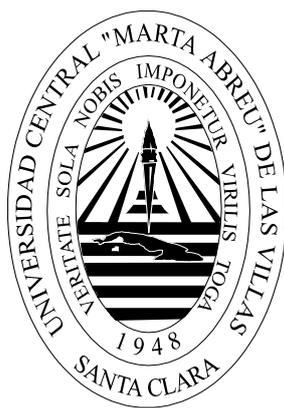


# TESIS DE DIPLOMA

Estructura y salud de la comunidad coralina de Punta Madruguilla, cayo Santa María, Villa Clara. Cuba.

Autor: Aciel Hernández Padrón.

2013



Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Departamento de Biología

## **TESIS DE DIPLOMA**

**“Estructura y salud de la comunidad coralina  
de Punta Madruguilla, cayo Santa María, Villa  
Clara. Cuba.”**

**Autor: Aciel Hernández Padrón.**

**Tutor: Lic. Rodolfo Arias Barreto.**

**Cotutor: Lic. Mayilen Triana López.**



**2013**

*Cada día sabemos más y entendemos menos.*

*Albert Einstein*

*A mami Cuto, mami Clemen y Gretica.*

### **Agradecimientos:**

- ✓ A Mami Cuto y mami Clemen porque todo lo que soy y seré se los debo. Porque me han dado todo lo que han podido y más. Por estar ahí siempre, porque a pesar de ser personas totalmente diferentes, miran siempre hacia el mismo sitio (hacia donde yo esté). Por todo eso y más, gracias.
- ✓ A Gretica porque me soporta, porque sabe más de mí que yo y sobre todo; por existir.
- ✓ Al míster (Rodolfo) porque siempre está claro, porque todo lo analiza detenidamente, porque nunca dice algo sin antes haberlo pensado bien, por dar siempre la respuesta sencilla, porque cada vez que tiene un chance se enrolla a darme consejos y por ser más amigo, que tutor.
- ✓ Al peque porque con solo 6 años hace que me sienta muy orgulloso y me dice cosas que ningún adulto podría.
- ✓ A Toby por abrirme los ojos, por ver un sombrero, en vez de un elefante dentro de una serpiente y por mostrarme como no se debe ser.
- ✓ A Dal Pane por contagiarme cosas buenas como la locura, porque, como alguien dijo; “hay locuras que son poesía.”
- ✓ A Yosla por cuidar a mis viejitas cuando no estoy y porque no conoce el egoísmo.
- ✓ A Ferna por cuidar de mi familia cuando yo no podía porque era pequeño.
- ✓ A Carli, Ana y Tía Carmen porque aunque estamos lejos siempre los recuerdo. A Tía porque entre otras cosas me enseñó desde niño, lo que decían de verdad los pollitos de la canción infantil. A Anita por ser, desde que nació, la prima más linda que tengo y a Carli por darme cuando comía hierba lo que demuestra que desde niño se preocupaba por el chino o por salvarme cuando casi me ahogo en la playa, por eso y más, gracias.
- ✓ A Mayilén por dedicar su tiempo y poner su empeño en revisarme varias veces las cosas aunque yo no le caiga muy bien.
- ✓ A Neisy y Alexis por demostrar que “solo el amor engendra la maravilla” aunque primero hayan tenido que hacer el borrador. Gracias también a Andry (el borrador), por cuidar siempre de la “maravilla”.

- ✓ A Beatriz por aguantar a “el broncas”, por domesticarlo (al menos un poco) y por darme un hermanito.
- ✓ A mis amigos, los de verdad que aunque ya nos vemos poco, siempre están ahí pa` tirarme el cabo. Mandito, Yoel, Manuel, Alexander, David, Enmita, Edgardo, ...
- ✓ Al futbol porque me hace volver a ser niño un ratico cada día, porque los tobillos no me sirven, pero el espíritu me crece con cada gol. Porque lo tengo en la sangre, aunque parece que no me llega bien a los pies.
- ✓ A Zizou por enseñarme que no importa como seas o de donde vengas; si te esfuerzas, lo logras siempre.
- ✓ A Leineker, Rubén, Titi, Magno, Yasmany, Juliano, Nasser, Ernesto, Chichí y los demás del equipo, porque cada uno puso su granito para formar el bloque y ser campeones de “Los Criollos”.
- ✓ A Alfredo, a Totó y a mi Giancaldo (Cabaiguán) porque a todos los que lo dejamos se nos posa el gorrión en el hombro.
- ✓ A Arturo, Rosy, Dayneris, Daylon, Yoana, Leti, Ernesto, Claudia, Frank y Jorgito por soportarme 5 años y por tantos buenos momentos.
- ✓ Al claustro de profesores del departamento de biología porque todos de una forma u otra influyeron en mi preparación y en especial a los que lograron la proeza de colocar algo de conocimiento en mi cabeza.
- ✓ A Charli, al Pegu, a Roger, a Ivàn y a Angelín porque siempre aprendí algo de cada uno.
- ✓ Al CESAM por el apoyo logístico, a la UCLV por ser la mejor universidad de Cuba, a la revolución por permitir que todo el que se esfuerce pueda realizar su sueño algún día y a todas las demás personas e instituciones que de una forma u otra me ayudaron hasta aquí.

**GRACIAS.**

## **RESUMEN:**

El estudio pretende caracterizar la comunidad coralina del arrecife frontal de Punta Madruguilla en cayo Santa María, Villa Clara. Para esto se realizaron un total de tres muestreos; mayo de 2011, septiembre de 2011 y mayo de 2012, mediante buceo autónomo. En cada uno se analizaron todas las colonias dentro de 20 marcos cuadrados ubicados cada dos metros en 4 transectos. Se registraron un total de 875 colonias de 28 especies, la más abundante fue *Agaricia agaricites*. La cobertura de coral vivo promedió 50,2% y la especie que más aportó a la misma fue *Agaricia tenuifolia*. En septiembre de 2011 el valor del blanqueamiento fue del 65%. Las especies más afectadas fueron *A. agaricites*, *Eusmilia fastigiata* y *A. tenuifolia*. La enfermedad que más perjudicó al arrecife fue la plaga blanca y la mortalidad fue mayor en 2011. La mortalidad antigua fue más abundante que la reciente pero menos variable. Las cianobacterias fueron más abundantes en septiembre con un promedio de 50%, mientras que en 2012 disminuyeron al 5%. Por todo lo antes mencionado se consensó que el arrecife posee un alto grado de conservación, alta diversidad de especies, abundancia y cobertura de coral vivo, además de reflejar un ambiente estable.

**Palabras claves:** arrecifes coralinos, corales pétreos, abundancia, cobertura, blanqueamiento, enfermedades, mortalidad.

**Abstract:**

This study tries to characterize the coral community of the punta Madruguilla frontal reef in Santa María Key, Villa Clara. Three surveys expeditions were made; May 2011, September 2011 and May 2012. by means of dive autonomous. In each survey 20 sampling quadrat were analyzed. Each quadrat was placed on 10m transect and 2 m separated from each other. Four transect were placed randomly on the reef. A total of 875 colonies of 28 species were registered, *Agaricia agaricites* was the more abundant. The live coral cover was 50.2 % and the species that more contributed to was *Agaricia tenuifolia*. In September 2011 the bleaching event affect the 65% of total colonies. The species more affected were *A. agaricites*, *Eusmilia fastigiata* and *A. tenuifolia*. The disease that harmed more the reef was white plague and the mortality was bigger in 2011. The old mortality was more abundant than the recent but less variable. The cyanobacteria percent were more abundant on September with an average of 50 %, while in 2012 decreased to 5%. For all the above-mentioned it is regarded that the reef possesses a high conservation degree, high species diversity, abundance and cover of live coral, and also reflecting a stable environment.

**Keywords:** coral reefs, stony corals, abundance, coral cover, bleaching, diseases, mortality.

**INDICE:**

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Materiales y métodos.....</b>	<b>17</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>23</b>
<b>5. Discusión.....</b>	<b>38</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>48</b>
<b>7. Recomendaciones.....</b>	<b>49</b>
<b>8. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>50</b>
<b>Anexos.....</b>	

## 1. INTRODUCCION

Los arrecifes de coral son ecosistemas con extraordinaria belleza de las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Los mismos están formados por agrupaciones de celenterados de diferentes especies que crecen sobre sustratos duros y hacia la superficie, forman un esqueleto de carbonato de calcio, el cual persiste en forma de roca al morir la colonia. Por esta gran belleza y diversidad de formas atraen a las personas de diferentes países hacia los mares donde habitan siendo muy importantes para el turismo.

Los arrecifes constituyen el hábitat de diferentes especies, no solo de corales. Estos son los ecosistemas que mantienen la más alta biodiversidad marina en el mundo (Obura y Grimsditch, 2009). En los mismos es fácil encontrar; esponjas, algas, tunicados, equinodermos, anélidos, moluscos, crustáceos, condricteos, peces, entre otros.

Su importancia va más allá de esto; sus esqueletos se usan en la construcción, algunos, como el coral negro se utilizan en artesanía. Desde el punto de vista económico todos los arrecifes explotados del mundo rinden cerca de 375,000 millones usd/año, lo que significa 1319 millones de usd/ km<sup>2</sup>/año ya que el área total mundial estimada es de 284 300 km<sup>2</sup> de arrecife (Costanza *et al.*, 1997). En diferentes ramas del arte como la fotografía y la pintura son fuente de inspiración de los artistas. En la medicina e industria farmacéutica se utilizan en la elaboración de medicamentos para el reforzamiento óseo y como materia prima en la fabricación de implantes (González-Ferrer, 2004).

En los últimos años se ha observado un deterioro progresivo de la estructura y la salud de los arrecifes a nivel mundial (Aronson y Precht, 2001 y Gardner *et al.*, 2003). Los arrecifes cubanos no están exentos de esta situación; se

encuentran expuestos a disturbios antropogénicos, así como a fenómenos naturales (Alcolado *et al.*, 2003). Algunos sitios muestran signos de detrimento avanzado y síntomas de diversas enfermedades (González-Díaz *et al.*, 2003). Esto se atribuye al enriquecimiento orgánico, aumento de la sedimentación, de la frecuencia de fenómenos como los huracanes, de la temperatura del agua a causa del calentamiento global, proliferación de enfermedades, la mortalidad masiva de *Diadema antillarum*, la competencia por algas; o a una interacción sinérgica entre todos estos (Alcolado *et al.*, 2010).

En los últimos años se han realizado algunos estudios sobre los arrecifes en la provincia de Villa Clara. Estos motivados fundamentalmente por el desarrollo turístico de la cayería noreste y la preocupación por las posibles afectaciones a este ecosistema. El centro de Estudios y Servicios Ambientales (CESAM) es la entidad que ha rectorado estos y su accionar comenzó con la evaluación del estado de los arrecifes con posibles afectaciones provocadas por el dragado del canal de las guasas para la construcción del delfinario (Arias *et al.*, 2006). En 2011 Triana-López realizó un estudio del estado de salud y estructura en “El Guanál” el cual es una comunidad coralina somera cercana a Madruguilla y en el 2012 Hernández-Escribano realizó un estudio de reclutamiento en el mismo lugar. Desde hace varios años se vienen realizando monitoreos por parte del CESAM con el fin de evaluar el estado y los posibles daños por el turismo en la cayería norte de la provincia (Arias *et al.*, 2009; Arias *et al.* 2010 y Arias *et al.*, 2011). Específicamente de la zona de estudio las investigaciones son escasas, lo que evidencia la falta de conocimiento acerca de la estructura y salud del arrecife; así como del posible efecto que estén teniendo sobre este, factores antrópicos como las plantas de tratamiento de residuales (PTR) que vierten sus

efluentes en canalizos muy cercanos al lugar, los buceos recreativos, la caza submarina y la construcción de hoteles en la cayería.

Teniendo en cuenta todo lo antes mencionado, se plantearon los siguientes objetivos;

**Objetivo general:**

- Caracterizar la comunidad coralina del arrecife frontal de Punta Madruguilla, cayo Santa María, Villa Clara.

**Objetivos específicos:**

- Caracterizar la estructura de la comunidad coralina.
- Determinar si han ocurrido cambios en la estructura en las etapas de estudio.
- Evaluar los indicadores de salud en la comunidad coralina.

## 2. ANTECEDENTES

### **Definiciones y características principales de los arrecifes coralinos**

Se le llama coral a un grupo de organismos coloniales que secretan exoesqueletos calcáreos rígidos. Dentro del reino animal estos organismos se agrupan dentro del Phylum Cnidaria anteriormente llamado Coelenterata, en este grupo la mayoría de los corales pétreos forman parte de la clase Anthozoa (del griego *antho*: flor y *zoa*: animal), y una menor parte se incluye en la clase Hydrozoa (del griego *hydro*: agua y *zoa*: animal) (Daly *et al.*, 2007).

La aglomeración de los corales en una zona determinada crea los arrecifes; “Un arrecife es una estructura construida por organismos vivientes (...) tan grande que influye considerablemente en las particularidades físicas y con ello también en las ecológicas del ambiente” (Schuhmacher, 1978); mientras que para Alcolado (1988) son “estructuras geológicas sólidas y masivas, de origen biológico y de variadas formas, que cubren la matriz rocosa de algunos fondos tropicales y subtropicales”.

Estos arrecifes constituyen la más diversa de las comunidades marinas (Curtis y Barnes, 2007). Estas formaciones poseen una gran importancia ecológica y proveedora de recursos, por su gran variedad, alta biodiversidad, distintas tramas tróficas y alta producción primaria (Knowlton y Jackson, 2001). Alrededor de los arrecifes de coral se desarrollan gran parte de los eventos importantes de los ciclos de vida de muchos vegetales, invertebrados y vertebrados marinos. Los aportes de estos ecosistemas coralinos para la vida serían muy difíciles de acaparar en un solo estudio así que solo se mencionarán.

La actividad fotosintética del arrecife es llevada a cabo casi enteramente por dinoflagelados simbióticos y algas verdes que viven dentro de los tejidos de los corales; en efecto, hasta la mitad de la sustancia viva de un arrecife de coral puede consistir en algas verdes (Curtis y Barnes, *op. cit.*). A este ecosistema llegan el oxígeno, el carbono y los minerales disueltos a través de las corrientes oceánicas las cuales también influyen en la temperatura.

Los corales se agrupan en dos categorías según su capacidad para formar o no arrecifes. Se conocen como hermatípicos los que constituyen las estructuras arrecifales, mientras que los que no suelen hacerlo se nombran ahermatípicos. Los corales hermatípicos son zooxantelados, lo que explica que la distribución geográfica de los arrecifes coralinos haya estado determinada por los requerimientos fisiológicos de los pólipos de coral y sus simbioses (González-Ferrer, 2004). Para el óptimo desarrollo de los mismos deben darse determinadas condiciones; la temperatura del agua debe oscilar entre los 20 y 28° C (Espinosa *et al.*, 2006), las aguas deben ser transparentes, con recambio constante y bajas en nutrientes y sedimentos (Fabricius *et al.*, 2005).

Charles Darwin en su libro “La estructura y división de los arrecifes de coral” en 1842 dividió a los arrecifes coralinos en tres tipos básicos; de franja, de barrera y atolones. Posteriormente se añadió otro tipo de formación arrecifal, conocido como banco o plataforma. Los tres primeros tipos de arrecifes normalmente crecen en dirección hacia las aguas oceánicas, lo cual está relacionado con una mejor disponibilidad de alimento y oxígeno para los pólipos, mientras que los de banco pueden crecer en varias direcciones.

Arrecifes de franja; también conocidos como litorales, de borde o, más comúnmente, costeros; son aquéllos cuyo crecimiento geológico fue cubriendo

e incrementando la plataforma costera aledaña a islas y continentes (González-Ferrer, *op. cit.*). Estos son los más abundantes a nivel mundial, muchas veces se han desarrollado tan cerca de la costa y de la superficie que se han unido a tierra, otras veces pueden tener una laguna entre la tierra firme y estos. En Cuba son los arrecifes predominantes encontrándose en la costa norte de forma casi permanente desde Pinar del Rio hasta Punta de Maisí mientras que en la costa sur también son frecuentes (González-Ferrer, *op. cit.*).

Arrecifes de barrera: Son extensos arrecifes en forma de muros, que generalmente se localizan paralelos a las costas y separados varios kilómetros de éstas por una laguna, cuya profundidad máxima suele ser superior a los 20 m (González-Ferrer, *op. cit.*). Las barreras coralinas no son siempre continuas, sino que forman series más o menos interrumpidas de murallas aproximadamente paralelas (Smith, 1948). En Cuba ha existido gran polémica con respecto a la presencia o no de este tipo de arrecife, por lo que se propone estudiar más profundamente La barrera coralina de Los Colorados y La gran barrera de Jardines de La Reina ya que reúnen suficientes características para ser consideradas de las barreras coralinas del Atlántico (González-Ferrer, *op. cit.*).

Atolones: Son formaciones coralinas que constituyen una barrera en forma aproximadamente circular, sobre la que suelen presentarse innumerables islas emergidas. Poseen una amplia laguna interior cuya profundidad oscila generalmente entre los 20 y 50 m, y se halla comunicada con las aguas circundantes a través de canales o brechas que atraviesan el arrecife (González-Ferrer, *op. cit.*). Estos son típicos de aguas oceánicas por lo que normalmente se encuentran alejados de los continentes. En Cuba no existen

atolones, siendo el Hogsty reef el más próximo a nuestras costas y está a 150 km de la costa de Holguín.

Arrecifes de banco o de plataforma: Éstos constituyen formas coralinas masivas, generalmente con aspecto de muros o montículos. Pueden elevarse desde fondos profundos oceánicos o sobre las plataformas de continentes e islas, como parte de otros arrecifes o sin relación con ellos (González-Ferrer, *op. cit.*). Sus dimensiones pueden ser variadas y normalmente crecen en todas direcciones. En Cuba están representados por el Banco Pizarro en el interior del Golfo de Guanahacabibes; el Banco de Jagua y el Banco Levisa, entre otros.

### **Estado de Conservación y afectaciones principales de los arrecifes coralinos**

A nivel mundial los arrecifes se están degradando aceleradamente; Hughes *et al.*, 2003 plantearon que el 30% se encontraban gravemente dañados y que para el 2030 puede que se pierda cerca del 60%. Obura y Grimsditch (2009) reportaron que el 70% están amenazados o destruidos y el 20% de esos se encuentra dañado sin posibilidad de recuperarse.

Sólo en el Caribe muchos arrecifes han perdido cerca del 80% de sus especies y en estos momentos, el cambio climático es conocido como una de sus grandes amenazas, causando afectaciones como el blanqueamiento. El mismo, provoca un daño sustancial a escala global (16% de los arrecifes sufrían este daño en 1998), con algunas áreas que perdieron entre el 50-90% de su cobertura de coral (Wilkinson, 2008). Para la región, el porcentaje de cobertura coralina ha disminuido de forma notable aproximadamente al 20%, en comparación con la década de 1960 (Gardner *et al.*, 2003; Bellwood *et al.*,

2004; Alcolado *et al.*, 2010). Las causas se le han atribuido a la acción sinérgica de fenómenos antrópicos y naturales como el sobrecalentamiento de las aguas, las actividades humanas como los derrames de petróleo, el vertimiento de sustancias químicas, la eutrofización que ha provocado un consecuente predominio de macroalgas dado también a la disminución de las poblaciones de *Diadema antillarum* desde la década de los 80 (Lapointe *et al.*, 1997; Lessios, 2005; Alcolado *et al.*, 2010). Se considera que todos estos factores constituyen fuentes de estrés que comprometen al sistema inmune del coral y que por tanto conllevan a la disminución de su resistencia ante las enfermedades (Evans, 2001; Maina *et al.*, 2011).

En Cuba más de la tercera parte de los arrecifes están amenazados, y por encima del 35% de estos son considerados de alto riesgo, la principal causa de esta afectación se debe a la sobrepesca en un 65% del daño (Burke y Maidens, 2004). Para esta isla los promedios de cobertura de corales pétreos del 2003 al 2009 fueron de 17,6% para crestas y 13,4% para arrecifes frontales (Alcolado *et al.*, 2009). La tasa de disminución anual promedio del cubrimiento vivo del fondo por corales pétreos para las crestas fue de 1,78%/año y para los arrecifes frontales de 1,75%/año; siendo estas muy parecidas, y con un promedio conjunto de 1,76%/año. El cual es algo inferior al estimado por otros autores para el Gran Caribe (2,5% a 2,7% anual) (Alcolado *et al.*, 2009.).

Las enfermedades también afectan de forma notable a los corales y, según su origen, se clasifican en tres grupos: las genéticas, que provocan cambios morfológicos con patrones de crecimiento anormal como pueden ser, tumores y neoplasma; las enfermedades infecciosas, provocadas por microbios, patógenos o por combinación de estos, las cuales se pueden manifestar como

necrosis y se dispersan o se transmiten progresivamente (Harvell *et al.*, 2007).

De estas las más comunes son banda negra, banda blanca, los puntos negros, la banda amarilla y la viruela blanca (González-Ontivero, 2006).

En el tercer grupo está el blanqueamiento; este es un proceso en el cual se afecta la relación simbiótica entre los pólipos y las zooxantelas y que causa la expulsión de estas del coral, y por tanto, la pérdida de los pigmentos fotosintéticos pudiendo causar la muerte parcial o total del mismo en caso de perdurar (Eakin *et al.*, 2010; Wooldridge, 2012). Este fenómeno normalmente ocurre por aumento de la temperatura del agua pero también se puede dar por presencia de agua dulce en el arrecife, contaminación, enfermedades y por disminución de la temperatura (Grimsditch y Salm, 2006).

Otras afectaciones son causadas por la pesca de arrastre, que aún se emplea en algunas regiones del Mar Caribe, esta afecta directamente a los corales causando daño mecánico, además de ocasionar pérdida de herbívoros y organismos asociados induciendo al desequilibrio ecológico (Valentine y Heck, 2005). El principal problema causado por este desequilibrio es el cambio de dominancia en los arrecifes, en los cuales han disminuido los corales y han aumentado las macroalgas (Rogers y Miller, 2006; Precht y Miller, 2007). Esto comenzó en los 80 debido a la mortalidad masiva de *D. antillarum* que era el principal herbívoro de los arrecifes, lo cual permitió una explosión en el desarrollo de las algas que al carecer de controlador directo, se multiplicaron aumentando sus poblaciones (Hughes, 1994).

El cambio climático global ha incrementado la abundancia y dispersión de los patógenos. Entre las posibles fuentes de inserción de nuevos patógenos al medio marino están: vía aerosol los polvos de África, las descargas albañales,

los escurrimientos, las descargas de los barcos y la introducción de especies exóticas (Bruckner, 2002), además del aumento constante de sedimentos en los arrecifes el cual es causado por algunas de las fuentes mencionadas y no solo por estas. La acumulación de sedimentos afecta a los corales ya que aumenta la turbidez en el agua y disminuye el paso de la luz afectando la fotosíntesis de las zooxantelas, esto disminuye la obtención de energía para los corales, así como su crecimiento y reproducción (Spalding *et al.*, 2001).

### **Indicadores de salud de los arrecifes coralinos**

El efecto de estrés conjunto causado por las principales fuentes naturales y antrópicas antes mencionadas hacen que los arrecifes se vean afectados a nivel mundial y que su capacidad regenerativa sea prácticamente nula (Bellwood *et al.*, *op. cit.*). Las investigaciones ya mencionadas muestran cómo impactos de diferente origen y magnitud provocan estrés en los corales, y afectan la estructura de sus comunidades al causar alteraciones en los procesos de crecimiento, calcificación y reproducción (Jiménez y Cortés, 2003; citado por Martínez-Rodríguez, 2009), de ahí que estos procesos y otros, no mencionados, sean usados como indicadores ecológicos. Los indicadores ecológicos cuantifican la magnitud y el grado de exposición al estrés o el grado de respuesta ecológica a la exposición (McField y Kramer, 2007).

La mayoría de los indicadores usados en la actualidad para determinar salud en un arrecife solo miden la condición de la estructura biológica existente, o las condiciones ambientales circundantes, sin embargo son escasos los estudios que se centren en procesos ecológicos como pueden ser el reclutamiento o la herbivoría, los cuales establezcan nexos causales más específicos (McField y Kramer, *op. cit.*). Entre los indicadores ecológicos de uso más frecuente se

encuentran; el porcentaje de cubrimiento por corales, esponjas, algas y material no-vivo; diversidad de especies o géneros y densidad de corales, gorgonias y esponjas; así como, la composición por tallas, reclutamiento, tipos de enfermedades, blanqueamiento y magnitud de las afectaciones por las mismas (Hill y Wilkinson, 2004).

La cobertura es un indicador de recuperación porque el espacio para el asentamiento es crucial para los corales (Pearson, 1981). Un incremento en uno de estos atributos o en varios generalmente indica un avance hacia la recuperación demográfica (Grober–Dunsmore *et al.*, 2007).

La diversidad y composición de especies indica cuales de estas son las predominantes en cada zona. Estas muchas veces son usadas como indicadores de salud, de contaminación orgánica o de sedimentación, ya sea porque son resistentes a las mismas, a la contaminación, al enriquecimiento orgánico o al contrario, que sean características de arrecifes saludables (Martínez–Rodríguez, *op. cit.*).

El estudio de composición por tallas y densidad de los corales son indicadores potenciales de reproducción y eventos de mortalidad, y un índice poblacional adecuado para la interpretación del ambiente (Chiappone y Sullivan, 1994). En este sentido las tallas de las colonias pueden aportar información del grado de sedimentación, pues el gasto de energía para producir mucus, retrasa la velocidad de crecimiento (Alcolado, 1999).

Al considerar a las enfermedades y al blanqueamiento como uno de los impactos más significativos que padecen los corales, es válido e importante, cuantificar la incidencia de estos procesos (Coles y Brown, 2003). Para ello se toma en cuenta la proporción de colonias enfermas en cada población, la

proporción de superficie afectada en cada colonia debido a la enfermedad, así como su seguimiento en el tiempo (Harvell *et al.*, 2007).

En Cuba y en el Caribe se han realizado determinados estudios que reflejan pérdidas de diversidad de corales en arrecifes específicos, aumento de enfermedades y blanqueamiento (De la Guardia, 2000; Bruno *et al.*, 2009). Mientras que en la provincia Villa Clara se realizan monitoreos anuales del estado de salud de los arrecifes de coral y se analiza su posible relación con actividades antrópicas y el cambio climático (Arias *et al.*, 2011).

### **Métodos de estudio de los arrecifes coralinos**

Para la determinación de la cobertura es necesario en ocasiones cambiar la metodología en dependencia de las condiciones de la zona que se desea muestrear, del presupuesto con el que se cuenta para la investigación y de la preparación del investigador, entre otras. Existen diversos métodos que se adaptan a cada situación; El Transecto de Intercepción Lineal, (LIT) por sus siglas en inglés, se puede utilizar solo, o en combinación con otros, como las cuadratas, además es recomendado para determinar la talla de las colonias en diferentes direcciones de monitoreo. (Hill y Wilkinson, 2004).

Para su realización se requiere de una cinta métrica o una cuerda marcada. Se debe estirar el transecto lo más cerca del fondo posible y generalmente paralelo a la línea de costa, en caso de ser camellones debe estirarse paralelo a los mismos para evitar los espacios entre estos, luego se debe recorrer el transecto anotando las especies bentónicas que se encuentran debajo, pero solo la dimensión que posean debajo de la cinta, sin importar la talla de la colonia completa. (Hill y Wilkinson, 2004).

Otro método de determinación de cobertura que se emplea frecuentemente por la simplicidad de su realización es, el Transecto de Intersección por Puntos (PIT) por sus siglas en inglés. Para la realización de este es necesario que un buzo recorra el transecto, correctamente colocado, al igual que el LIT, anotando las especies bentónicas que están bajo el mismo pero en puntos específicos a intervalos, de acuerdo a los objetivos del estudio. De estos métodos se puede obtener información como el porcentaje de cobertura de las comunidades bentónicas, el volumen de las mismas, etc. Estos también brindan un nivel de detalle cuantitativo sin afectar a las comunidades bentónicas.

El video transecto es otro de los métodos a utilizar a la hora de monitorear comunidades bentónicas. En el mismo se debe tomar una cámara de video, que se usa para grabar el transecto y luego en el laboratorio se analiza utilizando técnicas de muestreo en los puntos. La información que se obtiene es el porcentaje de cobertura y un registro visual del sitio. Para su realización se requieren 2 buzos experimentados que coloquen la cinta y sean capaces de grabar con calidad cumpliendo con las expectativas (Hill y Wilkinson, 2004).

Uno de los métodos más usados por la mayoría de los investigadores es el cuadrante (parcelas de forma cuadrada) (Lindeman *et al.*, 2001; Jokiel *et al.*, 2005). El método consiste en colocar los cuadrantes en el fondo, al azar o no, (siempre separadas entre sí) y observar cuidadosamente identificando y anotando las especies, estimando porcentos de cobertura, estado, etc. Las dimensiones más utilizadas, en el caso de los estudios de corales, son de  $1\text{m}^2$  para las colonias adultas (1 m de lado) y de  $625\text{cm}^2$  (25 cm de lado) en el caso de los estudios de reclutamiento (Hill y Wilkinson, 2004). Este método también

se utiliza para estudiar otras especies de invertebrados bentónicos que no son sésiles.

Los cuadrantes se pueden combinar con el uso de cámaras fotográficas (Fotografía Permanente). Este procedimiento consiste en “fotografiar las cuadratas una vez colocadas para luego analizar las imágenes en el laboratorio. Este método es muy utilizado para determinar cambios temporales en comunidades bentónicas poco profundas. Constituyen un complemento del Transecto de Intersección Lineal y son apropiados para responder preguntas a pequeña escala y seguir el destino de colonias individuales (Hill y Wilkinson, 2004; Kohler y Gill, 2006).

Para la realización del mismo se requiere: cuadratas permanentes de cualquier material sumergible y con flotabilidad neutra o negativa, habitualmente de acero inoxidable, divididas en pequeños cuadrados por cuerdas. El personal debe estar integrado por un buzo con experiencia en la fotografía y otro con experiencia en comunidades bentónicas.

De todos los mencionados, Hill y Wilkinson (2004) recomiendan el conteo de colonias individuales con marco de 1m cuadrado, el transecto lineal, la fotografía y el video transecto como los métodos que brindan la información más real. Además de estos existen otros métodos de estudio de comunidades bentónicas; la observación general de la salud de los corales, el transecto de intersección en cadena, las observaciones generales de blanqueamiento, el etiquetado de colonias de coral, los sustratos artificiales y las cuadratas de conteo de reclutas entre otros.

### **Estudios de arrecifes coralinos en Cuba y Villa Clara.**

A lo largo de la historia los científicos se han interesado por los corales. El primer hombre en estudiarlos en la isla fue Antonio Parra Callado. Este soldado español pero de origen portugués escribió "Descripción de diferentes piezas de Historia Natural, las más del Ramo Marítimo", editada en La Habana en 1787. Casi un siglo después, en el año 1877, Rafael Arango y Molina, celebre malacólogo cubano, publica "Radiados de la Isla de Cuba", que constituye la primera obra referente a taxonomía de corales cubanos. (González-Ferrer, 2004).

En el 1949 el Lic. Pedro P. Duarte Bello defiende en la Universidad de la Habana su Tesis de Doctorado "Contribución al estudio de los madreporarios en Cuba" donde presenta 44 especies de corales cubanos y aborda temas como fisiología, ecología, reproducción y distribución. Luego en 1961 se publica el libro "Corales de los arrecifes cubanos", primera obra de corte popular sobre el tema en el país y escrita por Duarte Bello.

Posterior a los trabajos de Duarte y de acuerdo con las referencias de Zlatarski (1982) y Martínez-Estalella (1987), entre 1965-1975 se realizaron algunas divulgaciones donde destacan; Zenkovich, Bogdanov, Ionin y Pavlidis, los checoslovacos Senes, Balon, Kukal, Naprstek, Iván y los alemanes democráticos Gruner, Wagner, Richter, Kramer y Kaden (González-Ferrer, *op. cit.*). A partir de los 80 aumentan en Cuba los estudios sobre corales gracias a la innovación tecnológica del buceo autónomo, publicándose el libro "Los escleractínios de Cuba" por Zlatarski y Martínez- Estalella (1982).

En la última década los estudios son cada vez más frecuentes pero predominan hacia la región occidental y noroccidental del país, esto se debe

principalmente a la mayor cantidad de centros de investigación, a la mayor disponibilidad de recursos, mayoría de especialistas del tema, entre otras. (Arias, *com. pers.*). De estos trabajos algunos de los relacionados con estructura y salud de los arrecifes son: De la Guardia (2000), Valdivia y De la Guardia (2004), González-Ontivero *et al.* (2007). Hacia el sur de Matanzas se han realizado otros trabajos; Caballero *et al.* (2004), así como en Cienfuegos; De la Guardia (2006), entre otros.

En Villa Clara los estudios se han realizado sobre todo en la cayería norte donde predominan las investigaciones en arrecifes y comunidades someras. En El Guanabaco Triana-López (2011) y Hernández-Escribano (2012) realizaron estudios de estructura, salud y reclutamiento respectivamente. Mientras que en Cayo Las Brujas Olivárez-Yáñez (2012) realizó un estudio similar al presente pero en aguas someras. El resto de estudios forman parte de servicios estatales de monitoreo realizados por el CESAM.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### Zona de muestreo:

El arrecife estudiado se encuentra aproximadamente a 500 m al Norte de Punta Madruguilla, cayo Santa María, Villa Clara (Fig. 2).

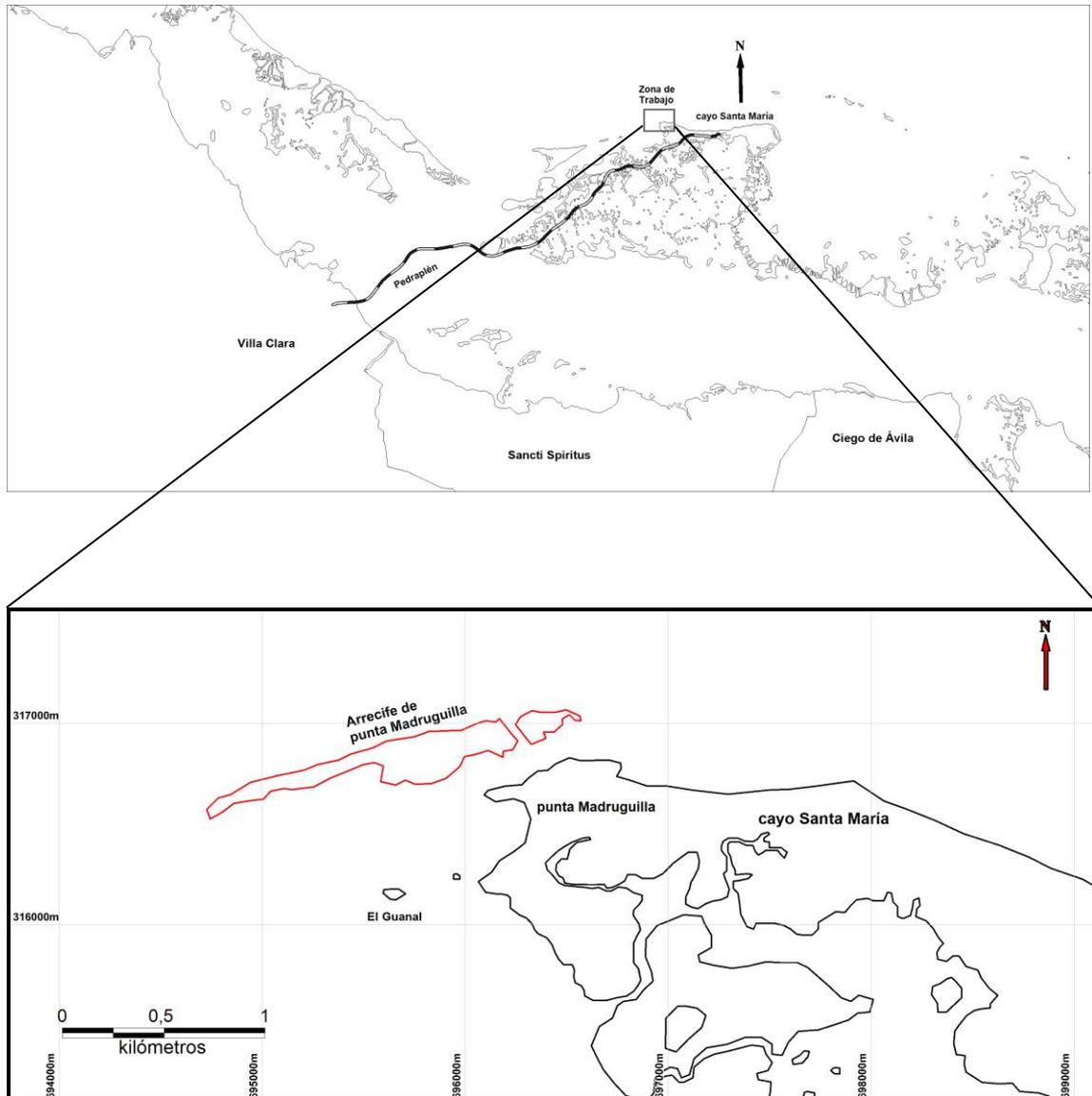
Esta zona puede ser clasificada como un arrecife frontal en el que predomina el biotopo de camellones y cangilones (Fig. 1). Este se caracteriza por un sustrato rocoso con ondulaciones del relieve promovidas por el crecimiento vertical de estructuras coralinas alargadas, que se alternan con surcos perpendiculares a la línea de costa en los que se depositan los sedimentos resultantes de los procesos erosivos (González-Ferrer, 2004).



**Figura 1.** Biotopo de camellones y cangilones del área de muestreo.

La profundidad del sitio oscila entre 15 y 19 m aproximadamente. Las comunidades coralinas están bien desarrolladas, siendo uno de los arrecifes de

mayor cobertura en la provincia. También resultan muy abundantes los gorgonáceos, las esponjas y el turf. Las macroalgas foliosas no están muy bien representadas (Arias *et al.*, 2011 y Arias *et al.*, 2012).



**Figura 2:** Ubicación geográfica de la zona de muestreo en Punta Madruguilla, cayo Santa María, provincia Villa Clara. Proyección cónica conformal de Lambert (Cuba Norte).

El mismo se puede ver afectado por las tormentas tropicales y ciclones frecuentes en la región. Se encuentra sometido al efecto mecánico del oleaje durante la época de invierno producto de la entrada de los frentes fríos; que,

además aumentan, notablemente las tasas de suspensión y de sedimentación de arena (Arias *et al.*, 2006).

Este arrecife ha estado sometido a numerosas presiones antrópicas. Durante los años de construcción del pedraplén a cayo Santa María y de los primeros hoteles. Este fue uno de los lugares preferidos para la caza submarina; actividad que se ha reducido mucho en los últimos dos años. También se ha visto afectado por el enriquecimiento de nutrientes, al encontrarse cercano a la canal de La U, sitio donde se vierten los efluentes de la planta de tratamiento de residuales (PTR) "Santa María". Esto se ha evidenciado en afloramientos casi permanentes de cianobacterias (Arias *et al.*, 2011).

#### **Método de muestreo:**

Se realizaron un total de 3 muestreos, los mismos se efectuaron en los meses de mayo y septiembre de 2011 y mayo de 2012 mediante el buceo autónomo. En el caso del muestreo de septiembre se seleccionó con el fin de observar el posible efecto del blanqueamiento sobre los corales; este evento ocurre con más intensidad en esta época del año. En cada muestreo se identificaron todas las colonias de corales pétreos incluidas dentro de 20 marcos cuadrados de 1 m de lado, ubicados cada 2 metros en 4 transectos al azar (Hill y Wilkinson, 2004). Para completar la lista de especies se realizaron buceos adicionales en el área.

Los escleractínios se clasificaron de acuerdo a los criterios de Zlatarski y Martínez-Estalella (1982) con las adecuaciones de Budd *et al.* (2012) y Locke, Weil y Coates (2007) en el caso de los pertenecientes al género *Madracis*. Los hidrocorales fueron identificados según Zlatarski y Martínez-Estalella (*op. cit.*) actualizados por Castellanos-Iglesias (2007).

Para evaluar la estructura y salud de la comunidad se tomaron los siguientes datos a cada colonia: diámetro plano máximo (medido al centímetro más cercano), en el caso de *Millepora alcicornis* se les analizó la altura mayor por presentar un crecimiento estolonar; porcentaje de superficie con mortalidad parcial antigua y reciente (Lang, 2003); porcentaje de superficie blanqueada (incluye pálidas y/o blancas) y se anotó si presentaban signos de alguna enfermedad.

Las enfermedades se clasificaron según los criterios de Bruckner y Bruckner (1998) en: plaga blanca (WP), banda negra (BBD), manchas negras (DS) y cubrimiento por esponjas (SP), el cual no es considerado una enfermedad pero también afecta a las colonias.

La mortalidad antigua se define como cualquier área muerta en la que la estructura de los cálices ya no era visible y la mortalidad reciente como el esqueleto expuesto en el cual la estructura de los cálices aún era visible.

El blanqueamiento se define como el esqueleto blanco brillante pero donde se puedan observar los pólipos traslúcidos. Puede ser, de acuerdo a la severidad de la decoloración del tejido; pálido (decoloración del tejido del coral) y blanqueado, o blanco, (el tejido es totalmente traslúcido y el esqueleto blanco es visible) (González-Ontivero, 2006). Las mediciones se llevaron a cabo con una cinta métrica graduada en cm y el porcentaje de afectación en cada colonia se estimó visualmente.

#### **Procesamiento de datos:**

Las variables para el análisis fueron obtenidas a partir de las variables de campo. En el caso de la estructura del taxoceno estas fueron: riqueza de especies, porcentaje de cobertura coralina, abundancia de adultos, abundancia

de reclutas, abundancia de especies, densidad de colonias por m<sup>2</sup>, densidad de reclutas por m<sup>2</sup>, densidad de adultos por m<sup>2</sup>.

Las variables a comparar indicadoras del estado de salud de la comunidad coralina son: porcentaje de colonias con Mortalidad Parcial (MP), porcentaje de colonias con Mortalidad Antigua (MA), porcentaje de colonias con Mortalidad Reciente (MR), porcentaje de superficie con MP, porcentaje de superficie con MA, porcentaje de superficie con MR, porcentaje de colonias afectadas por el blanqueamiento, porcentaje de colonias pálidas, porcentaje de colonias blanqueadas y número de colonias enfermas. Se eligieron como reclutas y juveniles aquellas colonias menores de 4 cm y como adultos las colonias mayores de 4 cm, excepto para *Siderastrea radians*. Esta especie por su biología reproductiva alcanza su adultez a los 3 cm (Chiappone y Sullivan, 1996), por lo que se seleccionaron como juveniles y reclutas las colonias menores de 3 cm y como adultos las colonias mayores de 3 cm.

Las variables % de colonias con blanqueamiento, % de colonias blancas, % de colonias pálidas, % de colonias con cianobacterias y % de colonias con mortalidad reciente se compararon utilizando un ANOVA de Kruskal-Wallis (Siegel y Castellan, 1988) ya que no cumplieron con las premisas necesarias para los análisis paramétricos (Anexo I). El resto se comparó utilizando un ANOVA de clasificación simple. Estos análisis se cotejaron con gráficos de intervalo de confianza (Johnson, 1999). Los cálculos se realizaron empleando el programa STATISTICA 8.0 soportado en Windows 7.

Para comparar la estructura del taxoceno entre muestreos se calculó el índice de similitud de Bray-Curtis (Clarke y Warwick, 2001), a saber:

$$S_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

Donde:

S<sub>jk</sub>: Índice de similitud de Bray-Curtis. Similitud entre los cuadrantes j y k.

y<sub>ij</sub>: Abundancia de la iésima especie en el cuadrante j.

y<sub>ik</sub>: Abundancia de la iésima especie en el cuadrante k.

p: Total de especies

Y se realizaron curvas de rango-abundancia para explicar la dominancia. Sa similitud fue calculada utilizando el programa PRIMER versión 5.0 y las curvas mediante STATISTICA 8.0.

#### 4. RESULTADOS

##### Estructura de la comunidad coralina del arrecife frontal de Punta Madruguilla.

Se analizaron 875 colonias pertenecientes a 27 especies de corales hermatípicos, agrupados en 17 géneros, 11 familias y 2 órdenes; pertenecientes las dos clases de *Phylum Cnidaria* con especies formadoras de arrecife. Un orden forma parte de la clase Hydrozoa y el otro de Anthozoa (Anexo II).

**Tabla I:** Lista de las especies principales de la zona de estudio y sus porcentos de abundancia.

<b>Especies registradas</b>	<b># Colonias</b>	<b>%</b>	<b>% acumulado</b>
<i>Agaricia agaricites</i>	204	23.31	23.31
<i>Porites astreoides</i>	166	18.97	42.29
<i>Siderastrea siderea</i>	109	12.46	54.74
<i>Montastraea cavernosa</i>	97	11.09	65.83
<i>Agaricia tenuifolia</i>	65	7.43	73.26
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	46	5.26	78.51
<i>Orbicella faveolata</i>	36	4.11	82.63
<i>Eusmilia fastigiata</i>	28	3.20	85.83
<i>Leptoseris cucullata</i>	28	3.20	89.03
<i>Porites porites</i>	16	1.83	90.86

Entre las más abundantes estuvieron *Agaricia agaricites*, con el 23,31% del total de colonias; *Porites astreoides*, 18,97%; *Siderastrea siderea*, 12,46%; *Montastraea cavernosa*, 11,09% y *Agaricia tenuifolia* con 7,43% (Tabla I). Estas cinco especies acumulan más del 73% del total de colonias registradas. Otras ocho especies no se encontraron dentro de los cuadrantes, pero sí se observaron en el lugar; éstas son: *Stylaster roseus*, *Agaricia lamarcki*, *Solenastrea hyades*, *Musa angulosa*, *Favia fragum*, *Manicina areolata*, *Madracis formosa* y *Mycetophyllia ferox* (Anexo II).

La cobertura de coral vivo tuvo un valor promedio de 50,2%, osciló entre 2,5% y 100% en los tres muestreos realizados. La especie que más aportó fue *Agaricia tenuifolia*; la cual, con sólo 65 colonias, es responsable del 21,4% (Tabla II). A esta le siguieron otras cinco que acumularon en conjunto el 60,2%. Entre estas estuvieron *Montastraea cavernosa* con el 20,81%, *Orbicella faveolata* con 12,51%, *Porites astreoides* con 12,25%.

**Tabla II:** Lista de especies que más aportaron a la cobertura y por ciento de aporte.

<b>Especie</b>	<b>n</b>	<b>Cobertura</b>	<b>% de aporte a la cobertura</b>
<i>Agaricia tenuifolia</i>	65	659,267	21,41
<i>Montastraea cavernosa</i>	97	640,997	20,81
<i>Orbicella faveolata</i>	36	385,366	12,51
<i>Porites astreoides</i>	166	377,274	12,25
<i>Agaricia agaricites</i>	204	273,384	8,88
<i>Siderastrea siderea</i>	109	177,149	5,75
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	46	129,712	4,21
<i>Orbicella franksi</i>	16	109,819	3,57
<i>Colpophyllia natans</i>	4	104,590	3,40
<i>Porites porites</i>	16	74,870	2,43
<i>Eusmilia fastigiata</i>	28	30,212	0,98
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	6	26,532	0,86
<i>Pseudodiploria strigosa</i>	3	24,516	0,80
<i>Leptoseris cucullata</i>	28	14,017	0,46
<i>Orbicella annularis</i>	3	11,495	0,37
<i>Porites furcata</i>	9	9,277	0,30
<i>Porites divaricata</i>	3	8,129	0,26
<i>Meandrina meandrites</i>	6	6,606	0,21
<i>Madracis auretenra</i>	4	4,076	0,13
<i>Madracis decactis</i>	6	3,848	0,12
<i>Acropora cervicornis</i>	1	2,835	0,09
<i>Agaricia fragilis</i>	5	2,113	0,07
<i>Millepora alcicornis</i>	9	1,217	0,04
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	2	1,021	0,03
<i>Isophyllia rigida</i>	1	0,785	0,03
<i>Siderastrea radians</i>	1	0,283	0,01
<i>Agaricia humilis</i>	1	0,196	0,01
<b>Total</b>	<b>875</b>	<b>3079,586</b>	<b>100,00</b>

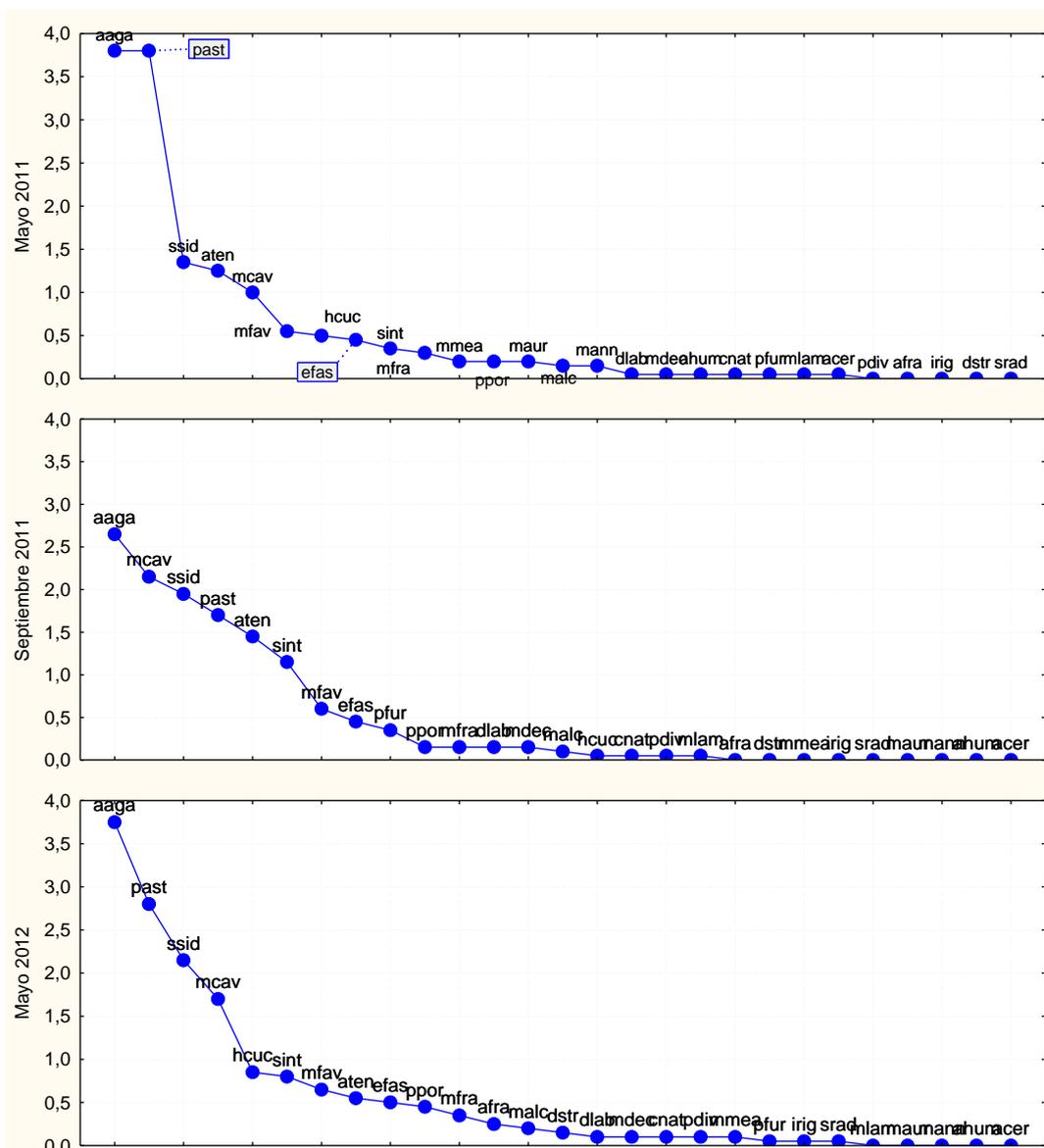
Otras especies contribuyeron menos a la cobertura; *A. agaricites*, con 204 colonias, sólo aportó el 8,88% y *S. siderea*, con más de 100 colonias, el 5,75%. El resto de las especies posee valores de cobertura inferiores al 5%. Las que menos tributaron a la cobertura del arrecife fueron *Siderastrea radians* y *Agaricia humilis* con 0,01%; y *Millepora alcicornis* que sólo aportó 0,03%, con nueve colonias.

La abundancia general de corales promedió 14,58 colonias/m<sup>2</sup>, oscilando entre siete y 25 colonias/m<sup>2</sup>. Los adultos fueron más abundantes que los reclutas con 12,75 colonias/m<sup>2</sup> y rangos de entre cuatro y 22 colonias/m<sup>2</sup> (Tabla III). La densidad de reclutas fue de 1,8 colonias/m<sup>2</sup>, con valores que oscilan entre cero y seis colonias/m<sup>2</sup>.

**Tabla III:** Abundancia promedio de corales en arrecife frontal de Punta Madruguilla.

	<b>Colonias/m<sup>2</sup></b>	<b>Mínimo/m<sup>2</sup></b>	<b>Máximo/m<sup>2</sup></b>
<b>Reclutas</b>	1.8333	0	6
<b>Adultos</b>	12.75	4	22
<b>Total</b>	14.58333	7	25
<b>% Cobertura</b>	50.16481	2.501650	100

Durante los tres muestreos se observaron ligeras oscilaciones en la abundancia de algunas especies, predominando siempre *A. agaricites*. A esta le suceden otras cuatro; *P. astreoides*, *M. cavernosa*, *S. siderea* y *A. tenuifolia*, las cuales intercambian sus posiciones en cuanto a abundancia en los tres muestreos. Para el primer muestreo *A. agaricites* y *P. astreoides* aportaron el mismo valor, 3,9 colonias/m<sup>2</sup> cada una; le siguieron *S. siderea*, *A. tenuifolia* y *M. cavernosa* pero con menos de 1,5 colonias/m<sup>2</sup> en los tres casos (Fig. 3).



**Figura 3:** Curva de rango-abundancia de las especies en “Punta Madruguilla”. aaga (*Agaricia agaricites*); past (*Porites astreoides*); ssid (*Siderastrea siderea*); mcav (*Montastraea cavernosa*); hcuc (*Leptoseris cucullata*); sint (*Stephanocoenia intersepta*); ofav (*Orbicella faveolata*); aten (*Agaricia tenuifolia*); efas (*Eusmilia fastigiata*); ppor (*Porites porites*); ofra (*Orbicella franksi*); afra (*Agaricia fragilis*); malc (*Millepora alcicornis*); dstr (*Diploria strigosa*); dlab (*Diploria labyrinthiformis*); mdec (*Madracis decactis*); cnat (*Colpophyllia natans*); pdiv (*Porites divaricata*); mmea (*Meandrina meandrites*); pfur (*Porites furcata*); irig (*Isophyllia rigida*); srad (*Siderastrea radians*); mlam (*Micetophyllia lamarckiana*); maur (*Madracis auretenra*).

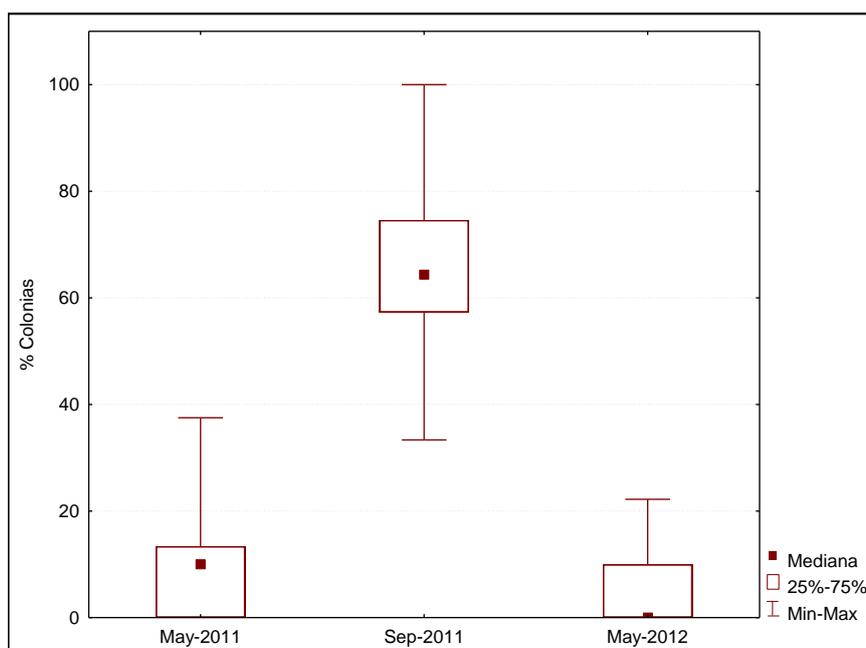
En septiembre de 2011 la especie más abundante volvió a ser *A. agaricites* pero con un valor inferior; 2,7 colonias/m<sup>2</sup>, seguida por *M. cavernosa* y *S. siderea* con 2,3 y 2,0 colonias/m<sup>2</sup>, respectivamente. *P. astreoides* y *A. tenuifolia* tuvieron valores de 1,7 y 1,5 colonias/m<sup>2</sup>. En el tercer muestreo la abundancia

de *A. agaricites* volvió a aumentar, 3,8 colonias/m<sup>2</sup>. Le siguen *P. astreoides*, *S. siderea* y *M. cavernosa* las cuales poseen valores de 2,8; 2,2 y 1,7 colonias/m<sup>2</sup> respectivamente.

### Salud de la comunidad coralina del arrecife frontal de Punta Madruguilla:

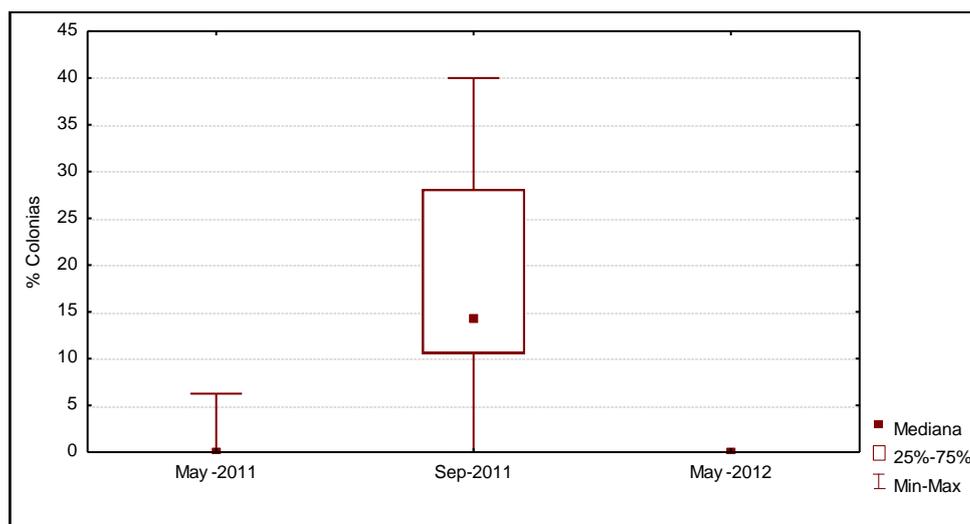
#### Blanqueamiento:

El mes en que se registraron los valores más altos de blanqueamiento fue septiembre de 2011 ( $H(2, N=60)=41,19166$   $p=,0000$ ) con un valor de la mediana de 65% de las colonias afectadas por dicho evento, los límites mínimos y máximos de colonias afectadas encontrados fueron de entre 35 y 100%. En los muestreos de mayo de 2011 y 2012 el blanqueamiento nunca sobrepasó el 40% de colonias afectadas. En mayo de 2011 la mediana de colonias con afectación fue de 10%, oscilando en límites entre 0% y 39% de las colonias, mientras que en mayo de 2012 fue aun inferior; la mediana de 0%, con límites desde 0 hasta 21% del total de colonias afectadas (Fig.4).



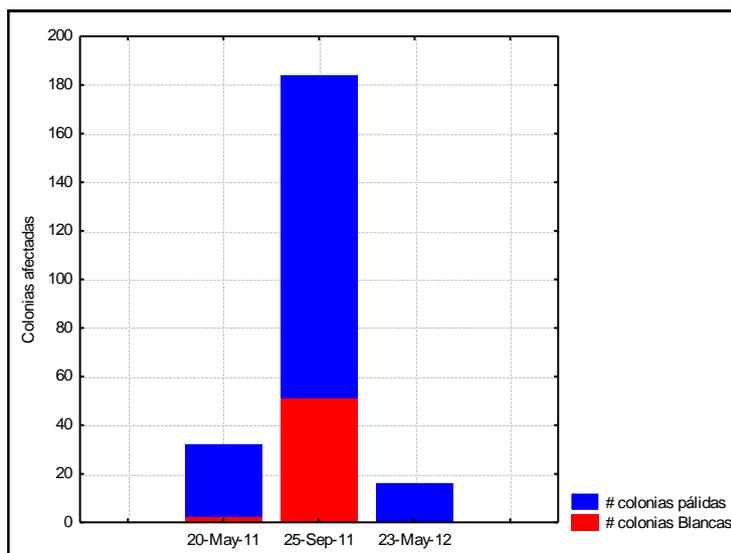
**Figura 4:** Variaciones temporales en el porcentaje de colonias afectadas por blanqueamiento en arrecife frontal de "Punta Madruguilla".

Al analizarse las colonias por separado, en cuanto a la intensidad del blanqueamiento (en pálidas y blancas), se observó que en los muestreos correspondientes al mes de mayo de ambos años prácticamente no se encontraron colonias blancas. En 2011 sólo 2 colonias estaban blancas mientras que en mayo del 2012 ninguna. En septiembre el porcentaje de colonias blancas no fue significativamente superior según el ANOVA de Kruskal-Wallis ( $H(2, N=875)=115,3378$   $p=0,000$ ) aunque su mediana fue de 15% (Fig. 3). En este muestreo el 25% de los valores oscilaron entre 0 y 10%; y el 75% de los mismos, entre 0 y 28% del total de colonias registradas. Se anotaron cuadratas en las cuales había hasta un 40% de colonias afectadas (Fig. 5).



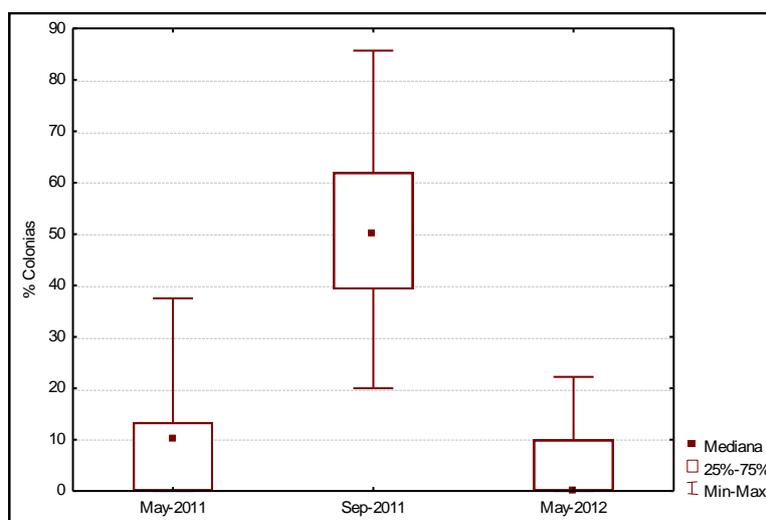
**Figura 5:** Variaciones temporales en el por ciento de colonias blancas en el arrecife frontal de "Punta Madruguilla".

En general las colonias pálidas fueron más abundantes que las blancas, sobre todo en el mes de septiembre donde de las 185 colonias afectadas por blanqueamiento, aproximadamente 130 estaban pálidas. En mayo del 2011 de las 30 afectadas 28 presentaron palidez y en 2012 las 18 registradas estaban pálidas (Fig. 6).



**Figura 6:** Variaciones temporales de colonias pálidas y blancas en el arrecife frontal de “Punta Madruguilla”.

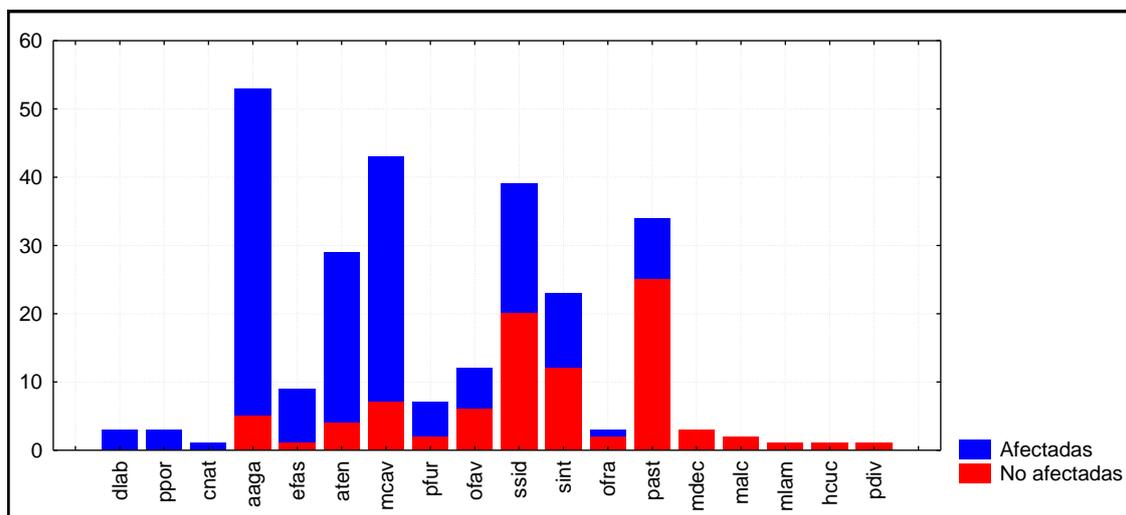
La palidez varió entre los tres muestreos, aunque puede deberse al azar (ANOVA de Kruskal-Wallis;  $H(2, N=875)=210,5851$   $p=0,000$ ), el muestreo con mayor porcentaje de colonias afectadas por metro cuadrado fue el de Septiembre de 2011 con una mediana del 50%, la mitad de los valores oscilaron entre 40 y 62%. En los meses de mayo de ambos años fue inferior, con medianas de 10% en 2011, y de 0% en 2012. En este último mes el 75% de los valores oscilaban entre 0 y 22% (Fig. 7).



**Figura 7:** Variaciones temporales de la palidez en el arrecife frontal de “Punta Madruguilla”.

El total de colonias blanqueadas durante septiembre de 2011 fue del 64%. Las especies más afectadas fueron *A. agaricites* con el 90% del total de colonias registradas, *E. fastigiata* con 89%, *A. tenuifolia* con 86% y *M. cavernosa* con 84%.

Si se tiene en cuenta las abundancia de colonias y el número de colonias blanqueadas, se puede ver que las más afectadas por el evento de blanqueamiento son las más abundantes; *A. agaricites* tiene 48 colonias afectadas de un total de 53, *A. tenuifolia* tiene 25 afectadas de un total de 29 y *M. cavernosa* tiene 36 afectadas de 43 contadas (Fig. 8). Además hay especies que presentan el 100% de sus colonias afectadas, tal es el caso de *D. labyrinthiformis*, *P. porites* y *C. natans*. Otras como *M. decactis*, *M. alcicornis*, *M. lamarckiana*, *H. cucullata* y *P. divaricata* no presentaron esta afectación. Todas estas, totalmente afectadas o no, presentan abundancias muy bajas en el arrecife (Fig. 8).

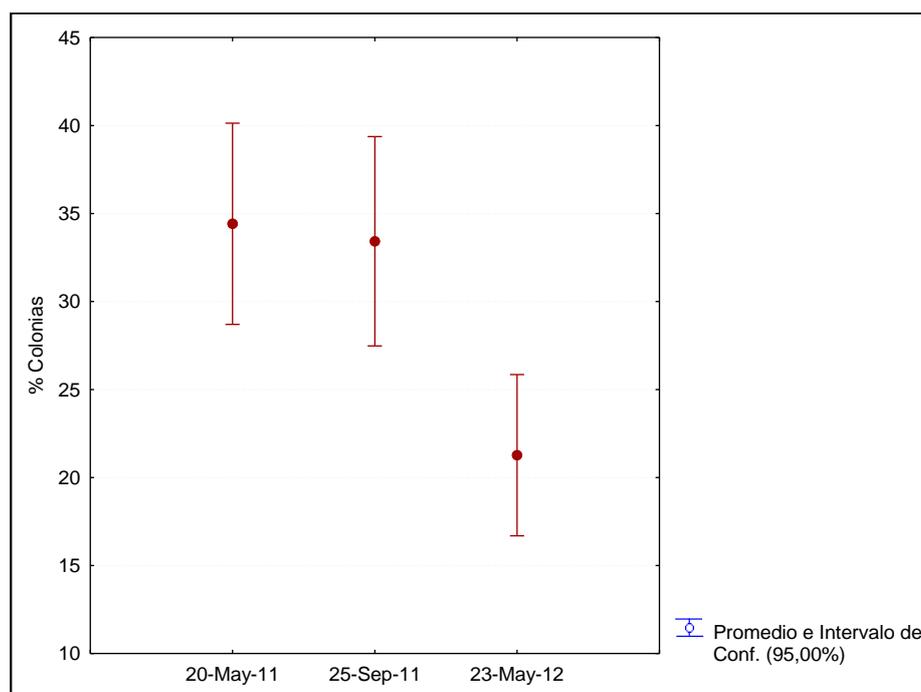


**Figura 8:** Afectaciones de acuerdo a los tipos de blanqueamiento por especies en el arrecife frontal de "Punta Madruguilla"; aaga (*Agaricia agaricites*); past (*Porites astreoides*); ssid (*Siderastrea siderea*); mcav (*Montastraea cavernosa*); hcuc (*Leptoseris cucullata*); sint (*Stephanocoenia intersepta*); ofav (*Orbicella faveolata*); aten (*Agaricia tenuifolia*); efas (*Eusmilia fastigiata*); ppor (*Porites porites*); ofra (*Orbicella franksi*); malc (*Millepora alcicornis*); dlab (*Diploria labyrinthiformis*); mdec (*Madracis decactis*); cnat (*Colpophyllia*

*natans*); pdiv (*Porites divaricata*); pfur (*Porites furcata*); mlam (*Mycetophyllia lamarckiana*).

### Mortalidad:

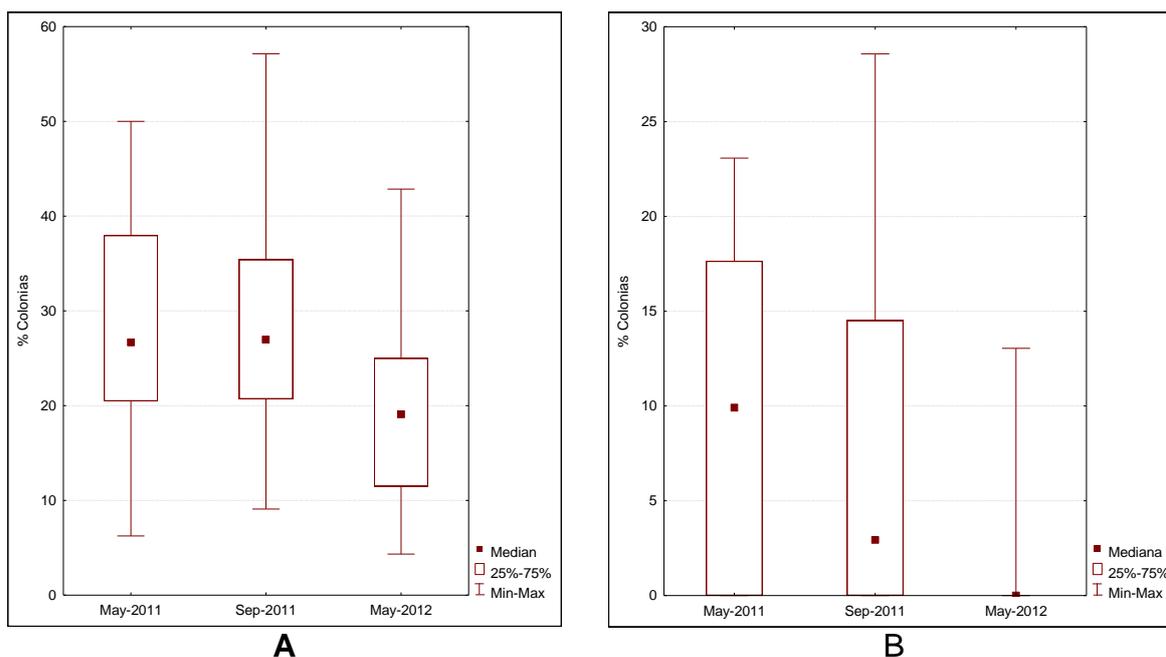
El análisis de la mortalidad revela diferencias significativas entre los muestreos según el ANOVA ( $gl=2$ ,  $N= 60$ ,  $Scuadrat=2143,6$ ,  $F=7,905965$   $p<0,001$ ). En mayo y septiembre de 2011 el valor promedio registrado fue cercano al 35%, con valores mínimos y máximos también similares, oscilando entre el 28% y 40% de las colonias afectadas. En mayo de 2012 la mortalidad disminuyó en un 10%, su promedio fue de 22%, el intervalo de confianza osciló entre 17 y 26% (Fig. 9).



**Figura 9:** Variaciones temporales de la mortalidad en el arrecife frontal de "Punta Madruguilla".

La mortalidad reciente fue más variable que la antigua en los tres muestreos, pero esta última fue más abundante (Fig. 10). La primera mostró diferencias (ANOVA de Kruskal- Wallis ( $H(2, N=60)=9,559573$   $p=,0084$ )) entre el primer muestreo y el tercero (Fig. 10B). En mayo de 2011 su mediana fue la más alta de los tres muestreos con un valor de 10% con la mayoría de los valores

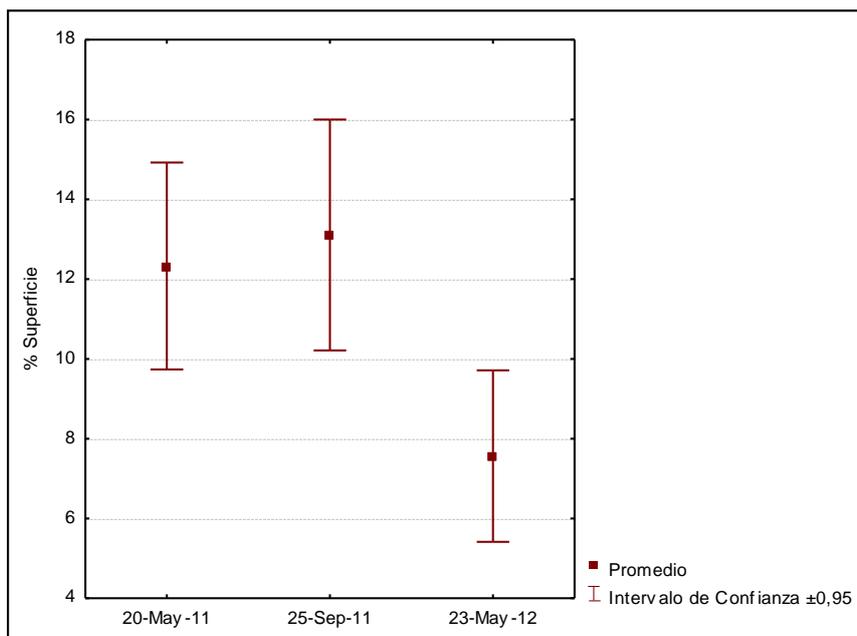
oscilando entre 0 y 18%. Del 25% de los valores restantes ninguno fue mayor del 23%. En septiembre de ese mismo año la mediana fue inferior (3,5%) pero se registraron algunos valores de hasta un 28%. En mayo de 2012 disminuyó más aún, con el 75% de los valores iguales a 0 y escasas cuadratas entre 0 y 13% de las colonias afectadas (Fig. 10B).



**Figura 10:** Variaciones temporales de la mortalidad antigua (A) y reciente (B) en el arrecife frontal de Punta Madruguilla.

La mortalidad antigua también presentó diferencias significativas entre los muestreos; (ANOVA (gl=2, N= 60, Scudrat=967,79, F=3,520232 p=0,036)). En los muestreos de 2011 las medianas fueron similares, aproximadamente el 27% de las colonias estaban afectadas y el 50% de los valores oscilaban entre 21 y 38% en ambos casos, mientras que en mayo de 2012, la mediana fue de 19% pero el 50% de los restantes valores oscilaban entre 12 y 25% (Fig. 10A). Al analizar el porcentaje de superficie con mortalidad se observaron diferencias significativas (ANOVA (gl=872, N= 60, Scudrat=2704,81, F=5,617348 p<0,001)) entre el mes de mayo de 2012 con respecto a los meses de mayo y

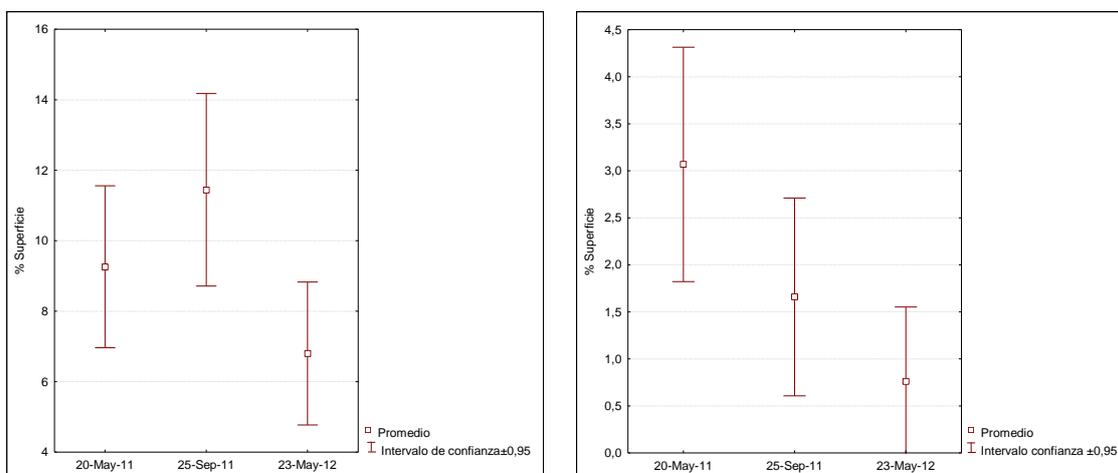
septiembre de 2011, los cuales no son diferentes entre sí (Fig. 11). Los meses donde mayor porcentaje de superficie muerta se reportó fueron mayo y septiembre de 2011, con promedio entre el 12 y el 13%. Mientras que en mayo de 2012 disminuyó dos tercios para un valor de 7,5 con intervalos de confianza desde 5,5 hasta 9,5 aproximadamente (Fig. 11).



**Figura 11:** Variaciones temporales de los promedios de superficie coralina con mortalidad del arrecife frontal de "Punta Madruguilla".

Al separar la superficie con mortalidad en sus dos categorías (reciente y antigua) se observa lo siguiente. Ambas presentan diferencias significativas; superficie con mortalidad reciente (ANOVA (gl=872, Scudrat=407,578 F=5,056041 p=0,0065)) y antigua (ANOVA (gl=872, Scudrat=1572,03, F=3,826717 p=0,022)). Sin embargo, el comportamiento de ambas mortalidades no fue el mismo. La mortalidad antigua manifestó en septiembre de 2011 su valor más elevado promediando 11,5% de la superficie afectadas con intervalos de confianza entre 8,8 y 14,1. En mayo de ese mismo año el

promedio fue ligeramente menor con un valor de 8,2 mientras que en mayo de 2012 fue el más bajo, promediando 6,9% de superficie afectada. (Fig. 12A).

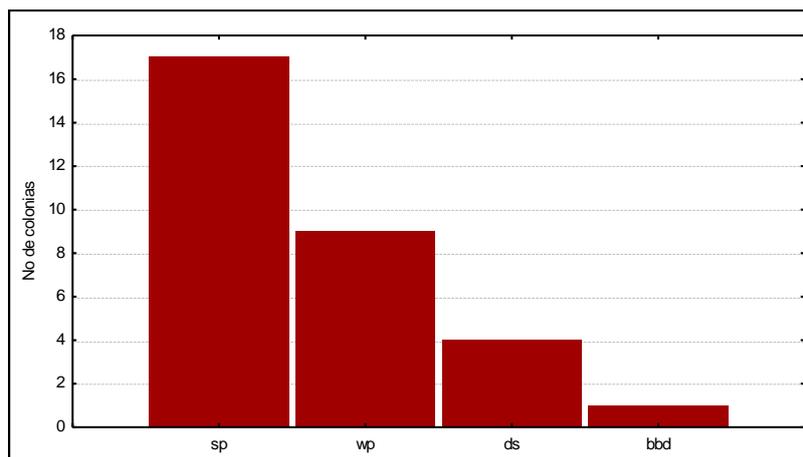


**Figura 12:** Variaciones temporales de las superficies coralina afectada por mortalidad antigua (A) y reciente (B) en el arrecife frontal de "Punta Madruguilla".

La afectación por mortalidad reciente a la superficie coralina es menor y va disminuyendo gradualmente en el tiempo; su máximo valor promedio fue en mayo de 2011, con solo 3,1%, e intervalos de confianza entre 1,8 y 4,4 y el más bajo se registró en mayo de 2012 hasta promediar 0,8% de superficie afectada con intervalos de 0 a 1,5% (fig. 12B).

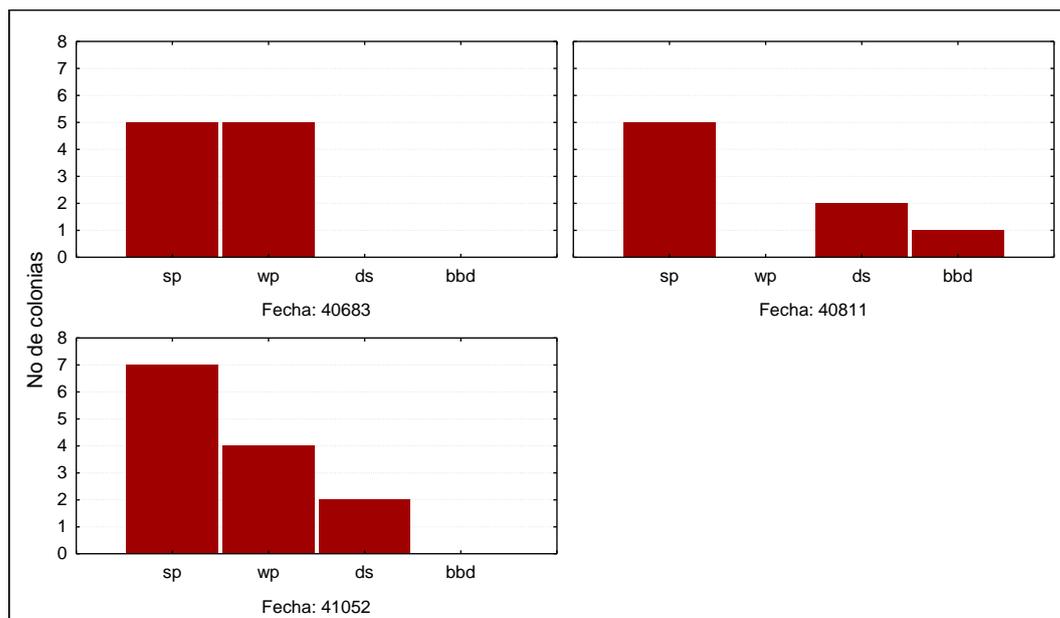
#### Otras afectaciones:

Aparte del blanqueamiento, sólo se detectaron otras cuatro afectaciones, tres enfermedades y el sobrecubrimiento por esponjas. Esta última fue la más abundante con 17 colonias afectadas, de las 875 registradas, lo cual representa el 1,9%. La enfermedad que más perturbó al arrecife fue la plaga blanca con nueve colonias (1,0%) de las cuales dos eran *M. cavernosa* y otras cuatro del género *Orbicella*. Le sigue la enfermedad de manchas negras con cuatro colonias enfermas (Fig. 13).



**Figura 13:** Cantidad de colonias afectadas por las diferentes enfermedades y el cubrimiento por esponjas en el arrecife frontal de "Punta Madruguilla". Colonias con esponjas (sp); plaga blanca (wp); manchas negras (ds); banda negra (bbd)

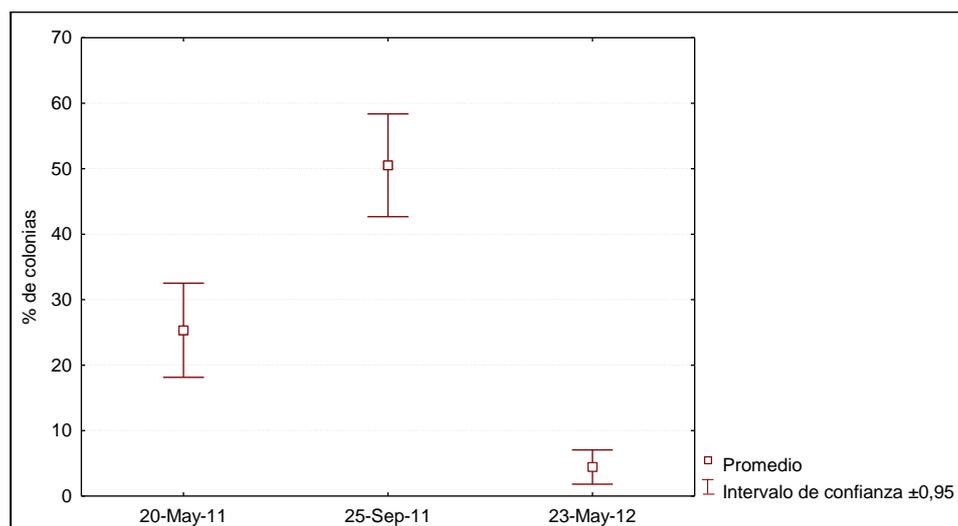
Al analizar temporalmente la aparición de estas afectaciones puede verse que en mayo de 2011 se encontraron cinco colonias afectadas por esponjas y la misma cantidad por plaga blanca. En septiembre de ese mismo año las esponjas afectaron al mismo número de colonias, las manchas negras afectaron a dos y una fue afectada por banda negra, mientras que en mayo de 2012 se encontraron siete colonias cubiertas por esponjas, cuatro con plaga blanca y dos con manchas negras siendo este el mes con mayor incidencia y variedad de enfermedades (Fig. 14).



**Figura 14:** Variaciones temporales de las afectaciones por enfermedades en el arrecife frontal de "Punta Madruguilla". Colonias con esponjas (sp); plaga blanca (wp); manchas negras (ds); banda negra (bbd).

#### Cianobacterias:

La presencia de cianobacterias varía entre los tres meses de muestreo, el test de Kruskal-Wallis ( $H(2, N=60)=40,48125$   $p=,000$ ) muestra que estas diferencias son significativas.



**Figura 15:** Variaciones temporales de la presencia de cianobacterias en el arrecife frontal de "Punta Madruguilla".

En mayo de 2011 el porcentaje medio de cianobacterias fue de 25%, con intervalos de confianza entre 18% y 32%. En septiembre de ese mismo año se habían duplicado con una media de 50% e intervalos de confianza de más de 40% y hasta 58%. Mientras que en mayo de 2012 disminuyeron cinco veces su cantidad con valor medio de 5% e intervalos de confianza que no llegan al 10% (Fig.15).

## 5. DISCUSIÓN

Entre los indicadores ecológicos más importantes para evaluar el estado de estructura y salud de un arrecife se encuentran; la abundancia de especies, la cobertura de sustrato por corales, la distribución por tallas, el porcentaje de mortalidad, la presencia de enfermedades y el número de estas en cada colonia así como el porcentaje de blanqueamiento, entre otros (Garzón-Ferreira *et al.*, 2001). Los indicadores nos brindan la información necesaria para interpretar los factores o fenómenos que determinan la estructura de la comunidad (Valdivia, 2001).

### **Abundancia de especies**

En el arrecife se encontró gran abundancia de especies; registrándose u observándose en buceos adicionales el 55% de las reportadas para la isla de Cuba por González-Ferrer (2006). El patrón de dominancia hallado coincide con el reportado por otros autores en biotopos similares de Cuba (Caballero y De la Guardia, 2003; De la Guardia *et al.*, 2004; De la Guardia, 2004; González-Ontivero, 2006; De la Guardia, 2006 y González-Ontivero *et al.*, 2007). El orden de dominancia de algunas especies puede variar entre los diferentes estudios pero esto se debe a la heterogeneidad de los biotopos que conforman estos arrecifes y a los niveles de antropización a los que están sometidos.

La abundancia de *A. agaricites*, *P. astreoides* y *S. siderea* en este arrecife puede deberse a las estrategias reproductivas y a la historia de vida que presentan las especies. Estas dos primeras especies (las más abundantes), son incubadoras (Richmond y Hunter, 1990). Su fertilización es interna, las larvas se incuban y luego son liberadas al medio, con poco tiempo de vida libre,

generalmente se asientan en lugares cercanos a la colonia que las originó. Requieren de muchos ciclos anuales con pocas larvas y son exitosos en el reclutamiento. Además, muestran estrategia de reproducción “K”, invierten un mayor gasto energético en el proceso de reproducción y un menor gasto en el crecimiento (Szmant y Gassman, 1991); lo cual coincide con lo encontrado en el reclutamiento en la zona del Guanabacoa por Hernández-Escribano (2012).

Además, las especies *P. astreoides*, *M. cavernosa* y *S. siderea* son resistentes a la sedimentación ya que sus pólipos pueden eliminar las partículas de sedimento que estén sobre sí (Sullivan *et al.*, 1994), por lo que poseen ventaja, en este aspecto, sobre las demás colonias del arrecife y su alta abundancia es indicador de la presencia de sedimentación en el mismo (Arias, *com. pers.*). También se han reportado niveles altos de sedimentación en la época de los frentes fríos (Arias *et al.*, 2006).

La especie más balanceada en cuanto a abundancia y cobertura es *P. astreoides* lo que puede deberse a las características ya explicadas y a que la misma ha venido presentando un aumento en la abundancia y cobertura en el Caribe en los últimos años (Green *et al.*, 2008). A partir del decline en las últimas décadas de las especies de acropóridos en las comunidades coralinas someras y de las del género *Orbicella* (antiguo complejo *Montastraea annularis*) en las profundas; las especies incubadoras, como *P. astreoides* y *Agaricia agaricites*, han comenzado a dominar los arrecifes (Precht y Miller, 2007 y Hernández-Fernández *et al.*, 2011).

La abundancia general de corales es similar a las reportadas para la zona de estudio y para Cayo Borrachos, cuyos valores oscilaban entre 10 col/m<sup>2</sup> y 13 col/m<sup>2</sup> (Arias *et al.*, 2010) pero mayor a las reportadas por Triana-López (2011)

y Olivarez-Yáñez (2012) para comunidades cercanas. La diferencia estriba en que ambos trabajos se refieren a comunidades coralinas de muy baja profundidad donde el efecto mecánico del oleaje es mayor que en el arrecife de Madruguilla por lo que se produce más daño mecánico a las colonias sobre todo a las ramificadas que se rompen con gran facilidad.

### **Riqueza de especies**

El valor de la riqueza de especies registradas fue igual al reportado por Caballero y De la Guardia (2003) en un arrecife de camellones al norte Ciudad de la Habana y superior a otros reportados por diferentes especialistas en diferentes regiones del país, con biotopos similares, como por ejemplo; De la Guardia (2004) reportó 13 especies en un estudio realizado en María la Gorda, Guanahacabibes pero utilizando un método de cuadratas al azar, también fue superior a las 25 especies reportadas por De la Guardia (2006) en Guajimico usando método de LIT (transecto de intersección lineal), fue superior a las 20 y 27 especies encontradas por González-Ontivero (2006) en Miramar y Punta Francés (al sur de Isla de la Juventud) respectivamente y superior a las 17 encontradas por este mismo autor en la costa norte de Ciudad de la Habana en 2007.

De todas las especies vistas, siete no se encontraron en los cuadrantes. Si se tiene en cuenta que el total de cuadrantes usado fue de 60 y que cada uno era de 1m<sup>2</sup>, entonces el límite de detección de la metodología es de una colonia en 60 cuadrantes lo que equivale a una proporción menor que 0,016 colonias/m<sup>2</sup>, lo cual indica que *Stylaster roseus*, *Agaricia lamarcki*, *Solenastrea hyades*, *Musa angulosa*, *Agaricia humilis*, *Madracis formosa* y *Mycetophyllia ferox* son especies muy raras (González-Ferrer, 2006).

### **Cobertura de coral vivo**

Un cubrimiento del sustrato por corales vivos entre 15% y 20% se considera un promedio de arrecifes en buen estado de conservación (De la Guardia *et al.*, 2004). La cobertura promedio de coral vivo en Madruguilla puede considerarse de muy buena (5), según criterio de Alcolado y Durán (2011), para Cuba y superior a lo reportado para la mayoría de los arrecifes del Caribe (Bruno *et al.*, 2009). Es importante tener en cuenta que aunque en este arrecife no se encuentra afectada la cobertura, los dos factores fundamentales que han jugado un papel crucial en su disminución en el Caribe son, el descenso en la abundancia de acropóridos. (Aronson y Precht., 2001) y el decline en la herbivoría, con la disminución de las poblaciones de *Diadema antillarum* (Hughes, 1994).

La especie que más aportó a la cobertura fue *A. tenuifolia* la cual es relativamente abundante en el arrecife (65 colonias registradas) lo que indica que el estado de salud del mismo es bueno debido a que se considera que un arrecife con abundancia del género, está en buen estado (Arias *com. pers.*). Lo cual se debe a que *A. tenuifolia* posee colonias bastante grandes en el lugar, ya que con cuatro veces menos colonias que *A. agaricites* (especie más abundante con 204 colonias anotadas) aporta a la cobertura más del doble que esta y casi el doble de lo que aporta *P. astreoides* (166 colonias anotadas).

La dominancia de esta especie ha sido reportada en otros arrecifes del Atlántico. En la zona del golfo de México esto ha sido observado en la región conocida como “Flower Banks” y en Belice (Aronson y Macintier, 2004). Tal dominancia de la especie no tiene precedente en la evolución geológica de los arrecifes de nuestra zona del atlántico y se debe en ambos casos a una

sustitución de *Acropora cervicornis* que ocurrió a partir de los años 80. *A. tenuifolia* se ve favorecida en ambientes con turbidez y enriquecimiento de nutrientes a profundidades intermedias (Shyka y Sebens, 2000). El hecho de que sea una especie incubadora y hermafrodita permite la autofecundación y el asentamiento rápido de sus larvas (Knowlton, 2001) puede ser la explicación de su abundancia en Madruguilla.

La segunda especie que más tributa a la cobertura es *M. cavernosa* (20,81%) esto se debe a que pueden medir entre 50 cm y un metro de diámetro con formas circulares o poligonales según González-Ferrer (2004) por lo que son bastante grandes, aunque, menores que las de *A. tenuifolia* que con tres veces menos cantidad de colonias, aportó casi un uno por ciento más a la cobertura (21,41). *Orbicella faveolata* también tuvo un por ciento de aporte importante (12,51) lo que demuestra que también fueron colonias grandes ya que según González-Ferrer (*op. cit.*) estas pueden oscilar de 50cm a tres metros de diámetro o de alto, siendo colonias masivas generalmente con bordes libres o laminares.

Las especies que menos aportan son *S. radians* y *A. humilis* con 0,01%; ambas generalmente son menores de 20 cm de diámetro (González-Ferrer, *op. cit.*). Por su parte *M. alcicornis* aporta 0,03 pero en un total de nueve colonias lo cual indica que su aspecto seguramente fue ramificado en casi todos los casos y que rara vez sobrepasó los 25cm de altura, talla esta que normalmente la especie no supera salvo algunas excepciones (González-Ferrer, *op. cit.*).

### **Blanqueamiento**

El período de mayor presencia de blanqueamiento en el Caribe es entre la segunda quincena de septiembre y la primera quincena de octubre. (Alcolado,

*com. pers.*). Este fenómeno, se ha vuelto más intenso, más extendido espacialmente y más frecuente desde finales del siglo pasado (Douglas, 2003 y Wilkinson, 2008). Además el mismo incide conjuntamente con las enfermedades en la salud de los corales, puede afectar su crecimiento, mantenimiento, reproducción y la supervivencia de la colonia (Semidey-Ravelo, 2008). En Cuba la temperatura umbral de blanqueamiento se ha estimado entre los 29,8 y 30°C (Alcolado *et al.*, 2000).

En septiembre más de la mitad de colonias estaban blanqueadas por lo que se considera severo dicho evento según Marshall y Shuttemberg (2006). El valor obtenido fue superior a los porcentos reportados por De la Guardia *et al.* (2004); De la Guardia (2006) y González-Ontivero (2006), todos estos en biotopos similares al área de estudio. No obstante, como la mayoría de las colonias encontradas lo que presentaron fue palidez y no una pérdida total de zooxantelas, no se debe considerar el evento como severo, pues la afectación fue cuantiosa en extensión pero no tanto en intensidad. El predominio de colonias pálidas ya ha sido reportado como un fenómeno extendido en el Caribe (Spalding, 2009).

Como la lógica indica, las especies más afectadas fueron las más abundantes; *A. agaricites*, *A. tenuifolia* y *M. cavernosa*. Dichas especies del género *Agaricia* son particularmente susceptible al blanqueamiento (Lasker *et al.*, 1984 y McField, 1999) debido a su capacidad limitada de producir proteínas que resistan las temperaturas altas (Robbart *et al.*, 2004).

Aunque tres especies presentaron un 100% de afectación; *D. labyrinthiformis*, *P. porites* y *C. natans*, en ninguno de los tres casos pasaban de cuatro colonias así que el tamaño de muestra era muy pequeño para tener notabilidad y como

todas estaban blanqueadas de ahí el porcentaje tan elevado. Cabe resaltar que *P. astreoides* y *P. porites* están entre las especies más resistentes al blanqueamiento (LaJeunesse *et al.*, 2009), lo que se evidencia en la baja afectación mostrada en el primer caso donde solo el 28% de las 35 colonias registradas estaban afectadas y sorprende el 100% de afectación en las tres colonias anotadas de *P. porites*.

En los otros dos muestreos el blanqueamiento fue muy bajo lo cual indica la recuperación del arrecife a su estado normal luego de la disminución de las temperaturas en esta época (Van Oppen y Lough, 2009).

### **Mortalidad**

De forma general la mortalidad se mantuvo bastante estable en los tres meses de muestreo descendiendo solo un 10% en el último. En los tres se puede clasificar como regular según el criterio de Alcolado y Durán (2011). Al analizar la mortalidad por separado se obtuvo que la mortalidad reciente disminuyó en el tiempo registrándose su mayor mediana en mayo de 2011 y la menor en mayo de 2012; en el primer caso se clasifica de pobre, en septiembre de ese mismo año la mediana fue de 3,5 clasificándose de buena y en mayo de 2012 la mediana fue de 0 clasificándose de muy buena según criterios de Alcolado y Durán (*op. cit.*)

Esta disminución de la mortalidad reciente puede deberse a que el área de superficie muerta haya sido colonizada por otros organismos como cianobacterias, turf o incluso macroalgas pasando a ser mortalidad antigua. Asimismo, altos porcentajes de mortalidad reciente son indicadores de impactos ocurridos en una escala de tiempo correspondiente a menos de un año, e indican signos de declive para el arrecife (Hughes y Conell, 1999). Esto

sugiere que no han ocurrido eventos que afecten al arrecife desde mayo de 2010. Sin embargo se registró un aumento notable de la mortalidad reciente en “El Guanal”, cayo muy cercano a la zona de estudio (Triana-López, 2011) Al parecer los factores que incidieron en esta zona somera y sometida a fuentes de estrés numerosas, no afectaron al arrecife de Madruguilla o, al menos lo afectaron en una magnitud menor.

Al comparar los valores de mortalidad reciente obtenidos con los de otros autores en biotopos similares de diferentes regiones del país se obtuvo que son ligeramente superiores a los reportados por De la Guardia (2006); González-Ontivero *et al.* (2007) y De la Guardia *et al.* (2004) e inferiores a los reportados por De la Guardia (2004) y González-Ontivero (2006).

La mortalidad antigua se comportó de forma diferente manteniendo valores similares en los tres muestreos y aunque disminuyó en mayo del 2012 se mantuvo dentro de la clasificación de regular según Alcolado y Duran (*op. cit.*). El hecho de que la misma haya aumentado ligeramente en septiembre puede deberse a la ocurrencia de blanqueamiento en este mes. Los valores de mortalidad antigua obtenidos son superiores a los reportados por González-Ontivero *et al.* (2007), similares a los reportados por De la Guardia (2004) e inferiores a los reportados por De la Guardia (2006) y De la Guardia *et al.* (2004), siempre en biotopos de camellones y cangilones.

La disminución de la superficie con mortalidad en el último muestreo se debe probablemente al sesgo que introduce la metodología de conteo de la mortalidad, ya que con esta sólo se registra el porcentaje de mortalidad que presenta una colonia viva, si la misma está totalmente muerta no se anota, por tanto las colonias con un 100% de mortalidad antigua no se registran porque no

se sabe qué tiempo hayan estado así. Esto provoca que las colonias que tenían cerca de un 100% de mortalidad antigua en el muestreo de septiembre de 2011 y que para mayo de 2012 hayan llegado a morir totalmente no sean anotadas, disminuyendo artificialmente el valor de la mortalidad.

### **Otras afectaciones**

Aparte del blanqueamiento no hubo otras grandes afectaciones. Solo se encontraron tres enfermedades y cubrimiento por esponjas para un total de 31 colonias afectadas lo cual equivale a un porciento de afectación del 3,5%. El mismo se clasifica de bueno con un puntaje de 4 según Alcolado y Durán (2011). La incidencia de enfermedades sobre los arrecifes puede estar relacionada con la presencia de actividad humana en áreas costeras cercanas (Goreau *et al.*, 1998) lo que no parece afectar mucho esta zona ya que solo 14 colonias presentaban algún tipo de enfermedad, no obstante a que la mayoría de las enfermedades se expresan a más de 14m de profundidad (Borges y Steiner, 2005). La proximidad relativa de las plantas de tratamiento de residuales, las cuales envían al arrecife abundante materia orgánica de origen antrópico a través de las corrientes de marea provenientes de cayo Santa María y Ensenachos también pudiera afectar la salud del arrecife. Estos disturbios antropogénicos o los de origen natural pueden provocar alto grado de estrés en los arrecifes coralinos, aumentando la actividad metabólica de los mismos trayendo consigo un mayor gasto de energía, el aumento de la secreción de mucus por las colonias, el aumento del área superficial coralina y con todo esto el aumento de riesgo de invasión bacteriana que cause enfermedades. Las pruebas encontradas permiten inferir que la incidencia de

enfermedades no fue una importante causa de mortalidad ni de la reducción de la cobertura.

### **Cianobacterias**

Las cianobacterias fueron mucho más abundantes en septiembre de 2011, esto puede deberse a que al ser este el mes de blanqueamiento las colonias hayan estado más estresadas permitiendo la proliferación rápida de las cianobacterias sobre estas. Las cianobacterias bentónicas desempeñan un papel muy importante en el arrecife, fijando el nitrógeno inorgánico disuelto en la columna de agua (Thacker *et al.*, 2001). En condiciones naturales los afloramientos de cianobacterias pueden estar asociados a la disponibilidad de sustrato y al aumento de nutrientes, que puede ser provocado por mortalidades masivas de distintos organismos. Sin embargo, pueden ser indicadoras de una entrada excesiva de nutrientes al ecosistema manifestado en un florecimiento repentino de las poblaciones (Miller y Muller, 1999 y González-Díaz *et al.*, 2003). En este año los efluentes de las plantas de tratamiento de residuales de la zona turística han aumentado los valores de los parámetros de vertimiento; en la planta de Santa María cinco variables no cumplen con las normas de calidad para su vertimiento al medio (Arias *et al.*, 2011).

La disminución en mayo de 2012 de las cianobacterias puede deberse a que haya mejorado el manejo de las plantas de tratamiento de residuales, así como la calidad del efluente que se vierte al medio.

## 6. CONCLUSIONES

- La comunidad coralina de Madruguilla presenta un alto grado de conservación, caracterizado por una gran diversidad de especies, abundancia y cobertura de coral vivo.
- Las especies dominantes, tanto en abundancia como cobertura, pertenecen al género *Agaricia* el cual es indicador de ambientes estables
- El evento de blanqueamiento ocurrido en el 2011, aunque afectó a una proporción alta de colonias, fue de poca intensidad y no se reflejan cambios en la estructura de la comunidad coralina asociados al mismo.
- La baja incidencia de enfermedades y otras afectaciones a las colonias permiten clasificar a este arrecife como saludable en la etapa de estudio.
- Hay evidencias de una disminución en el último año de la concentración de nutrientes en el arrecife, que puede ser producto a mejoras en el manejo de las plantas de tratamiento de residuales cercanas.

## 7. RECOMENDACIONES

- Continuar con el monitoreo en las mismas fechas (Mayo y septiembre u octubre) con el objetivo de observar la capacidad de recuperación o deterioro de la comunidad con respecto al blanqueamiento, y al funcionamiento de las plantas de tratamiento de residuales.
- Realizar mediciones de temperatura, sedimentación y nutrientes para determinar en qué medida están incidiendo estos factores sobre la comunidad.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcolado P.M. y A. Durán (2011): Sistema de escalas para la clasificación y puntaje de condición del bentos e ictiofauna de arrecifes coralinos de Cuba y del Gran Caribe. **Serie Oceanológica**. (8): 25-29.
- Alcolado, P. M. (1988): **El arrecife coralino: Ecosistema amenazado de gran valor para el hombre: Recopilación de temas**. Instituto de Oceanología, Cuba: 15 pp.
- Alcolado, P. M. (1999): Arrecife coralino, ecosistema amenazado. **Flora y Fauna**. 3 (1): 8-15.
- Alcolado, P. M., Claro, R., Martínez-Daranas, B., Menéndez-Macías, G., García-Parrado, P., Cantelar, K., Valle, R. Del., Martínez, J. C., Serpa, A., Hernández, M., Hernández, J. L. y T. García (2000): **Evaluación general del estado ecológico de los arrecifes de Cuba y monitoreo de la estación regional cubana de CARICOMP**. Informe final. PNCT: Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano, Código 01302112: 61 pp.
- Alcolado, P.M., H. Caballero y S. Perera (2009): Tendencia del cambio en el cubrimiento vivo por corales pétreos en los arrecifes coralinos de Cuba. **Serie Oceanológica**, 5: 1-14.
- Alcolado, P.M., I.E. Morgan, P.A. Kramer, R.N. Ginsburg, P. Blanchon, E. De la Guardia, V. Kosminin, S. González-Ferrer y M. Hernández (2010): Condición de arrecifes remotos en el suroeste de Cuba. **Rev. Mar. Sci.** 36 (2): 179–197.
- Alcolado, P.M., R. Claro, B. Martínez-Daranas, G. Menéndez, P. García y M. Sosa (2003): The Cuban Coral Reefs. En: J. Cortés (ed.), **Latin American Coral Reefs**. Elsevier Science. Universidad de Costa Rica San Pedro, Costa Rica: 53-76.
- Arias, R., E. Rodríguez, I. Martín, N. García, O. Puente, A. Quirós, M. E. Perdomo (2006): **Monitoreo al dragado del canal de Las Guasas para la construcción de un delfinario**. Informe Técnico. Centro de Estudios y Servicios Ambientales. 8pp.
- Arias, R., I. Martín, C. Reyes y E. Rodríguez (2011): **Monitoreo de arrecifes coralinos 2011**. Informe Técnico. Centro de Estudios y Servicios Ambientales. 8pp.
- Arias, R., I. Martín, C. Reyes, E. Rodríguez y O. González (2009): **Monitoreo de arrecifes coralinos 2009**. Informe Técnico. Centro de Estudios y Servicios Ambientales. 8pp.
- Arias, R., I. Martín, E. Rodríguez, M. Triana y O. González (2010): **Monitoreo de arrecifes coralinos 2010**. Informe Técnico. Centro de Estudios y Servicios Ambientales. 15pp.

- Arias, R., I. Martín, E. Rodríguez, M. Triana y O. González (2012): **Monitoreo de arrecifes coralinos 2012**. Informe Técnico. Centro de Estudios y Servicios Ambientales. 8pp.
- Aronson, R.B. y W.F. Precht (2001): White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. **Hydrobiologia** 460: 25–38.
- Aronson, B. R., I. G. Macintier (2004): Phase shifts, alternative states, and the unprecedented convergence of two reef systems, Estados Unidos. **Ecology**. 85: 16.
- Bellwood, D.R., T.P. Hughes, C. Folke y M. Nystrom (2004): Confronting the coral reef crisis. **Nature**. 429: 827-833.
- Borges, J.L y C.C. Steiner (2005): The spatial and temporal dynamics of coral diseases in Dominica, West Indies. **Bull. Mar. Sci.** 77(1): 137-154.
- Bruckner, A.W. (2002): Endangered acroporid corals of the Caribbean. **Coral Reef**. 21: 41-42.
- Bruckner, A.W. y R.J. Bruckner (1998): Treating coral disease. **Coastlines**. 8(3): 10-11.
- Bruno J., H. Sweatman, W. Pretch, E. Selig y V. Schutte (2009): Assessing evidence of phase shifts from coral to macroalgal dominance on coral reefs, **Ecology**, 90(6): 1478 – 1484.
- Budd A., H. Fukami, N. Smith y N. Knowlton (2012): Taxonomic classification of the reef coral family *Mussidae* (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). **Zoological Journal of the Linnean Society**. 166, 465–529.
- Burke L. y J. Maidens (2004): **Reefs at Risk in the Caribbean**. World Resources Institute, Washington DC, 43 pp.
- Caballero H., P.P. Chevalier, G. Varona, A.L. Cárdenas, L. Pastor, A. Pérez-Hernández y Y. García (2004): Componentes más comunes de la fauna del arrecife de coral de la costa oriental de Bahía de Cochinos, Cuba: corales, esponjas, gorgonaceos y peces. **Rev. Invest. Mar.** 25(1): 87-44.
- Caballero, H. y E. De la Guardia (2003): Arrecifes de coral utilizados como zonas de colecta para exhibiciones en el Acuario Nacional de Cuba. I. Costa noroccidental de La Habana, Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 24(3): 205-220.
- Castellanos-Iglesias, S. (2007): Hidrozoos - Filo CNIDARIA, súper-clase HYDROZOA. Lista de especies registradas en Cuba (octubre de 2006): En R. Claro (ed.), **La Biodiversidad marina de Cuba**. (CD-ROM), Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-298-001-3pp.

- Chiappone, M. y K. Sullivan (1994): Patterns of coral abundance defining nearshore hard bottom communities in the Florida Keys. **Bio. Sci.** 57(3):108-125.
- Chiappone, M. y K.M. Sullivan (1996): Distribution, abundance and species composition of juvenile scleractinian corals in the Florida reef tract. **Bull. Mar. Biol.** 54: 341-352.
- Coles, S. y Brown. (2003): Coral bleaching capacity for acclimatization and adaptation. **Adv. Mar. Biol.** 46: 223.
- Costanza, R., R. d'arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, M. van den Belt (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature** 387: 253–260
- Curtis, H. y N. Sue Barnes (2007). **Biología**. Editorial Felix Varela, La Habana, Tomo IV: 1093-1496.
- Daly M., M.R. Brugler, P Cartwright, A.G. Collins, M.N. Dawson, D.G. Fautin, S.C. France, C.S. McFadden, D.M. Opresko, E. Rodriguez, S.L. Romano y J.L. Stake (2007): The phylum Cnidaria: a review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus. **Zootaxa**.1668: 127–182.
- De la Guardia, E. (2000): Evento de blanqueamiento en un arrecife de coral en la costa de la Habana, Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 21(1-3):108-109.
- De la Guardia, E. (2004): Estructura de la comunidad de grupos bentónicos sésiles en la zona de buceo de Punta Francés, Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 25(2):81-90.
- De la Guardia, E. (2006): Caracterización de la comunidad de corales y estimación del efecto del buceo recreativo en Guajimico, región surcentral de Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 27(3): 191-196.
- De la Guardia, E., A. Valdivia y P. Gonzáles Días (2004): Estructura de comunidades bentónicas en la zona de buceo de María la Gorda, Ensenada de Corrientes, sureste de la Península de Guanahacabibes, Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 25(2):103-111.
- De la Guardia, E., J. Angulo, G. González-Sansón, C. Aguilar y P. Gozález Días (2004): Biodiversidad en la Zona de Buceo del Parque Nacional de Punta Francés, Isla de la Juventud, Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 25(2): 90-102.
- Douglas, A. E. (2003): Coral bleaching - how and why? **Mar. Poll. Bull.** 46: 385-392.
- Eakin C.M., J.A. Morgan, S.F. Heron, T.B. Smith, G. Liu (2010): Caribbean Corals in Crisis: Record Thermal Stress, Bleaching, and Mortality in 2005. **PLoS ONE.** 5(11): 1-9

- Espinosa, J., J. Ortega, M. Caballero y L. Moro. (2006): Criaturas del paisaje sumergido de Cuba. **Rev. Biod. Trop.** 5: 42-63.
- Evans, D. I. (2001): **Oil Spills in Coral Reefs: Planning and Response Considerations**. NOAA National Ocean Service, Estados Unidos: 80 pp.
- Fabricius, K. E.; G. De'ath, L. McCook, E. Turak, y D. McB Williams (2005): Changes in algal, coral and fish assemblages along water quality gradients on the inshore Great Barrier Reef. **Mar. Poll. Bull.** 5: 384–398.
- Gardner, T.A., I.M. Cote, J.A. Gill, A. Grant y A.R. Watkinson (2003): Long-term region-wide declines in Caribbean corals. **Science** 301: 958–960.
- Garzón-Ferreira, J., D. Gil- Agudelo y L.M. Zea. (2001): Stony coral diseases observed in southwestern Caribbean reefs. **Hydrobiologia**. 460: 65-69.
- Gil-Agudelo, D., L., Garriet, W. Smith, J. Garzón-Ferreira, E. Weil, D. Petersen (2004): Dark Spots Disease and Yellow Band Disease, Two Poorly Known Coral Diseases with High Incidence in Caribbean Reefs. En: E. Rosenberg y Y. Loya (eds), **Coral Health and Disease**. Springer-Verlag, Berlin: 337-349.
- González Ferrer, S. (2004): **Corales Pétreos, jardines sumergidos de Cuba**. Editorial Academia, Cuba, 326 pp.
- Gonzalez Ontivero, O., D. Macías y E. De la Guardia (2007): Evaluación de corales esclerectinos y gorgonias en dos localidades de Ciudad de La Habana, Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 28: 21-27.
- González-Díaz P., E. de la Guardia y G. González-Sansón. (2003): Efectos de afluentes terrestres sobre las comunidades bentónicas de arrecifes coralinos de Ciudad de la Habana, Cuba. **Rev. Inv. Mar.** 24(1-3): 193-204.
- González-Ferrer, S. (2006): Corales Pétreos - Filo CNIDARIA, Clase ANTHOZOA, Orden SCLERACTINIA. Lista de especies registradas en Cuba. En R. Claro (ed.), **La Biodiversidad marina de Cuba**. (CD-ROM), Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-298-001-3.
- González-Ontivero O. (2006): **Variaciones espaciales y temporales de las enfermedades en dos arrecifes de la región occidental de Cuba**. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Marinas. Cuba.
- Goreau, T. J., J. Cervino, M. Goreau y R. Hayes (1998): Rapid spread of diseases in Caribbean coral reefs. **Biology Tropical**. 5(46): 157-171.
- Green, H. D., P. J. Edmunds y R. C. Carpenter (2008): Increasing relative abundance of *Porites astreoides* on Caribbean reefs mediated by an overall decline in coral cover. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 359: 1–10.
- Grimsditch, G. D. y R. V. Salm (2006): Coral Reef Resilience and Resistance to Bleaching. **IUCN**. (1). 52 pp

- Grover-Dunsmore, R., V. Bonito y T. K. Frazer (2007): Discernment of sexual recruits is not critical for assessing population recovery of *Acropora palmata*. **Mar Ecol Prog Ser.** 335: 233-236.
- Harvell, D., E. Jordan-Dahlgren, S. Merkel, E. Rosenberg, L. Raymundo, G. Smith, E. Weil, y B. Willis (2007): Coral disease, environmental drivers, and the balance between coral and microbial associates. **Oceanography.** 20(1): 173-195.
- Harvell, D., E. Jordán-Dahlgren, S. Merkel, E. Rosenberg, L. Raymundo, G. Smith, E. Weil, y B. Willis (2007) Coral disease, environmental drivers, and the balance between coral and microbial associates. **Oceanography,** 20 (1). 172-195.
- Hernandez-Escribano, Y. (2012): **Composición, abundancia y distribución de los reclutas y juveniles de corales pétreos al oeste de cayo Santa María, Villa Clara, Cuba.** Tesis de licenciatura. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. 37 pp.
- Hernández-Fernández, L., M. Guimaraes, R. Arias y L. Clero (2011): Composición de las comunidades de octocorales y corales pétreos y la incidencia del blanqueamiento del 2005 en Jardines de la Reina, Cuba. **Rev. Mar. Cost.** 3: 77-90.
- Hill, J. y C. Wilkinson (2004): **Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs. A Resource for Managers. Version 1.** Institute of Marine Science and Reef Check. Australia, 112 pp.
- Hughes, T. P. (1994): Catastrophes, Phase Shifts, and Large-Scale Degradation of a Caribbean Coral Reef. **Science.** 265.
- Hughes, T.P. y J.H. Conell (1999): Multiple stressors on coral reefs: A long term perspective. **Limnology and Oceanography.** 44:932-940.
- Hughes, T.P., A.H. Baird, D.R. Bellwood., M. Card, S.R. Connolly, C. Folke, R. Grosberg, O. Hoegh-Gulberg, J.B.C. Jackson, J. Kleypas, J.M. Lough, P. Marshall, M. Nynström, S.R. Palumbi, J.M. Pandolfi, B. Rosen y J. Roughgarden (2003): Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. **Science.** 301: 929-933.
- Johnson, D. (1999): The insignificance of statistical significance testing. **J. Wildl. Manage.** 63(3): 763-772.
- Jokiel P.L., K.S. Rodgers, E.K. Brown, J.C. Kenyon, G. Aeby, W.R. Smith y F. Farrell (2005): **Comparison of Methods Used to Estimate Coral Cover in the Hawaiian Islands.** Institute of Marine Biology. Hawaii, 22 pp.
- Knowlton, N. (2001): The future of coral reefs. **Science.** 98:5419-5425.
- Knowlton, N. y J. B. C. Jackson (2001): The ecology of coral reefs. En: M. D. Bertness, S. Gaines y M. E. Hay (eds) **Marine Community Ecology.** Sinauer, Sunderland, MA: 395-422.

- Kohler KE y Gill, S.M. (2006): Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): a visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. **Comput Geosci** 32:1259–1269.
- LaJeunesse, T., R. Smith, J. Finney y H. Oxenford (2009): Outbreak and persistence of opportunistic symbiotic dinoflagellates during the 2005 Caribbean mass coral 'bleaching' event. **Proc. R. Soc. B.** 276: 4139–4148.
- Lang, J.C. (2003): Status of coral reefs in the western Atlantic: results of initial surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) program. **Atoll. Res. Bull.** 496:1–630.
- Lapointe, B. E. (1997): Nutrient Thresholds for Bottom - Up Control of Macroalgal Blooms on Coral Reef in Jamaica and Southeast Florida. **Limnology and Oceanography.** 42 (5): 1119-1131.
- Lasker, H. R., Peters, E. C. y CoVroth, M. A. (1984): Bleaching of reef coelenterates in the San Blas Islands, Panama. **Coral Reef.** 3: 183–190.
- Lessios, H. A. (2005): *Diadema antillarum* populations in Panama twenty years following mass mortality. **Coral Reefs.** 24: 125- 127.
- Lindeman, K. C., P. A. Kramer y J. S. Ault (2001): Comparative approaches to reef monitoring and assessment: an overview. **Marine Science.** 69 (2): 41-44.
- Locke, J., E. Weil y K. Coates (2007): A newly documented species of Madracis (Scleractinia: Pocilloporidae) from the Caribbean. **Proceedings Of The Biological Society of Washington,** 120(2):214–226.
- Maina, J., T.R. McClanahan, V. Venus, M. Ateweberhan y J. Madin (2011): Global Gradients of Coral Exposure to Environmental Stresses and Implications for Local Management. **PLoS one.** 6 (8): 1-14
- Marshall, P.A. y H. Schuttenberg (2006): **A reef manager's guide to coral bleaching. Great Barrier reef marine park authority.** Townsville. Australia. 163 pp.
- Martínez-Rodríguez, Y. B. (2009): **Estimación de indicadores ecológicos a nivel de comunidad y población de invertebrados bentónicos en arrecifes con grado diferente de impacto ambiental.** Tesis de licenciatura. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana. 76 pp.
- McField, M. y P.R. Kramer. (2007): **Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region.** Franklin Trade Graphics: 208 pp.
- McField, M.D. (1999): Coral response during and after mass bleaching in Belize. **Bull. Mar. Sci.** 64(1): 155-172.

- Miller, I.R. y Muller R. (1999): Validity and reproducibility of benthic cover estimates made during broad scale surveys of coral reefs by manta-tow. **Coral Reefs** 18:353–356.
- Obura, D. y G. Grimsditch (2009): Coral Reefs, Climate Change and Resilience. **IUCN**. (6). 38pp.
- Olivárez Yáñez, H. J. (2012): **Estructura y estado de salud de la comunidad coralina de playa Caracol, cayo las Brujas, Villa Clara, Cuba**. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Biológicas. Universidad de La Sierra, Moctezuma, Sonora, México. 77 pp.
- Patterson, K.L.; J.W. Porter; K.B. Ritchie; S.W. 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: 8725-8730.
- Pearson, R. G. (1981): Recovery and recolonization of coral reef. **Mar Ecol Prog Ser**. (4): 105- 122.
- Prech, W.F. y S.L. Miller (2007): Ecological Shifts along the Florida Reef Tract: The Past is Key to the Future. En: R. B. Aronson (ed.), **Geological Approaches to Coral Reef Ecology**. Springer, NY: 237-312.
- Richmond, R. H. y C. L. Hunter (1990): Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. **Marine Ecology Progress Series**. 60: 185-203.
- Robbart, M. L., P. Peckol, S. P. Scordilis, H. A. Curran, y J. Brown-Saracino (2004) Populations dynamics and dif-ferential heat shock protein expression for the corals *Agaricia agaricites* and *A. tenuifolia* in Belize: implications for future ENSO-related thermal anomalies. **Marine Ecology Progress Series**. 283:150–160.
- Rogers, C. S. y J. Miller (2006): Permanent ‘phase shifts’ or reversible declines in coral cover Lack of recovery of two coral reefs in St. John, US Virgin Islands. **Marine Ecology Progress Series**. 306: 106-114.
- Schuhmacher, H. (1978): **Arrecifes Coralinos. Su extensión, mundo animal y ecología**. Ediciones Omega, S. A., 288 pp.
- Semidey-Ravelo, A. (2008): **Variaciones espaciales y temporales en comunidades de corales de arrecifes de cresta del norte de La Habana, Cuba**. Tesis de licenciatura. Acuario nacional de Cuba, Universidad de La Habana. 60 pp.
- Shyka, T. A., y K. P. Sebens. (2000): Community structure, water column nutrients, and water flow in two Pelican Cays ponds, Belize. **Atoll Research Bulletin**. 471:105-121.
- Siegel, S. y N. J. Castellan, (1988): **Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta**. 4ta Edición. Trillas. 437pp.

- Smith, F. G. W. (1948): **Atlantic Reef Corals**. Univ. of Miami Press, Coral Gables, Florida: 112 pp.
- Spalding M., C. Ravilious y E. Green (2001): **World Atlas of Coral Reef**. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring. Centre. University of California. 406 pp.
- Spalding, M (2009): Detecting and Monitoring Coral Bleaching Events. En: M.J.H. van Oppen y J.M. Lough (eds.) **Coral bleaching. Patterns, processes, causes and consequences**. Springer. Berlin, Alemania: 69-80.
- Sullivan, K.M., M. Chiappone y C. Lott (1994): Abundance patterns of stony corals on plataform margin reef of the Caicos Bank. **Bahamas Journal of Science** 1(3): 1-12.
- Szmant, M.A. y N.J. Gassman (1991): Caribbean Reef Corals: The evolution of Reproductive Strategies. **Oceanus** 34: 11-18.
- Thacker W. y V. Paul (2001): Are benthic cyanobacteria indicators of nutrient enrichment? Relationships between cyanobacterial abundance and environmental factors on the reef flats of guam. **Bull. Mar. Scie.** 69 (2). 497-508.
- Triana-López, M. (2011): **Variaciones temporales de la estructura y estado de salud de los corales pétreos al oeste de cayo Santa María, archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba**. Tesis de licenciatura. Universidad Central de las Villas. Cuba, 38 pp.
- Valdivia, A. (2001): **Comunidades coralinas del arrecife costero Boca de Canasí**. Tesis de licenciatura. Universidad de La Habana. Cuba, 42pp.
- Valdivia, A. y E. De la Guardia (2004): Estructura de la comunidad de corales en el arrecife costero de Boca de Canasí, La Habana, Cuba. **Rev. Invest. Mar.** 25(1): 15-22.
- Valentine J.F. y Heck E.K.L. (2005): Perspective review of the impacts of overfishing on coral reef food web linkages. **Coral Reefs**, 24: 209-213.
- Van Oppen , M. y J. Lough (2009): **Coral Bleaching. Patterns, processes, causes and consequences**. Springer. Berlin. 178pp.
- Wilkinson, C. (2008): **Status of the Coral Reefs of the World: 2008**. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia, 296 pp.
- Wooldridge S.A. (2012): Breakdown of the coral-algae symbiosis: towards formalising a linkage between warm-water bleaching thresholds and the growth rate of the intracellular zooxanthellae. **Biogeosciences Discussions.**: 8111-8139.

Zlatarski, V.N. y N. Martínez- Estalella (1982): **Les Scléactiniales de Cuba.**  
Avec des données sur les organismes associés. Ed. Academia Bulgare de  
Ciencia, Sofia, 472 pp.

# Anexos

**Anexo I.** Resultados del test de Anderson-Darling para determinar el ajuste a la distribución normal de cada variable.

<b>Variable</b>	<b>Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>ADstatistics</b>	<b>P</b>	<b>Interpretación</b>
% de colonias con signos de blanqueamiento	may-11	20	1,20833985	0,0037818	No
	sep-11	20	0,31734973	0,53842372	Si
	may-12	20	2,11251686	<0.0005	No
% de colonias blancas	may-11	20	6,57916006	<0.0005	No
	sep-11	20	0,75592679	0,04922973	Si
	may-12	20	0	0	No
% de colonias pálidas	may-11	20	0,96553283	0,01497779	No
	sep-11	20	0,16348962	0,9439049	Si
	may-12	20	2,11251686	<0.0005	No
% de colonias con cianobacterias	may-11	20	0,31027019	0,55503685	Si
	sep-11	20	0,36345067	0,44052045	Si
	may-12	20	1,56301449	0,00050847	No
% de colonias con mortalidad	may-11	20	0,18913274	0,90075897	<b>Si</b>
	sep-11	20	0,37503	0,41430623	<b>Si</b>
	may-12	20	0,47994263	0,2336688	<b>Si</b>
% de colonias con mortalidad reciente	may-11	20	1,02092937	0,01093924	No
	sep-11	20	1,63504876	<0.0005	No
	may-12	20	5,03355395	<0.0005	No
% de colonias con mortalidad antigua	may-11	20	0,20114577	0,88173582	<b>Si</b>
	sep-11	20	0,41686752	0,33091608	<b>Si</b>
	may-12	20	0,51696547	0,1895306	<b>Si</b>
% de superficie con mortalidad	may-11	292	-137,883933	1	<b>Si</b>
	sep-11	267	-121,725293	1	<b>Si</b>
	may-12	316	-179,042917	1	<b>Si</b>
% de superficie con mortalidad antigua	may-11	292	-143,140466	1	<b>Si</b>
	sep-11	267	-124,204107	1	<b>Si</b>
	may-12	316	-179,847485	1	<b>Si</b>
% de superficie con mortalidad reciente	may-11	292	-151,5388	1	<b>Si</b>
	sep-11	267	-137,00001	1	<b>Si</b>
	may-12	316	-187,303837	1	<b>Si</b>

## **Anexo II: Lista de especies de Madruguilla**

### Clase HYDROZOA

Subclase ANTHOMEDUSAE Lameere, 1920 emended

Orden FILIFERA Kühn, 1913

Familia **Stylasteridae**

*\*Stylaster roseus* (Pallas, 1766).

Orden MILLEPORINA

Familia **Milleporidae**

*Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758.

### Clase ANTHOZOA

Subclase HEXACORALLIA

Orden SCLERACTINIA

Familia **Acroporidae**

*Acropora cervicornis*. (Lamarck, 1816).

Familia **Agariciidae**

*Agaricia agaricites* (Linnaeus, 1758).

*Agaricia fragilis* Dana, 1846.

*Agaricia humilis* Verrill, 1902.

*\*Agaricia lamarcki* M. Edwards y Haime, 1851.

*Agaricia tenuifolia* Dana, 1846.

*Leptoseris cucullata* (Ellis y Solander, 1786)

Familia **Astrocoeniidae**

*Stephanocoenia intersepta* (Lamarck, 1816)

Familia **Mussidae**, Ortmann, 1890; clade XXI

*Colpophyllia natans* (Houttuyn, 1772)

*Diploria labyrinthiformis* (Linnaeus, 1758)

*Mycetophyllia lamarckiana* M. Edwards y Haime, 1848.

\**Mycetophyllia ferox* Wells, 1973.

\**Favia fragum* (Esper, 1795).

\**Manicina areolata* (Linnaeus, 1758).

*Pseudodiploria strigosa*. (Dana, 1846).

*Isophyllia rigida* (Dana 1846).

\**Mussa angulosa* (Pallas, 1766)

Familia **Montastraeidae** Yabe & Sugiyama, 1941; clade XVI

*Montastraea cavernosa* (Linnaeus, 1767).

Familia **Meruline**

*Orbicella annularis* (Ellis y Solander, 1786)

*Orbicella faveolata* (Ellis y Solander, 1786)

*Orbicella franksi* (Gregory, 1895).

Familia **Pocilloporidae**

*Madracis decactis* (Lyman, 1859).

*Madracis auretenra* Locke, Weil y Coates, 2007.

\**Madracis formosa* Wells, 1973.

Familia **Poritidae**

*Porites astreoides* Lamarck, 1816.

*Porites divaricata* Lesueur, 1821.

*Porites furcata* Lamarck, 1816.

*Porites porites* (Pallas, 1766).

Familia **Siderastreidae**

*Siderastrea radians* (Pallas, 1766).

*Siderastrea siderea* (Ellis y Solander, 1786).

Familia **Meandrinidae**

*Meandrina meandrites* (Linnaeus, 1758).

*Eusmilia fastigiata* (Pallas, 1766).

**Incertade sedis**

\**Solenastrea hyades* (Dana 1846).

NOTA: Las especies con asterisco no se encontraron dentro de las cuadratas pero si se observaron en los buceos adicionales.