen isotopes in *Siderastrea radians* (Cnidaria: Scleractinia): Implications for slow-growing corals. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, G<sup>3</sup>. Vol. 7, No. 9. 14pp.

MUKO, S; SAKAI, K. y IWASA, Y. 2001. Size distribution dynamics for a marine sessile organism with space-limitation in growth and recruitment: application to a coral population. Journal of Animal Ecology. Vol. 70. 579-589pp.

NEVES, E.G. y DA SILVEIRA, F.L. 2003. Release of planula larvae, settlement and development of *Siderastrea stellata*, 1968 (Anthozoa, Scleractinia). Hydrobiologia. Vol. 501. 139-147pp.

ODUM, E.P. 1963. Ecology. Modern Biology Series. New York. 152pp.

ODUM, E.P. 1972. Ecología. 3ra Edición. Nueva editorial Interamericana. México. 639pp.

OIGMAN-PSZCZOL, S.S. y CREED, J.C. 2004. Size structure and spatial distribution of the corals *Mussismilia hispida* and *Siderastrea stellata* (Scleractinia) at Armaçao Dos Búzios, Brazil. Bulletin of Marine Science, 74 (2). 433-448pp.

ORDOÑEZ, A. 2009. Estructura de tallas de las poblaciones de *Montastraea annularis*, *M. cavernosa* *M. cavernosa* y *Porite astreoides* en los arrecifes del Parque Nacional Natural Tayrona (AMP) y Santa Marta (AMNP). Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 75pp.

OREN, U.; BENAYAHU, Y.; LUBINEVSKY; H. y LOYA, Y. 2001. Colony integration during regeneration in the stony coral *Favia favaus*. Ecology. Vol. 82, No. 3. 802-813pp.

PASTOROK, R.A. y BILYARD, G.R. 1985. Effects of sewage pollution on coral-reef communities. Marine Ecology Progress Series. Vol. 21. 175-189pp.

PADILLA-GAMINO, J. y GATES, R. 2008. The influence of size, morphology and parental condition on coral reproductive outputs. Abstracts: 11<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Fort Lauderdale, USA.

PEARSON, R.G. 1981, Recovery and recolonization of Coral Reefs. Marine Ecology Progress Series. Vol. 4. 105-122pp.

PERRY, W.B. y STANFORD, J.A. 1982. Algal Growth Stimulus by Phosphorus in Flathead Lake, Montana. Northwest Science. Vol. 56 No 1. 48-52pp.

PINZÓN, J.H.; PERDOMO, A.M.; SOLANO, O.D. y NAVAS, G.R. 1998.

Blanqueamiento Coralino de 1995 en la Región de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Caribbean Journal of Science*. Vol. 34, pp 330-333.

PIZARRO, V. 2006. The importance of connectivity between coral populations for the management of the Seaflower Biosphere Reserve. Tesis PhD. University of Newcastle. England. 172 pp.

PLATHONG, S.; INGLIS, G.J. y HUBER, M.E. 2000. Effects of self-guided snorkeling trails in a tropical marine park. *Conservation Biology*. Vol.14. 1821-1830pp.

POMEROY, R.S.; PARKS, J.E. y WATSON, L.M. 2004. How is your MPA doing? A Guidebook of Natural and Social Indicators for Evaluating Marine Protected Area Management Effectiveness. IUCN – The World Conservation Union. 60pp.

PORTER, J.W.; BATTEY, J.F. y SMITH, G.J. 1981. Perturbation and change in coral reef communities. *Proceeding of the National Academy of Sciences*. Vol. 79 (5). 1678-1681pp.

PURVES, W.K.; SADAVA, D.; ORIAN, G.H. y HELLER, H.C. 2001. *Life. The Science of Biology*. 6<sup>th</sup> Edition. Sinauers Associates, Inc. U.S.A. 1044pp.

REYES, J. y SANTODOMINGO, N. 2002. Manual de identificación CITES de invertebrados Marinos de Colombia. Serie de documentos generales /INVEMAR; No. 8; Serie Manuales de identificación CITES de Colombia. 100pp.

RABINOVICH, E. J. 1978. *Ecología de poblaciones animales*. Washington: Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Departamento de Asuntos Científicos. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, 1978. 110pp.

RAMIREZ, G. 1990. Distribución de los nutrientes inorgánicos en las aguas costeras de la región de Santa Marta. Caribe colombiano. Cali: Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Comisión Colombiana de Oceanografía. 244-254pp.

RICE, S. 1984. Effects of suspended sediment and burial upon survival and growth of eastern Gulf of Mexico corals. Camp Dresser & McKee, Inc. Mote Marine Laboratory Technical Report No. 87. 58 pp.

RICKLEFS, R.E. y MILLER, G.L. 1999. Ecology. 4<sup>th</sup> Edition. Freeman and Company. United States of America. 822pp.

ROGERS, C.S. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. Marine Ecology Progress Series. Vol. 62. 1185-202pp.

ROGERS, C.S.; GARRISON, G.; GROBER, R.; HILLIS, Z.-M. y FRANKE, M.A. 1994. Manual para el Monitoreo de Arrecifes de Coral en el Caribe y el Atlántico occidental. Servicio de Parques Nacionales, Parque Nacional de las Islas Vírgenes. 123pp.

ROUPHAEL, A. B. y INGLIS, G. J. 2002. Increased spatial and temporal variability in coral damage caused by recreational scuba diving. Ecological applications. Vol. 12 (2). 427-440pp.

RUPPERT, E.E. y BARNES, R.D. 1995. Zoología de los Invertebrados. Sexta Edición. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 1083pp.

SALAZAR, D. 2007. Distribución, abundancia, estructura de tallas y estado de salud de las poblaciones de *Siderastrea siderea* (Ellis y solander 1786) (Scleractina: Sidarastreidea) en el área marina protegida (AMP) "Parque Nacional Natural Corales Del Rosario Y San Bernardo" (PNNCRSB). Trabajo de Grado como requisito parcial para optar al título de Biólogo Marino

Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Bogota. 91pp.

SAMMARCO, P.W. 1980. *Diadema* and its relationship to coral spat mortality: grazing, competition, and biological disturbance. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*. Vol. 45. 245-272pp.

SEBENS, K.P. 1994. Biodiversity of Coral Reefs: What are We Losing and Why?. *Amer. Zool.* 34.115-133pp.

SMOL, J.P. 2007. Marine sediments tell it like it was. *PNAS*. Vol. 104, No. 45. 17563-17564pp.

SOLANO, O. 1987. Estructura y diversidad de la comunidad de corales hermatípicos en la Bahía de Chengue (PNNT). Trabajo de Grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 111pp.

SOONG, K. 1993. Colony size as a species character in massive coral reefs. *Coral Reefs*. 12. 77-81pp.

SOROKIN, Y.I. 1993. *Coral Reef Ecology*. Springer Everlag. Nueva York. 465pp.

STEINER, S.C.C. 1999. Species presence and distribution of Scleractinia (Cnidaria: Anthozoa) from South Caicos, Turks and Caicos Islands. *Bulletin of Marine Science*. 65 (3). 861-871pp.

SWANSON, D.; CHIAPPONE, M.; MILLER, S.; RUTTEN, L.; SMITH, S. y AULT, J. 2008. Spatial Dynamics of scleractinian coral populations in Florida Keys. Abstracts: 11<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Fort Lauderdale, USA.

SZMANT, A.M: 2001. Introduction to the special issue of *Coral Reefs* on "Coral Reef Algal Community Dynamics". *Coral Reefs*. 19: 299-302pp.

TANNER, J.E. 1995. Competition between scleractinian corals and macroalgae: An experimental investigation of coral growth, survival and reproduction. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 190: 151-168pp.

UNEP/IUCN, 1988. *Coral Reefs of the World. Volume 1: Atlantic and Eastern Pacific*. UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K./UNEP, Nairobi, Kenya. XLVII + 373 pp., 38 maps.

UY, F.A.; CAINDEC, V.E.; PEREZ, J.L. y DY, D.T. 2005. Impacts of Recreational Scuba Diving on a Marine Protected Area in Central Philippines: A Case of the Gilutongan Marine Sanctuary. *Scient*, Vol, 42. 144 - 158pp.

VALDERRAMA, D. y ZEA, S. 2003. Esquemas de distribución de esponjas arrecifales (Porifera) del Noroccidente del Golfo de Urabá, Caribe Sur, Colombia. *Bol. Invest. Mar. Cost.* Vol. 32. 37-56pp.

VEGA-TORRES, A.; FONT DORTA, Y. y ZAYAS HERRERA, C.R. 2002. Composición de la fauna más representativa en el arrecife de coral costero de playa Corinthia, región nororiental de Cuba. *Rev. Invest. Mar.* Vol. 23, 3. 167-172pp.

VERMEIJ, M.J.A. y BAK, R.P.M. 2002. Inferring demographic processes from population size structure in corals. *Proc. 9<sup>th</sup> Int Coral Reef Symposium*. Vol. 1. 589-594pp.

VERMEIJ, M.J.A. 2005. Substrate composition and adult distribution determine recruitment patterns in a Caribbean brooding coral. *Marine Ecology Progress Series* . Vol. 295. 123-133pp.

VILLA, A. 2001. Caracterización de las formaciones coralinas de la Bahía de Cinto, Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano, de acuerdo con la

ecología del paisaje. Trabajo de Grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia.

VIZE, P.D. 2006. Deepwater broadcast spawning by *Montastraea cavernosa*, *Montastraea franksi*, and *Diploria strigosa* at the Flower Garden Banks, Gulf of Mexico. Coral Reefs. Vol. 25. 166-171pp.

VOLLMER, S.V. y EDMUNDS, P.J. 2000. Allometric Scaling in Small Colonies of the Scleractinian Coral *Siderastrea siderea* (Ellis and Solander). Biol. Bull. 199. 21–28pp.

VON PRAHL, H. y ERHARDT, H. 1985. Colombia, Corales y Arrecifes Coralinos. Universidad del Valle. Editorial Presencia Ltda. Fondo de Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" Editor de este libro. Colombia. 295 pp.

WEIL, E. 2001. Caribbean Coral Reef Diseases, Status and Research Needs. Abstract prepared for workshop "Priorities for Caribbean Coral Reef Research" Octubre 3-5, 2001. 9pp.

WESSELING, I; UYCHIAOCO, A.J.; ALIÑO, P.M. y VERMAAT, J.E. 2001. Partial Mortality in *Porites* Corals: Variation among Philippine Reefs. International Review of Hydrobiology. 86,1. 77-85pp.

WIEDEMEYER, W.; WALTERMATH, M.; WENDELKEN, O. y SHCIRM, B. 2003. Management of Marine Protected Areas (MPA) in Negros Oriental, Philippines. Lessons learned No. 3. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbit (GTZ) GmbH. 4pp.

WILKINSON, C.; GREEN, A.; ALMANY, J. y DIONNE, S. 2003. Monitoring Coral Reef Marine Protected Areas. A practical guide on how monitoring can support effective management of MPA's. Australian Institute of Marine Science and the IUCN Marine Program. 72pp.

WITTENBERG, M. y HUNTE, W. 1992. Effects of eutrophication and sedimentation on juvenile corals. I. Abundance, mortality and community structure. *Marine Biology*, 112. 131-138pp.

YAP, H.; ALIÑO, P.M. y GOMEZ, E.D. 1992. Trends in growth and mortality of three coral species (Anthozoa: Scleractinia), including effects of transplantation. *Marine Ecology Progress Series*. Vol, 83. 91-101pp.

ZACHARIAS, M.A. y ROFF, J.C. 2001. Use of focal species in marine conservation and Management: a review and critique. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 11. 59-76pp.

ZAKAI, D. y CHADWICK-FURMAN, N.E. 2001. Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biological Conservation*, Elsevier, Vol. 105. 179–187pp.

ZAVISLAN, J. 2005. Coral Reef Bleaching: Linking Ocean Optics with Coral Health. *Journal of Undergraduate Research*. Volume 3, Issue 2. 23-25pp.