

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA  
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES  
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**EVALUACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA LA  
RESILIENCIA DE LA RESERVA MARINA ARRECIFE DE LA ISLA VERDE,  
CAROLINA PUERTO RICO**

Requisito parcial para la obtención del  
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental  
en Conservación y Manejo de Recursos Naturales

Por  
Pedro A. de León Rodríguez

3 de mayo de 2013

## **DEDICATORIA**

*A Alejandro N. de León Ramírez, espero agregar mi granito de arena  
para que tú y las futuras generaciones puedan quedarse  
con algo con que maravillarse, cuando se encuentren  
solos con la naturaleza*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero reconocer a mi comité de tesis, Ernesto Díaz, Alida Ortiz y Edwin Hernández. Agradezco el interés genuino de cada uno, así como su incondicional apoyo y ayuda durante la realización de este trabajo. Así mismo va dirigido mi más sincera gratitud a la decana interina María Ortiz por sus consejos y correcciones. A mi hermano José A. de León Rodríguez y a mi compañero Iván Montilla por ayudarme en el campo realizando los transectos y observaciones. Y por supuesto, el agradecimiento a mi familia por ayudarme siempre en todo y a todas aquellas personas que de alguna forma u otra me ayudaron a realizar este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	11
Problema de estudio.....	13
Justificación.....	14
Preguntas de investigación .....	16
Meta.....	16
Objetivos.....	16
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
Trasfondo histórico.....	18
Marco legal .....	21
CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....	23
Introducción.....	23
Área de estudio .....	24
Objetivos.....	24
Diseño metodológico.....	24
Análisis de datos.....	25
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	
Datos generales transectos de peces .....	43
Tabla 2	
Especies de peces por transecto .....	44
Tabla 3	
Especies de peces por cantidad y tamaño promedio .....	45
Tabla 4	
Biomasa en pie/grupo trófico g/m <sup>2</sup> .....	46
Tabla 5	
Biomasa por familia y su % relativo .....	47
Tabla 6	
% de cobertura del censo béntico .....	48
Tabla 7	
Análisis de la abundancia, riqueza y diversidad de los corales pétreos (Scleractinia) .....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. Reserva Marina de la Isla Verde. ....	51
Figura 2. Temperatura registrada. Boya Caricoos 1m de profundidad.....	52
Figura 3. Temperatura histórica registrada a través de satélites de la NOAA.....	53
Figura 4. Gráfica comparativa para las cantidades de peces por especie .....	54
Figura 5. Gráfica comparativa para los tamaños de las especies de peces .....	55
Figura 6. Gráfica comparativa de las especies de peces .....	56
Figura 7 Biomasa $g/m^2$ por familias y % relativo.....	57
Figura 8. % de cobertura por cada transecto para fauna béntica. ....	58
Figura 9. Promedio de cobertura en % para organismos bénticos.....	59
Figura 10. Gráfica comparativa de organismos bénticos y de corales pétreos. ....	60

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Transectos peces (10 x 30m <sup>2</sup> ) .....	62
Apéndice 2. Transectos béticos (6 x 10 m, 25 cm <sup>2</sup> cada 10 cm) .....	63
Apéndice 3. Realización de transecto bético .....	64
Apéndice 4. Brotes de <i>A. palmata</i> compitiendo con macroalgas del género <i>Dyctiota</i> . ....	65
Apéndice 5. Área colonizada por <i>Diadema antillarum</i> . .....	66
Apéndice 6. Sistema de filtración de escorrentías pluviales.....	67
Apéndice 7. Separador de aguas pluviales.....	68
Apéndice 8. Monitoreo por satélite de la temperatura superficial de las aguas.....	69
Apéndice 9. Posibles áreas de fincas de corales .....	70
Apéndice 10. Hoja de campo para censo bético .....	71
Apéndice 11. Hoja de campo para censo de peces .....	72
Apéndice 12. Certificación de curso online, <i>Reef Resilience</i> . .....	73
Apéndice 13. Patron de corrientes en la reserva marina. ....	74

## RESUMEN

La resiliencia es la capacidad del ecosistema de soportar o regenerarse luego de un disturbio natural o antropogénico. Un manejo basado en la resiliencia representa un nuevo y preciso acercamiento hacia la conservación de los arrecifes de coral. Ante la amenaza real y constante del cambio climático y las presiones tanto naturales como antropogénicas que enfrentan nuestros arrecifes de coral, nos resulta imperativo desarrollar nuevas herramientas y estrategias para su manejo y conservación. A través de este estudio, evaluamos la resiliencia de la Reserva de Isla Verde con respecto a factores y procesos ecológicos y físicos. Los aspectos que evaluamos fueron cobertura coralina; rugosidad y reclutamiento de nuevos individuos; herbivoría y depredación; mortalidad, blanqueamiento y enfermedades; y los impactos de la calidad de las aguas y su relación con las fuentes terrestres de las áreas de influencia en las áreas de Isla Verde en el Municipio de Carolina. Entre los hallazgos encontrados más importantes se encuentran el tamaño de las especies de peces dentro de la Reserva de Isla Verde. Donde el tamaño promedio no varió significativamente entre éstas, el cual fue de 12 cm aproximadamente. Otro de los hallazgos fue la distribución y abundancia de las algas, tanto las filamentosas como las macroalgas carnosas. En la mayoría de nuestros transectos, su distribución refleja un gradiente de mayor a menor según se va alejando de la orilla y hacia el oeste de la Reserva.



## ABSTRACT

Resilience is the capacity of the ecosystem to support and regenerate after a natural or anthropogenic disturbance. A resilience-based management is a new and accurate approach to the conservation of coral reefs. Given the real and constant threat of climate change and natural and anthropogenic pressures facing our coral reefs, we find it imperative to develop new tools and strategies for their management and conservation. Through this study, we evaluate the resilience of the Isla Verde Natural Reserve regarding factors of physical and ecological processes. The aspects that were evaluated are coral cover, roughness and recruitment of new individuals, herbivory and predation, mortality, bleaching and disease, and the impacts of water quality and its relation to terrestrial sources of catchment areas in Isla Verde in the Municipality of Carolina, PR. Among the most important findings is the size of the fish species in the Reserve of Isla Verde, where the average did not vary significantly between them, which was approximately 12 cm. Another finding was the distribution and abundance of algae, both filamentous and fleshy macroalgae. In most of our transects distribution reflects a gradient of high to low as one moves away from the shore and west of the Reserve.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Conocido como uno de los ecosistemas más productivos y diversos del planeta los arrecifes de coral enfrentan serias amenazas. Presiones tales como la sobre pesca, la contaminación de fuentes terrestres, sedimentación, enfermedades y blanqueamiento son algunos de los mayores desafíos para su protección y conservación ante un clima cambiante.

Según el proyecto Arrecifes en Peligro en el Caribe realizado por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés) en el 2005, el 90% de los arrecifes de coral en Puerto Rico estaban amenazados por la sobrepesca. La sedimentación y la contaminación de fuentes terrestres a un 60%, más de la mitad por el rápido desarrollo urbano, costero e industrial así como también las amenazas de origen marino afectaban a más de una cuarta parte de los arrecifes de coral.

El blanqueamiento masivo de los corales tanto a nivel mundial como regional es uno de las mayores amenazas que enfrentan los arrecifes de coral actualmente. El blanqueamiento masivo ocurrido en Puerto Rico en el 2005 afectó a más del 90% de los arrecifes de coral siendo una de las mayores catástrofes registradas por el calentamiento de las aguas oceánicas (Wilkinson & Souter 2008; Eakin, Morgan, Heron, Smith, & Liu, 2010).

Otro de los problemas que pudiera provocar una nueva amenaza por el calentamiento global es la acidificación del mar. Recientemente, se ha encontrado en algunos experimentos que los corales que se encuentran en aguas tropicales pudieran

reducir su ritmo de calcificación alrededor de un 60%, con el doble de la concentración del CO<sub>2</sub> presente en la era preindustrial (Kleypas, et al., 2006). Una reducción en la capacidad de calcificación en los corales podría hacer perder su función como ecosistema y protección de las costas, al ser más vulnerables ante la erosión natural y el efecto de las tormentas y huracanes.

Otro de los factores que también han afectado de manera significativa a los arrecifes de coral en el Caribe lo fue la mortalidad masiva del erizo *Diadema antillarum*. Esta mortalidad afectó a más del 93% de la población entre el 1983 y 1984. Su ausencia provocó que muchos de los arrecifes en el Caribe pasaran de una fase dominada por los corales a una dominada por las macroalgas (Martin Blanco, González Sansón, Pina Amargos, & Clero Alonso, 2010; The Nature Conservancy, The National Fish and Wildlife Foundation, Rosentiel School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami, 2004).

El coral *Acropora palmata* es uno de los más importantes constructores de los arrecifes siendo de los de mayor tasa de crecimiento formando así densas colonias monoespecíficas en las partes frontales y llanas del arrecife, el cual ejerce un rol estructural y funcional además de proveer un ambiente de alta rugosidad. Sin embargo debido a los diferentes factores como la destrucción mecánica, contaminación y sedimentación por escorrentías, huracanes y así como también la enfermedad de banda blanca considerada hoy en día una de las mayores amenaza hacia los acropóridos, han reducido la especie al punto de estar catalogada como amenazada de extinción en el 2006, por la Acta de especies en Peligro de los Estados Unidos del 1973 según enmendada (ESA, por sus siglas en inglés). Entre las décadas de los 80 y 90 sus

poblaciones en el atlántico norte se redujeron drásticamente llegando en algunas áreas su reducción al más de un 95% (Williams, Bartels, & Bunkley-Williams, 1999; Ainsworth, Kvennefors, Blackall, Fine, & Hoegh-Guldberg, 2006; Bruckner & Hourigan, 2007).

### **Problema de estudio**

Los arrecifes de coral son sistemas naturales presentes en las aguas tropicales caracterizados por su alta productividad y reconocida fragilidad. Se reconocen seis tensores ambientales principales que afectan a estos sistemas tropicales marinos: fuentes terrestres de contaminación, sobrepesca, sobreutilización recreativa, falta de educación sobre el tema, enfermedades y los cambios climáticos globales. La Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) a través de su Plan de Conservación y Manejo de Arrecifes de Corales identificó tres de estos tensores como de alta prioridad. Estos son los impactos asociados a las fuentes terrestres de contaminación, la sobrepesca y los cambios climáticos globales.

La resiliencia es la capacidad del ecosistema de soportar o regenerarse luego de un disturbio natural o antropogénico (Bellwood, Hughes, Folke, & Nystrom, 2004; Bellwood, Hoey, Ackerman, & Depczynski, 2006). Esta resiliencia en los arrecifes de coral se debe a diferentes factores ambientales que le permiten al sistema su máxima recuperación (Van Oppen & Gates, 2006).

A través de este estudio pretendemos evaluar la resiliencia de la Reserva de Isla Verde con respecto a factores y procesos ecológicos y físicos. Los aspectos a evaluar son: (a) Cobertura coralina; (b) Rugosidad y Reclutamiento de nuevos individuos; (c) Herbivoría y Depredación; (d) Mortalidad, Blanqueamiento y Enfermedades; y (e) Los impactos de la calidad de las aguas y su relación con las fuentes terrestres de las áreas de influencia en las áreas de Isla Verde y Piñones en el Municipio de Carolina.

Para el desarrollo de nuestro estudio, es importante tomar en consideración los cambios climáticos que están ocurriendo a nivel global y el blanqueamiento a escala masiva de los corales ocurrido como consecuencia de estos. Esto es particularmente importante a la hora de crear planes de manejo o en la creación de las Áreas Marinas Protegidas (AMP), (West & Salm 2003). Uno de los problemas que pretendemos atender es que en Puerto Rico no se toma en consideración los cambios climáticos a la hora de desarrollar estrategias o planes de manejo para las AMP.

Es importante identificar aquellas áreas específicas de los arrecifes de coral en Puerto Rico que demuestren ser resistentes o tolerantes a estos eventos de blanqueamiento, identificar los factores que permiten su resiliencia y desarrollar estrategias para su manejo para contribuir efectivamente a la conservación de la biodiversidad.

### **Justificación**

La meta principal de la conservación y el manejo es mantener la habilidad de los ecosistemas para proveer los bienes y servicios de los cuales el ser humano depende (Bellwood et al., 2004). Esta meta debe estar enfocada en medir la conservación de todo el ecosistema, más allá de hacer un acercamiento especie por especie (Bruckner & Hourigan, 2007). Esto es principalmente cierto con los arrecifes de coral por su gran complejidad e interacciones de las cuales dependen los organismos que allí habitan. Y ante la gran degradación y las grandes amenazas que enfrentan los arrecifes de coral resulta imperativo establecer nuevas estrategias y una nueva visión para manejo de estos sistemas naturales. Un manejo que enfatice la protección del ecosistema, su función, estructura y procesos claves, deberá asegurar a largo plazo los servicios que estos nos ofrece (McLeod, Lubchenco, Palumbi, & Rosenberg, 2005).

Un manejo basado en la resiliencia representa un nuevo y preciso acercamiento hacia la conservación de los arrecifes de coral (Green & Bellwood 2009). La creación de herramientas que nos permitan enfrentarnos hacia los retos de un clima cambiante, determinar las áreas con mayor resiliencia, darles prioridad y reducir los posibles impactos antropogénicos para asegurar la conservación presente y futura de nuestros arrecifes de coral.

La importancia de conservar la especie *A. palmata* no radica tan sólo en que se encuentre amenazado de extinción, si no en el hecho de que la especie es una de las más importantes en los arrecifes de coral en Puerto Rico, el resto del Caribe y el Atlántico. La especie de *A. palmata* tiene un promedio de crecimiento de entre 4 a 11cm/año (Gladfelter, Monahan, & Gladfelter, 1978), comparado con otras especies de corales tiene uno de los más altos promedios de crecimiento, esto permite que el arrecife de coral se mantenga al margen del incremento del nivel del mar además de aportar cantidades significativas de carbonato de calcio al mismo. La especie también presenta una morfología ramificada la cual provee un hábitat importante para muchos organismos que dependen de la rugosidad de los arrecifes de coral. Por otro lado la *A. palmata* crece en áreas donde ocurre las rompientes creando una barrera natural la cual protege nuestras costas del embate de las olas y marejadas.

Sin embargo, lo más importante de esta especie es que en el Atlántico y el Caribe no se encuentra otra especie que pudiera sustituirla. A diferencia del océano Pacífico, la diversidad en los arrecifes de corales en nuestras aguas no es tan abundante. Mientras que en el Pacífico la mayoría de los nuevos reclutas pertenecen al género *Acropora*, en el Caribe la mayoría de los reclutas pertenecen a las especies *Favia fragum*, *Agaricia*

*agaricites*, *Porites asteroides* y *Siderastrea* sp, los cuales no tiene función de constructores de arrecifes (Dikou, 2010). Esto puede provocar que si una especie clave como el *A.palmata* desaparece no pueda ser remplazada por otra con funciones o roles parecidos (Bellwood et al. 2004). Esto fue particularmente cierto cuando en la década de los 80 ocurrió la mortandad de más del 90% de las poblaciones del erizo *D. antillarum*. Al no existir otra especie que la sustituyera provocó que la mayoría de los arrecifes pasaran de un estado dominado por corales a uno dominado por macroalgas (Weil, Torres, & Ashton, 2005).

### **Preguntas de investigación**

¿Existen las condiciones y los factores necesarios para la resiliencia de los arrecifes en el área de Isla Verde, Carolina PR?

### **Meta**

Evaluar e identificar las condiciones que permiten la resiliencia en la Reserva Natural de Isla Verde, Carolina Puerto Rico.

### **Objetivos**

1. Evaluar las condiciones físicas, biológicas y ambientales que promuevan la resiliencia en el área de Isla Verde.
2. A raíz de los hallazgos proponer estrategias de manejo para mantener estos sistemas dentro de sus niveles de tolerancia y resiliencia natural

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### Trasfondo histórico

Los arrecifes de coral están entre los ecosistemas más vulnerables del mundo. Disturbios tales como la sedimentación, sobrepesca, destrucción mecánica, desarrollo costero, buceo negligente, especies invasoras, blanqueamiento y enfermedades entre otros han producido una baja mayor al 20% a nivel mundial (Warne et al. 2005; Grimsditch & Salm, 2006; Wilson, Graham, Pratchett, Jones, & Polunin, 2006; Larsen & Webb, 2009). En Puerto Rico el mayor disturbio ocurrido en los pasados años lo fue el blanqueamiento masivo ocurrido en el 2005, el cual afectó a más del 90% de los arrecifes de coral (Wilkinson & Souter, 2008, Eakin et al., 2010). Teniendo en cuenta que existe una relación entre el blanqueamiento de corales, la mortandad de estos y la sucesión de un arrecife dominado por corales a uno dominado por algas (McClanahan, 2004). Las poblaciones de las colonias de *A. palmata* en las últimas dos décadas han declinado significativamente en casi todos los arrecifes de coral en Puerto Rico y todo el Caribe debido principalmente a la enfermedad de banda blanca afectando a más del 90% de las colonias en Puerto Rico (Weil, Hernández-Delgado, Bruckner, Ortiz, Nemeth, & Ruiz, 2003; Bruckner & Hourigan, 2007). En el pasado la especie componía alrededor del 30-50% del total de cobertura en los arrecifes de poca profundidad formando zonas conocidas como zona *palmata* (Bellwood et al. 2004). El 9 de mayo de 2006 fue oficialmente incluido junto con la especie *Acropora cervicornis* en la lista federal del acta de especies en peligro de extinción (ESA, por sus siglas en inglés), como especies



amenazadas de extinción. También se designo al archipiélago de Puerto Rico como parte del hábitat crítico para las dos especies de *Acropora*, el cual compone aproximadamente unos 3,582 km<sup>2</sup> de hábitat marino.

### **La resiliencia en los arrecifes de coral**

El objetivo principal de este estudio es traer un nuevo concepto en la conservación y manejo de los arrecifes de coral en Puerto Rico. El concepto de la resiliencia nos da un nuevo acercamiento, necesario para el futuro de estos ecosistemas. Una de las cosas que primero tenemos que entender es la diferencia entre el concepto de la resiliencia y el de la resistencia. Para fines del manejo de los arrecifes de coral, la resistencia en los arrecifes de coral es la capacidad de corales individuales para soportar disturbios como el blanqueamiento y o sobrevivir luego de que este se halla blanqueado, mientras que la resiliencia por otro lado es la capacidad de la comunidad o ecosistema para mantener o retornar a su estado previo en diversidad, abundancia, funciones y servicios luego de un disturbio natural o antropogénico (West & Salm, 2003; Grimsditch & Salm, 2006; Green & Bellwood, 2009; Obura & Grimsditch, 2009a; Obura & Grimsditch, 2009b).

#### Factores que promueven la resiliencia

Para poder evaluar arrecifes de coral que pudieran presentar esta capacidad de resiliencia tenemos que entender los factores que la promueven. Estos factores se dividen en ecológicos y físicos. Dentro de los factores ecológicos esta la herbivoría, ésta es uno de los componentes más importantes de la resiliencia, ya que los corales se encuentran en constante competición con las macroalgas y las algas filamentosas. Una buena población

de herbívoros le permite al arrecife de coral recuperarse luego de un disturbio ya que no permitirían que las algas predominen sobre estos (Grimsditch & Salm, 2006).

Entre los herbívoros más importantes tenemos a varias familias de peces como las familias *Acanthuridae*, *Scaridae*, también las familias *Pomacanthidae* y *Balistidae* aunque éstas pueden también ser invertívoras. Por otro lado quizás el herbívoro más importante lo sea el invertebrado *Diadema antillarum*. A diferencia de la mayoría de los peces herbívoros el *D. antillarum* no es selectivo a la hora de alimentarse (Weil et al. 2005). Esto es importante porque al alimentarse no permite que ninguna alga predomine sobre el arrecife.

Otra de las importancias del *D. antillarum*, es su forma de alimentarse, a diferencia de la mayoría de los peces este no deja fragmentos de algas cuando se alimenta, erosionando a su vez el sustrato de piedra de coral contribuyendo a la bioerosión algo importante en el ciclo del carbonato de calcio en los arrecifes de coral (The Nature Conservancy et al., 2004). Esto convierte al *D. antillarum* en uno de los organismos claves en la salud de los arrecifes de coral en el Caribe (Blanco et al., 2010).

Otro factor ecológico de la resiliencia es el potencial de reclutamiento y el reclutamiento de nuevos individuos. Para que una área cuente con buen potencial de reclutamiento tiene que contar primero con una buena población de herbívoros, segundo baja abundancia de macroalgas y algas filamentosas para que las larvas de corales se puedan asentar y desarrollarse y tercero el sustrato tiene que estar compuesto de algas crustosa coralina y o de áreas de coral muerto (Obura & Grimsditch, 2009a).

Dentro de los factores físicos se encuentra la resurgencia, corrientes que provienen de las aguas profundas que al ser más frías disminuyen el estrés producido por

el calentamiento de las aguas superficiales (Grimsditch & Salm, 2006). La turbidez de las aguas en cierto modo también puede traer beneficios a los corales, ya que actúa como un bloqueador solar evitando que la radiación solar los afecte (Obura & Grimsditch, 2009a; Grimsditch & Salm, 2006).

### **Trabajos realizados sobre la resiliencia**

Por otro lado trabajos en base a la resiliencia en Puerto Rico hasta la fecha todavía no se ha publicado alguno. Trabajos realizados en el 2009 y en forma separada en Tanzania y Madagascar sobre la resiliencia, encontraron en los arrecifes en los cuales trabajaron una mayor abundancia del género *Acropora*, lo cual indica que estas áreas pudieron haber tenido un bajo impacto por pasados blanqueamientos o una rápida recuperación debido a una comunidad de rápido crecimiento. En cuanto a las poblaciones de algas encontraron diferencias, en Tanzania en el área conocida como Msuka Bay atribuyen la alta cobertura de macroalgas a factores naturales del lugar, mientras que en Madagascar las áreas con alta abundancia de algas filamentosas las atribuyen a exposiciones al agua dulce de lluvia a través de poros en la roca kárstica de algunos arrecifes y en los que se encontraban cerca de la costa atribuyen a las escorrentías con altas cantidades de nutrientes. En las poblaciones de peces en Madagascar encontraron que las poblaciones de los arrecifes cercanos a las villas pesqueras habían sido claramente por la pesca y las más diversas y abundantes se encontraban a grandes distancias de estas. Mientras que en Tanzania fue evidente la importancia de tener buenas poblaciones de peces, el área conocida como Misali un área de no captura presentaba la más alta cobertura de corales y entre las más baja en macroalgas y la segunda más alta en cobertura de algas crustosas coralinas (McClanahan, et al. 2009).

## Marco legal

Las leyes en Puerto Rico que protegen a los arrecifes de coral lo son la Ley Número 416, del 22 de septiembre de 2004, Ley sobre Política Pública Ambiental que sustituye la Ley Número 9 de 18 de junio de 1970. Ley Número 23 de 20 de junio de 1972, la Ley Orgánica del Departamento de Recursos Naturales. Ley Núm. 147, del 15 de julio de 1999, Ley para la Protección, Conservación y Manejo de los Arrecifes de Coral en Puerto Rico. Ley 278, del 29 de noviembre de 1998 Ley de Pesquerías de Puerto Rico. Ley 210, del 1 de agosto de 1999, para adicionar el artículo. 13 a la Ley de Pesquerías de Puerto Rico. Ley 132, del 25 de junio del 1968 Ley de Arena, Grava y Piedra. Ley 370, del 25 de septiembre del 2000 Enmienda a la Ley 132. El coral *Acropora palmata* fue incluida en la acta de Especies en Peligro de Extinción del 1973(ESA por sus siglas en ingles) el 9 de mayo del 2006 debido a que la especie declino drásticamente en las pasadas décadas, también fue declarado como hábitat crítico unas 7,677.3 km<sup>2</sup> de hábitat marino en las cuales Puerto Rico cuenta con unas 3,582 km<sup>2</sup>, siendo la jurisdicción con mayor área.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### Introducción

La resiliencia en los arrecifes de coral se debe a varios factores claves que le permiten al sistema absorber, resistir y regenerarse luego de algún disturbio natural o antropogénico (Green & Bellwood 2009; Grimsditch & Salm ,2006). Estos factores que incrementan la resiliencia en los arrecifes de coral se pueden categorizar como factores intrínsecos e extrínsecos (West, & Salm, 2003). Los factores intrínsecos son aquellos que son determinados por las características ecológicas y biológicas de una comunidad de arrecife de coral en particular, como; la rugosidad, cobertura coralina, reclutamiento de nuevos individuos, herbivoría y depredación (West & Salm, 2003). En cuanto a los factores extrínsecos son aquellos que son determinados por temperatura superficial del agua, corrientes marinas, resurgencias de aguas frías de profundidad y particulado suspendido en la columna de agua entre otros.

Para poder medir estos factores estuvimos trabajando censos de peces, censos béticos y censos de las colonias de *Acropora palmata*, como su cobertura, tamaño promedio, frecuencia de tamaño y enfermedades utilizando la metodología del protocolo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment). Para las condiciones físicas analizamos datos de temperatura superficial del agua y corrientes marinas observados de satélites y boyas marinas. La necesidad de metodologías rápidas para medir la resiliencia

de los arrecifes de coral se hace cada vez más necesaria en un mundo en constante desarrollo (Obura & Grimsdith, 2009).

### **Área de estudio**

La Reserva Natural de Isla Verde se encuentra al oeste del Balneario de Isla Verde en el Municipio de Carolina Puerto Rico (figura 1). Delimitada en las coordenadas:

Latitud (norte)	Longitud (oeste)
1. Noroeste 18° 27' 10"	66° 1' 10"
2. Noreste 18° 27' 10"	66° 0' 35"
3. Suroeste 18° 26' 44"	66° 1' 3"
4. Sureste 18° 26' 42.75"	66° 0' 25.18"

### **Objetivos**

- 1. Evaluar las condiciones físicas, biológicas y ambientales que promuevan la resiliencia en el área de Isla Verde.**
- 2. A raíz de los hallazgos proponer estrategias de manejo para mantener estos sistemas dentro de sus niveles de tolerancia y resiliencia natural.**

### **Diseño metodológico**

Para determinar los factores que permite las condiciones para la resiliencia utilizamos la metodología AGRRA modificada, realizando censos béticos, censos de peces y censos de corales pétreos, en el área de Isla Verde conocida como Reserva Marina de la Isla Verde. Para los censos béticos realizamos 6 transectos lineales de 10m de distancia en los cuales creamos puntos en intervalos cada 10cm para identificar la fauna bética. Dentro de estos intervalos identificamos y medimos la altura de las macroalgas y realizamos un aproximado de su biomasa e impacto ecológico (cobertura x

altura). Y se anotó el sustrato en que se encuentra en 5 cuadrantes de 25cm x 25cm colocados cada 2m a lo largo de cada transecto. Contamos cada juvenil y adulto del erizo *Diadema antillarum*, un herbívoro clave. Para los censos de corales realizamos 6 transectos 10m, estimando tejido vivo, mortalidad y blanquiamiento parcial. Dentro de los censos de peces anotamos todas las especies observadas y realizamos estimado visual en un total de 10 transectos belt de 30 x 2m en la columna de agua.

### **Análisis de datos**

Luego de coleccionar los datos medimos el índice de diversidad para los peces y fauna béntica además de trabajar con riqueza de especies (número total de especies contadas). También utilizamos el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), donde  $H' = -\sum p_i \log p_i$ ,  $i = 1$   $p_i = n_i/N$ ,  $n$ : número de individuos de cada especie,  $N$ : tamaño de la muestra, la diversidad máxima ( $H_{máx}$ ), donde  $H_{máx} = \ln S$ ,  $S$ : número de especies, la uniformidad de especies (Evenness) ( $J'$ ), donde  $J' = H'/\ln S$  ( $0 \leq J' \leq 1$ ). Además de ver la biomasa, porcentaje de biomasa y abundancia de especies y sus familias.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ante la amenaza real y constante del cambio climático y las presiones tanto naturales como antropogénicas que enfrentan nuestros arrecifes de coral, nos resulta imperativo desarrollar nuevas herramientas y estrategias para su manejo y conservación (Marshall & Schuttenberg, 2006). El concepto de la resiliencia nos da una nueva manera de evaluar y manejar estos ecosistemas que se encuentran en constante cambio y deterioro (Adam, et al., 2011). En nuestro estudio realizamos un acercamiento a la Reserva Natural de Isla Verde basados en el concepto de la resiliencia para su análisis y estrategias de manejo dentro de y fuera de la reserva. Realizamos censos de peces en los cuales medimos su biomasa, riqueza de especies, abundancia, la diversidad utilizando el índice de Shannon-Wiener ( $H'n$ ) y la uniformidad de especies (Evenness) ( $J'n$ ). También realizamos censos béticos en donde nos enfocamos en las colonias de *A. palmata*, y de igual forma las demás especies de corales, los cuales medimos su cobertura y número de colonias para la  $H,n$  y  $J,n$ . Por último contabilizamos la especie de erizo *Diadema antillarum* y medimos la cobertura y biomasa de la cobertura de las algas.

#### **Evaluación de las condiciones físicas, biológicas y ambientales que promueven la resiliencia en el área de Isla Verde.**

Para determinar los factores que permite las condiciones para la resiliencia utilizamos la metodología AGRRA, realizando censos béticos, censos de peces y censos de corales en el área de la Reserva Natural de Isla Verde. Dentro de los censos de peces



anotamos todas las especies observadas y realizamos estimado visual en un total de 10 transectos belt de 30 x 2m en la columna de agua. Una vez realizado el censo, calculamos la diversidad ( $H'n$ ), uniformidad de especies ( $J'n$ ), su biomasa, riqueza de especies y abundancia. Para la  $H'n$  encontramos que por transectos varían de  $H'n=0$ , teniendo como riqueza de especies valor de 1, hasta  $H'n=1.69$  siendo el de mayor diversidad con una riqueza de especies con valor de 7. Una vez analizados todos los transectos obtuvimos una  $H'n=.87$  para toda la reserva, entendiendo que entre más la  $H'n$  se aleja de 0, mayor es la diversidad del área (Tabla 1). En el análisis de ( $J'n$ ) encontramos que la uniformidad va desde  $J'n=0$  hasta  $J'n=0.96$ , entre los transectos realizados para un  $J'n$  área total=0.60, entendiendo que entre más la  $J'n$  se acerque a 1 mayor su uniformidad (Tabla 1). Entre los tamaños promedios encontramos que hay cierta uniformidad que va desde 10cm a 15cm, aunque tuvimos valores de 50cm (Tabla 2 y Tabla 3). El tamaño promedio encontrado en la reserva fue de 12.64cm (Tabla 3). El total de especies observadas dentro de los transectos realizados fue de 18 especies de peces en la columna de agua. La especie de mayor abundancia fue *Acanthurus bahianus* (Cirujano oceánico) para un total de 69 individuos para un promedio de 11.30cm en tamaño (Tabla 3). Otra especie igualmente abundante fue *Acanthurus coeruleus* (Blue tang, Cirujano) para un total de 64 individuos promediando 10cm en tamaño (Tabla 3). Ambas especies son herbívoros claves. La otra especie con mayor abundancia fue *Stegastes fuscus* (Damisela) para un total de 40 individuos promediando 9.25cm en tamaño.

En los censos de corales, realizamos 6 transectos de 10m, estimando tejido vivo, mortalidad y blanqueamiento parcial. Dentro de estos transectos, encontramos sólo dos colonias de *A. palmata* con algunos rebrotes vivos de entre 5cm a 25cm cada uno para un

total de 0.41% de cobertura béntica (tabla 6). Aunque con la excepción de una de los rebrotes que se encontraba parcialmente cubierto por un alga filamentosa, ninguno se encontraba visiblemente enfermo o blanqueado. Aunque cabe destacar que si tomamos la colonia original la mayor parte de la estructura se encontraba colonizada por diferentes organismos bénticos. También encontramos colonias del coral *Porites porites* con un 2.61%, *Diplora strigosa* con 2.17%, *Porites asteroide* 1.70%, *Siderastrea radian* 1.58%, y *Montastraea cavernosa* 0.33% de cobertura béntica dentro del área de analisis, (tabla 6). Para un total de 8.80% de cobertura de corales en la reserva (Figura 10). Esto para una riqueza de especies 6, una abundancia con 18 colonias, una diversidad (H'n) de 1.66 y evenness (J'n) para un 0.93 (Tabla 7).

Realizamos 6 transectos lineales de 10m de distancia en los cuales creamos puntos en intervalos cada 10cm para medir la altura de las macroalgas y realizamos un aproximado de su biomasa e impacto ecológico (cobertura x altura). El total de cobertura para los grupos de algas fue, 27% para las algas filamentosas, 24% para las macro algas y para las algas Crustosa Coralina un 3.54%. Encontramos un patrón de abundancia que va decreciendo desde la orilla hasta el interior del arrecife y de este a oeste. Siendo la parte con menos cobertura la más alejada hacia el oeste de la reserva.

Dentro de estos transectos también contabilizamos cada adulto y juvenil del erizo *D. Antillarum* para un total de 10 individuos dentro de los 6 transectos de 10m (10 individuos x 60m área superficial), encontrándose en la parte interior del arrecife. La densidad encontrada en nuestro estudio en la Reserva fue 0.167 ind/m<sup>2</sup>.

Para el análisis físico tomamos datos recientes e históricos de la boya Caricoos, localizada al norte del Municipio de San Juan localizado a unas 6 millas de la reserva y a

través del programa *NOAA Coral Reef Watch* el cual permite a través de la aplicación para computadoras *Google Earth*, monitorear el calentamiento de las aguas superficiales oceánicas y la prolongación de los arrecifes de coral a este calentamiento. En el análisis de los datos de la boya de Caricoos y *NOAA Coral Reef Watch* observamos un patrón en el cambio de temperatura a una profundidad de 1m. Entre los meses de julio a septiembre vemos un aumento gradual de temperatura, desde unos 25°C a unos 31°C aproximadamente (Figura 2 y 3).

### **Análisis de los hallazgos y estrategias de manejo para mantener estos sistemas dentro de sus niveles de tolerancia y resiliencia natural.**

Dentro de nuestros hallazgos principales se encuentra el tamaño promedio de 12cm de los peces. A pesar de que las dos especies dominantes lo son dos herbívoros importantes (*Acanthurus bahianus* y *A. coeruleus*) no observamos un control eficiente sobre las algas que dominan el arrecife. Ambas especies conocidas comúnmente como “cirujanos” tienden a alimentarse de las algas sin extraer sus rizoides, lo que les permite crecer nuevamente (Ceccarelli, Jones, & McCook, 2011). Vemos de igual forma la importancia de tener buenas poblaciones de peces herbívoros como los de la familia *Scaridae* y su relación con el control de cobertura de algas, (Adam, et al., 2011). Otro de nuestros hallazgos fue la baja población en general del erizo *D. antillarum*, siendo uno de los más importantes en el arrecife, ya que hora de alimentarse del sustrato cubierto por algas este no es selectivo y más aun el *D. antillarum* ayuda a la bioerosión de la piedra de coral donde se incrustan las algas contribuyendo al ciclo de calcio (Edmunds & Carpenter, 2001, Rosentiel School of Marine and Atmospheric Sciences, Conservancy, & Foundation, 2004). Para la década de los 80’ hubo una mortandad extrema del erizo *D.*

*antillarum*, estudios realizados en junio del 1977 antes de la mortandad del erizo, nos indican que en el área de la playa del Condado en San Juan la cual es relativamente cercana a la Reserva, la densidad era de unos 13.8 ind/m<sup>2</sup> (Baure, 1980). La densidad encontrada en nuestro estudio en la Reserva fue 0.167 ind/m<sup>2</sup>. Esta baja densidad en la Reserva comparada con los registros históricos pudiera deberse a que aún la especie no se recupera en el área y o en el Atlántico.

La abundancia de algas filamentosas y macro algas en términos generales fue (27% y 24%) respectivamente, esto pudiera deberse a la baja población de estos herbívoros claves como los peces de la familia *Scaridae*, y quizás más aun los *D. antillarum*. Tener una modesta población de *D. antillarum* resulta ser más efectivo que tener peces herbívoros, estudios realizados en el Caribe encontraron que en los sistema que se encontraba el erizo estos no exhibían una dominancia por las algas, (Mumby, Hastings, & Edwards, 2007).(Mumby, Hastings, & Edwards, 2007). Los diferentes mecanismos que afectan las relaciones entre los corales y las algas son mayormente controladas por los herbívoros, sin embargo diferentes grupos funcionales de herbívoros pudieran provocar diferentes trayectorias en la recuperación luego de algún disturbio en el arrecife, (Ceccarelli, Jones, & McCook, 2011, Diaz-Pulido, et al., 2009).

Para los censos de corales, encontramos una baja representación de colonias de *A. palmata* (una colonia de unos 25 cm<sup>2</sup> y varios brotes de unos 2-5 cm<sup>2</sup>), además de no observar ningún reclutamiento de corales dentro del área de estudio. La cobertura total para los corales pétreos (Scleractinia) fue 8.80% cobertura corales (Figura 10). En nuestro análisis de las condiciones físicas, entre los meses de julio a septiembre se observó un aumento gradual de temperatura histórico, desde unos 25 a 31° C,

aproximadamente. La mayoría de las corrientes dominantes del área proviene del este-noreste (Apéndice 13), transportando así las aguas del área de Boca de Cangrejo provenientes de la laguna Torrecilla, la cual presenta índices de contaminantes, según el programa del Estuario de San Juan (Programa del Estuario de la Bahía de San Juan, 2012).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Son evidentes los grandes retos que enfrenta la Reserva Marina Arrecife de la Isla Verde, siendo esta una que se encuentra justo en el área metropolitana. Los disturbios que enfrenta tales como la sedimentación, las aguas eutróficas, sobrepesca, destrucción mecánica, buceo negligente y el desarrollo costero de la zona hacen de su conservación y manejo uno de alta complicación, (Pomeroy, Parks, & Watson, 2004).(Pomeroy, Parks, & Watson, 2004). Por tanto, es indispensable la colaboración del gobierno y de toda la comunidad tanto de los residentes como los que dependen del turismo y las actividades que allí se realizan. Las reservas no pueden proteger los ecosistemas de los cambios climáticos, pero si pueden aumentar la capacidad de recuperación luego de los disturbios, (Mumby & Harborne, 2010).(Mumby & Harborne, 2010). En cuanto a nuestras limitaciones del estudio la más importante lo fue las condiciones climáticas. Las aguas del área norte de la Isla tienden a mantenerse con mucha energía durante la mayor parte del año.

#### **¿Existen las condiciones para la resiliencia en la Reserva Marina de la Isla Verde?**

En nuestra evaluación de los factores que permiten la resiliencia en los arrecifes de coral encontramos que la Reserva presenta poco potencial de reclutamiento, alta cobertura de algas filamentosas y macroalgas, baja densidad de *D. antillarum* y una población y densidad de peces herbívoros claves relativamente buena pero que no da para tener un control efectivo sobre las algas. Esto significa que de ocurrir un disturbio posiblemente este ecosistema pueda colapsar y perder la diversidad que allí se encuentra.

La resiliencia en la Reserva Marina de la Isla Verde podríamos decir que se encuentra latente, luchando constantemente con estresores externos los cuales se encuentran afectándola. Debemos pues aplicar las mejores estrategias de manejo para desarrollar las condiciones que permitan en el futuro tener una reserva resiliente ante las amenazas del calentamiento global. Estrategias que atiendan la problemática de las escorrentías, mitigar los impactos de el calentamiento de las aguas con cierres temporales, crear una reserva autosostenible con posibles fincas de corales promoviendo al mismo tiempo la educación y crear una zona de no pesca podrían ser algunas estrategias para su fortaleza y transición de un arrecife dominado por algas a uno dominado por corales.

### **Recomendaciones de manejo, para lograr una mayor resiliencia en la Reserva**

#### Mejoras al sistema de alcantarillado pluvial de la zona

Uno de los retos más importantes que tiene la nueva Reserva Marina es el manejo de las escorrentías pluviales y sanitarias de la zona de Isla Verde. La gran cobertura de algas tanto filamentosa y macroalgas evidencia el constante impacto que recibe de aguas contaminadas. Por tanto a la hora de establecer el Plan de Manejo resulta imperativo buscar soluciones reales al manejo de estas. Un sistema de separación de las aguas del alcantarillado pluvial (ver apéndice 7) pudiera en cierta medida mejorar las aguas de escorrentías que terminan en la Reserva. Estos sistemas colocados de forma estratégicas forman un tipo de tratamiento primario a las aguas que discurren por el sistema pluvial, minimizando los componentes contaminantes que son arrastrados por el agua, (ver apéndice 6) Este tipo de sistema pueden ser financiados a través del Fondo Rotatorio Recurrente y o a través del Programa de la Zona Costanera de Puerto Rico.

## **Rotulación educativa en la Reserva**

Debido al fácil acceso al área del arrecife pudiéramos crear un corredor o áreas específicas donde colocaríamos rótulos acuáticos con importante información relacionada con la fauna del arrecife. También pudiéramos instalar rótulos estratégicamente en la Reserva para la orientación y educación de los que visitan la misma, con información sobre organismos presentes, su importancia, la importancia de conserva y proteger los arrecifes de coral.

## **Monitoreo del calentamiento de las aguas y posibles “cierres temporales” de la Reserva**

Uno de los puntos más importantes en el manejo presente y futuro de los arrecifes de coral lo es el calentamiento de las aguas oceánicas, debido a los cambios climático que estamos observando a nivel mundial. Entendemos que a nivel local es muy poco lo que podemos realizar para evitar el continuo aumento de las temperaturas, pero sí podemos crear estrategias de manejo basado en el concepto de la resiliencia. A través del monitoreo del calentamiento superficial de las aguas se puede establecer mediante el plan de manejo de la reserva y o mediante la reglamentación el cierre temporero de la reserva una vez se observe el calentamiento del las aguas en la zona hasta que estas vuelvan a su nivel normal. Existen herramientas que podemos utilizar para el monitoreo de las aguas cercanas a la costa, como por ejemplo el *NOAA Coral Reef Watch*. Esta herramienta gratuita que se utiliza a través del programa de *Google Earth*. Esta extensión de *Google Earth* permite el monitoreo a través de imágenes satelitales en tiempo real permite la observación del cambio de temperatura y el periodo de tiempo que esta dura en la zona además de dar aviso, vigilancia y peligro de blanqueamiento de los corales por medio de



diferentes colores que se reflejan en el mapa satélite mostrado en el programa. Utilizando es sistema de avisos podemos establecer un sistema de vigilancia, monitoreo y cierres de la reserva. Se establecería un área en la reserva donde se indicaría el nivel de aviso, vigilancia y cierre, así una vez que se establezca los concesionarios y otros usuarios pudieran orientarse sobre el uso y cierre.

### **Fincas de corales**

Como parte del restablecimiento gradual de nuestros arrecifes de coral, una de las estrategias es la creación de fincas de coral. Establecer un área o aéreas dentro de la reserva puede ser viable debido a su fácil acceso desde la orilla y por posible financiación por parte de los hoteles de la zona y de los concesionarios que utilizan la reserva para sus diferentes actividades. Un área de cultivo de corales no tan solo representa un nuevo habitáculo para reclutamiento de nuevos organismos beneficioso en la reserva y para la restauración de aéreas afectadas en el arrecife, sino que también pudiera servir como atractivo turístico. Debido a las condiciones del área, recomendamos utilizar cepas de la especie *A. palmata*, un coral amenazado de extinción. Cercano a la Reserva se encuentra un rompiente de olas llamada Caballos, en donde se encuentra poblaciones de *A. palmata*. Estas colonias ya estarían naturalmente acondicionadas a las condiciones de la Reserva. Por otro lado pudiéramos utilizar además las fincas de corales para de esta forma educar a los visitantes mediante guías preparados y llevar el mensaje educativo de forma innovador. Esto pudiera servir de beneficio para la población turística de la zona incentivando la economía y creando una posible reserva autosustentable.

### **Limitar, vedar o crear zona de no pesca dentro de la Reserva**

Las áreas de no pesca a través de diferentes estudio y áreas en las cuales se ha establecido, han demostrado el beneficio en las poblaciones y la biodiversidad de las reservas. Establecer e en el plan de manejo la prohibición de la pesca creara la posibilidad de recuperación de especies importantes como las poblaciones de herbívoros, el aumento de la biodiversidad y mejorar las posibilidades de nuestras metas a largo plazo para enfrentar los cambios climáticos, (Fernandes, et al., 2012, Green, White, & Tanzer, 2012).

Finalmente no tan solo recomendamos darle continuidad a este trabajo, sino que recomendamos la realización de otras investigaciones futuras que en su momento contemplamos pero debido al factor tiempo no pudimos realizar y entendemos que son importante para entender la dinámica que se da en la Reserva. Entre las posibles investigaciones que identificamos se encuentran:

1. La pesca artesanal dentro de la Reserva Marina y sus posibles impactos al arrecife
2. Los impactos por escorrentías pluviales y la contaminación de las aguas del área de Isla Verde, el flujo de las corrientes marinas y su relación con las aguas de la laguna Torrecilla y sus efectos en la Reserva Marina.
3. Estudio de los arrecifes de coral en el área de San Juan hasta Piñones y sus interconexiones para futuras estrategias de manejo

Entendemos y concluimos que la biodiversidad biológica es uno de los puntos más importantes para mantener el estado de resiliencia de los ecosistemas, el cual nos asegura la productividad esencial de los servicios que nos ofrece, (Elmqvist, et al., 2003).

Es importante darle continuidad a los datos presentados en este trabajo. Al utilizar  $H'$ ,  $J'$  y la riqueza y abundancia de especies podemos dar continuidad al estudio y medir la diversidad y los cambios que pudieran ocurrir luego de algún disturbio, (Bellwood, Hoey, Ackerman, & Depczynski, 2006, Palumb., McLeod. & Grünbaum, (2008). De igual forma implementar las estrategias de manejo recomendadas en este trabajo basadas en el concepto de la resiliencia y documentar los cambios que ocurran antes y después de los disturbios, nos resulta muy importante para poder entender la dinámica de nuestros arrecifes de coral. Por otro lado debemos continuar con la creación de nuevas herramientas como la creación de modelos para los ecosistemas de arrecifes de coral (Piniak, Fonseca, Kenworthy, Whitfield, Fisher, & Julius, 2006).(Piniak, Fonseca, Kenworthy, Whitfield, Fisher, & Julius, 2006). Y así poder darles la mejor oportunidad para la conservación y preservación de los servicios que nos ofrecen nuestros ecosistemas y de cuales el ser humano depende.



- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (1972). Ley Núm. 23 de 20 de junio. Ley Orgánica del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. 12 LPRA § §151 - 165.
- Department of commerce, National oceanic and atmospheric administration (2008). Endangered and threatened species; critical habitat for threatened elkhorn and staghorn Corals; Final Rule 50 CFR Parts 223 and 226.
- Diaz-Pulido, G., McCook, L. J., Dove, S., Berkelmans, R., Roff, G., Kline, D. I.,... Hoegh-Guldberg, O. (2009). Doom and Boom on a Resilient Reef: Climate Change, Algal Overgrowth and Coral Recovery. *PLoS ONE* 4(4): e5239. doi:10.1371/journal.pone.0005239 .
- Dikou, A. (2010). Ecological Processes and Contemporary Coral Reef Management. *Diversity* 2, 717-737; doi:10.3390/d2050717 .
- Eakin, C. M., Morgan, J. A., Heron, S. F., Smith, T. B., & Liu, G. (2010). Caribbean Corals in Crisis: Record Thermal Stress, Bleaching, and Mortality in 2005. *PLoS ONE* 5(11): e13969. doi:10.1371/journal.pone.0013969.
- Edmunds, P. J., & Carpenter, R. C. (2001). Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. *PNAS* 98(9): 5067–5071 doi/10.1073/pnas.071524598 .
- Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B., et al. (2003). Response diversity, ecosystem change, and resilience. *The Ecological Society of America*, *1*(9): 488–494 .
- Fernandes, L., Green, A., Tanzer, J., White, A., Alino, P., Jompa, J., et al. (2012). Biophysical principles for designing resilient networks of marine protected areas to integrate fisheries, biodiversity and climate change objectives in the Coral Triangle. Report prepared by The Nature Conservancy for the Coral Triangle Support Partnership , 152.
- Gladfelter, E., Monahan, R., & Gladfelter, W. B. (1978). Growth rates of five reef-building coral in northeastern Caribbean. *Bulletin of marine science*, 28(4), 728-734.
- Green, A. L., & Bellwood, D. R. (2009). Monitoring functional groups of herbivorous reef fishes as indicators of coral reef resilience – A practical guide for coral reef managers in the Asia Pacific region. IUCN, Gland, Switzerland.: IUCN working group on Climate Change and Coral Reefs.
- Green, A., White, A., & Tanzer, J. (2012). Integrating fisheries, biodiversity, and climate change objectives into marine protected area network design in the Coral Triangle. Report prepared by The Nature Conservancy for the Coral Triangle Support Partnership , 105.

- Grimsditch, G. D., & Salm, R. V. (2006). Coral Reef Resilience and Resistance to Bleaching. IUCN, Gland, Switzerland: IUCN. 52pp
- Grimsditch, G., Tamelander, J., Mwaura, J., Zavagli, M., Takata, Y., & Gomez, T. (2009). Coral Reef Resilience Assessment of the Pemba Channel Conservation Area, Tanzania Gland, Switzerland: IUCN. 40pp.
- Junta de Calidad Ambiental. (2004). Ley Núm. 416 de 22 de septiembre. Ley sobre la Política Pública Ambiental de Puerto Rico. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. 12 LPRA § § 121 – 1142.
- Junta de Calidad Ambiental. (2010). Reglamento Núm. 6616 del 31 de marzo. Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Kleypas, J. A., Feely, R. A., Fabry, V. J., Langdom, C., Sabine, C. L., & Robbins, L. L. (2006). Impacts of Ocean Acidification on Coral Reefs and Other Marine Calcifiers: A Guide for Future Research, report of a workshop.
- Larsen, M. C., & Webb, R. M. (2009). Potential Effects of Runoff, Fluvial Sediment, and Nutrient Discharges on the Coral Reefs of Puerto Rico. *Journal of Coastal Research*, 25(1), 189-208. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.
- Makowski, C.; Prekel, S.E.; Lybolt, M.J., & Baron, R.M. (2009). The Benthic Ecological Assessment for Marginal Reefs (BEAMR) method. *Journal of Coastal Research*, 25(2), 515–522. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.
- Marshall, P., & Schuttenberg, H. (2006). A Reef Manager's Guide to coral bleaching. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia. ISBN 1 876945 40 0.
- Martin Blanco, F., González Sansón, G., Pina Amargos, F., & Clero Alonso, L. (2010). Abundance, distribution and size structure of *Diadema antillarum* (Echinodermata: Diadematidae) in South Eastern Cuban coral reefs.
- McClanahan, T. R. (2004). The relationship between bleaching and mortality of common corals. *Marine Biology*, 144: 1239–1245 DOI 10.1007/s00227-003-1271-9.
- McClanahan, T., Cinner, J., Graham, N., Daw, T., Maina, J., Stead, S., et al. (2009). Identifying Reefs of Hope and Hopeful Actions: Contextualizing Environmental, Ecological, and Social Parameters to Respond Effectively to Climate Change. *Conservation Biology*, 23(3): 662–671 DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.01154.x .
- McLeod, K. L., Lubchenco, J., Palumbi, S. R., & Rosenberg, A. A. (2005). Scientific Consensus Statement on Marine Ecosystem-Based Management Signed by 217

- academic scientists and policy experts with relevant expertise and published by the Communication Partnership for Science and the Sea. Recuperado de <http://compassonline.org/?q=EBM>.
- Mumby, P. J., Hastings, A., & Edwards, H. J. (2007). Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature* 450 (1). doi:10.1038/nature06252 .
- Mumby, P., & Harborne, A. (2010). Marine Reserves Enhance the Recovery of Corals on Caribbean Reefs. *PLoS ONE* 5(1): e8657. doi:10.1371/journal.pone.0008657 .
- Obura, D. O. (2009). Coral Reef Resilience Assessment of the Nosy Hara Marine Protected Area, Northwest Madagascar. Gland, Switzerland: IUCN. 35pp.
- Obura, D., & Grimsditch, G. (2009a). Coral Reefs, Climate Change and Resilience – An agenda for action from the IUCN World Conservation Congress. October 6-9 2008. 44 pages.
- Obura, D., & Grimsditch, G. (2009b). Resilience Assessment of coral reefs – Assessment protocol for coral reefs, focusing on coral bleaching and thermal stress. . IUCN, Gland, Switzerland: IUCN working group on Climate Change and Coral Reefs.
- Palumb, S. R., McLeod, K. L., & Grünbaum, D. (2008). Ecosystems in Action: Lessons from Marine Ecology about Recovery, Resistance, and Reversibility. *BioScience* 58(1) doi:10.1641/B580J08.
- Piniak, G. A., Fonseca, M. S., Kenworthy, W. J., Whitfield, P. E., Fisher, G., & Julius, B. E. (2006). Applied Modeling of Coral Reef Ecosystem Function and Recovery. Coral Reef Restoration Handbook.
- Pomeroy, R., Parks, J., & Watson, L. (2004). How is your MPA doing? A Guidebook of Natural and Social Indicators for Evaluating Marine Protected Area Management Effectiveness. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xvi + 216 pp.
- Programa del Estuario de la Bahía de San Juan. 2012. San Juan Bay Water Quality Monitoring Program. [monitoreo@estuario.org](mailto:monitoreo@estuario.org). Recuperado de [www.estuario.org](http://www.estuario.org)
- Rosentiel School of Marine and Atmospheric Sciences, U. o., Conservancy, T. N., & Foundation, T. N. (2004). The Diadema Workshop.
- The Nature Conservancy, The National Fish and Wildlife Foundation, Rosentiel School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami (2004). The Diadema Workshop, March 19 – 20, 25p. Recuperado de [http://www.reefbase.org/resource\\_center/publication](http://www.reefbase.org/resource_center/publication).
- U.S. Fish and Wildlife Service. (1973). Endangered Species Act. USCA 16§ 1531-1544, 87 tat. 884.

- Van Oppen, M. J., & Gates, R. D. (2006). Conservation genetics and the resilience of reef-building coral.
- Warne, A. G., Webb, R. M., & Larsen, M. C. (2005). Water, Sediment, and Nutrient Discharge Characteristics of Rivers in Puerto Rico, and their Potential Influence on Coral Reefs: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5206, 58 p.
- Weil, E., Hernández-Delgado, E. A., Bruckner, A. W., Ortiz, A. L., Nemeth, M., & Ruiz, H. (2003). Distribution and Status of Acroporid Coral (Scleractinia) Populations in Puerto Rico.
- Weil, E., Torres, J. L., & Ashton, M. (2005). Population characteristics of the sea urchin *Diadema antillarum* in La Parguera, Puerto Rico, 17 years after the mass mortality event. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 53(3): 219-231.
- West, J. M., & Salm, R. V. (2003). Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology* 17(4): 956-967.
- Wilkinson, C., & Souter, D. (2008). Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, 152 p.
- Williams, E. H., Bartels, P. J., & Bunkley-Williams, L. (1999). Predicted disappearance of coral-reef rampart: direct result of major ecological disturbances. *Global Change Biology*, 5 (8), 839-845.
- Wilson, S. K., Graham, N. A., Pratchett, M. S., Jones, G. P., & Polunin, N. V. (2006). Multiple disturbances and the global degradation of coral reefs: are reef fishes at risk or resilient? *Global Change Biology*, 12, 2220–2234 doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01252.x.



## **TABLAS**

Tabla 1

*Datos generales transectos de peces*

<b>Transecto</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Riqueza de especie</b>	<b>Diversidad (H'n)</b>	<b>Evenness (J'n)</b>
1	76	4	0.88	0.63
2	46	7	1.69	0.87
3	30	5	0.81	0.5
4	12	1	0	0
5	29	5	0.86	0.53
6	5	4	1.33	0.96
7	11	4	0.89	0.64
8	3	1	0	0
9	15	4	1.25	0.9
10	12	3	1.03	0.93
		<b>Total Especies</b>	<b>H'n área total</b>	<b>J'n área total</b>
		18	0.87	0.60

Tabla 2

*Especies de peces por transecto*

Transectos	Especies	Cantidad	Promedio tamaño (cm)
1	<i>Carangoides ruber</i>	10	15
	<i>Pomacanthus paru</i>	4	16.25
	<i>Sparisoma viride</i>	7	18.57
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	55	13.64
2	<i>Haemulon flavolineatum</i>	13	10
	<i>Sparisoma viride</i>	3	10
	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	10
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	4	10
	<i>Acanthurus bahianus</i>	12	10
	<i>Acanthurus chirurgus</i>	3	10
	<i>Stegastes fuscus</i>	10	8
	<i>Chaetodon capistratus</i>	1	15
3	<i>Sparisoma viride</i>	4	10
	<i>Scarus taeniopterus</i>	1	10
	<i>Acanthurus bahianus</i>	23	6.74
	<i>Acanthurus chirurgus</i>	1	10
	<i>Stegastes fuscus</i>	12	10
4	<i>Anisotremus virginicus</i>	1	20
5	<i>Chaetodon striatus</i>	3	10
	<i>Bodianus rufus</i>	1	20
	<i>Sparisoma viride</i>	2	20
	<i>Acanthurus bahianus</i>	22	15.45
	<i>Myrichthys ocellatus</i>	1	50
	<i>Stegastes fuscus</i>	1	10
6	<i>Microspathodon chrysurus</i>	2	5
	<i>Ophioblennius atlanticus</i>	1	10
	<i>Stegastes fuscus</i>	8	7.5
	<i>Microspathodon chrysurus</i>	1	15
7	<i>Sparisoma viride</i>	1	10
	<i>Scarus iserti (=croicensis)</i>	1	10
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	3	10
	<i>Chaetodon striatus</i>	2	10
8	<i>Stegastes fuscus</i>	4	10
	<i>Sparisoma viride</i>	2	15
	<i>Acanthurus bahianus</i>	7	14.29
	<i>Stegastes fuscus</i>	5	10
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	2	5
9	<i>Acanthurus bahianus</i>	5	10
	<i>Stegastes fuscus</i>	5	10
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	2	5
10	<i>Acanthurus bahianus</i>	5	10
	<i>Stegastes fuscus</i>	5	10
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	2	5

Tabla 3

*Especies de peces por cantidad y tamaño promedio*

<b>Especie</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tamaño promedio (cm)</b>
<i>Acanthurus bahianus</i>	69	11.30
<i>Acanthurus chirurgus</i>	4	10
<i>Acanthurus coeruleus</i>	64	10
<i>Anisotremus virginicus</i>	1	20
<i>Bodianus rufus</i>	1	20
<i>Carangoides ruber</i>	10	15
<i>Chaetodon capistratus</i>	1	15
<i>Chaetodon striatus</i>	5	10
<i>Haemulon flavolineatum</i>	13	10
<i>Microspathodon chrysurus</i>	3	10
<i>Myrichthys ocellatus</i>	1	50
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	1	10
<i>Pomacanthus paru</i>	4	16.25
<i>Scarus iserti (=croicensis)</i>	1	10
<i>Scarus taeniopterus</i>	1	10
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	10
<i>Sparisoma viride</i>	19	14
<i>Stegastes fuscus</i>	40	9.25
<b>Total de especies</b>		<b>Promedio total tamaño</b>
18		12.64cm

Tabla 4

*Biomasa en pie/grupo trófico g/m<sup>2</sup>*

	<i>Biomasa total</i>	<i>Herbívoros (total)</i>	<i>Herbívoros "non-denuders"</i>	<i>Herbívoros "browsers"</i>	<i>Herbívoros "scrapers"</i>	<i>Carnívoros (total)</i>	<i>Spp. Blancos de Pesca</i>
<i>Transecto 1</i>	93.68	77.51	0	62.62	14.89	16.17	31.05
<i>Transecto 2</i>	20.05	10.74	2.42	7.06	1.26	9.31	10.57
<i>Transecto 3</i>	5.12	4.55	0	2.88	1.67	0.57	1.67
<i>Transecto 4</i>	5.55	5.55	5.55	0	0	0	0
<i>Transecto 5</i>	40.77	35.25	0	29.97	5.28	5.52	8.55
<i>Transecto 6</i>	5.99	1.98	0.06	1.92	0	3.88	0
<i>Transecto 7</i>	3.92	3.92	1.61	1.68	0.63	0	0.63
<i>Transecto 8</i>	1.42	1.42	0	1.42	0	0	0
<i>Transecto 9</i>	12.69	11.68	1.85	7.55	2.28	1.02	2.28
<i>Transecto 10</i>	4.31	4.31	2.31	2.00	0	0	0
<i>Biomasa Total de la Reserva</i>	193.50	156.91	13.81	117.09	26.00	36.46	54.74

Tabla 5

*Biomasa por familia y su % relativo*

<b>Familias</b>	<b>g/m2</b>	<b>%Relativo</b>
<b>Acanthuridae</b>	113.49	58.65%
<b>Scaridae</b>	26.00	13.44%
<b>Pomacanthidae</b>	25.69	13.27%
<b>Haemulidae</b>	12.58	6.50%
<b>Carangidae</b>	7.89	4.08%
<b>Ophichthidae</b>	3.88	2.00%
<b>Labridae</b>	2.26	1.17%
<b>Chaetodontidae</b>	1.59	0.82%
<b>Bleniidae</b>	0.13	0.07%

Tabla 6

*% de cobertura del censo béntico*

	<b>% Total de cobertura bética</b>
<b><i>Cobertura Algas Filamentosa</i></b>	27.07%
<b><i>Cobertura Macro Algas</i></b>	24.27%
<b><i>Ciano Bacteria</i></b>	21.87%
<b><i>Sustrato</i></b>	10.87%
<b><i>Crustosa Coralina</i></b>	3.54%
<b><i>Gorgonia flabellum</i></b>	3.13%
<b><i>Porites porites</i></b>	2.61%
<b><i>Diplora strigosa</i></b>	2.17%
<b><i>Porites asteroide</i></b>	1.70%
<b><i>Siderastrea radian</i></b>	1.58%
<b><i>Acropora palmata</i></b>	0.41%
<b><i>Montastraea cavernosa</i></b>	0.33%
<b><i>Echinometra lucunter</i></b>	0.32%
<b><i>Palythoa caribaeorum</i></b>	0.10%
<b><i>Angela conifera</i></b>	0.03%

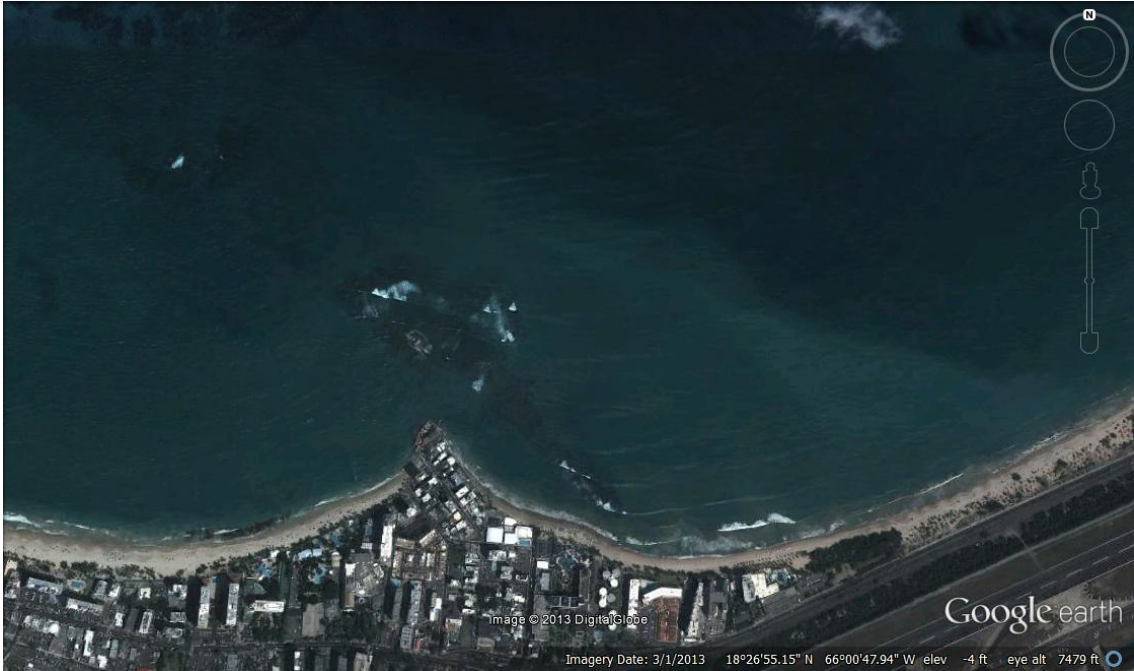
Tabla 7

*Análisis de la abundancia, riqueza y diversidad de los corales pétreos (Scleractinia)*

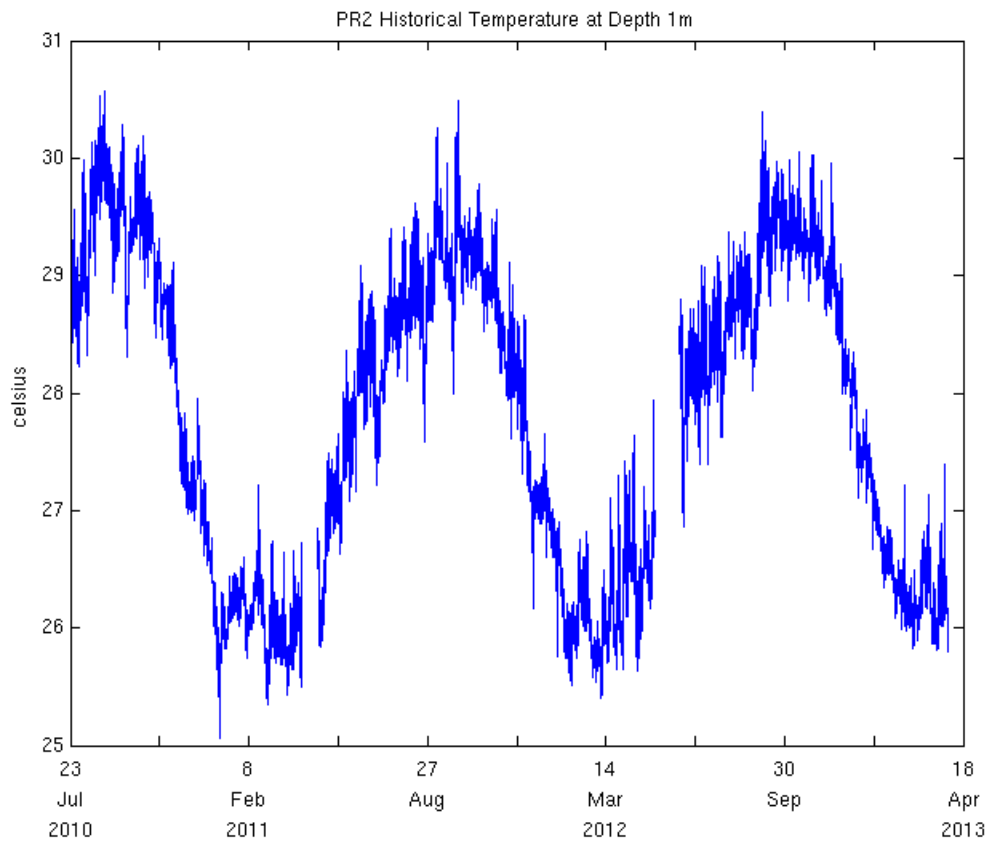
<b>Especies de corales</b>	<b># Colonias</b>
<i>Porites porites</i>	5
<i>Diplora strigosa</i>	2
<i>Porites asteroide</i>	5
<i>Siderastrea radian</i>	3
<i>Acropora palmata</i>	2
<i>Montastraea cavernosa</i>	1
<b>Riqueza de especies</b>	6
<b>Abundancia</b>	18
<b>Diversidad H'n</b>	1.66
<b>Diversidad Máxima (H Max)</b>	1.79
<b>Evenness (J'n)</b>	0.93



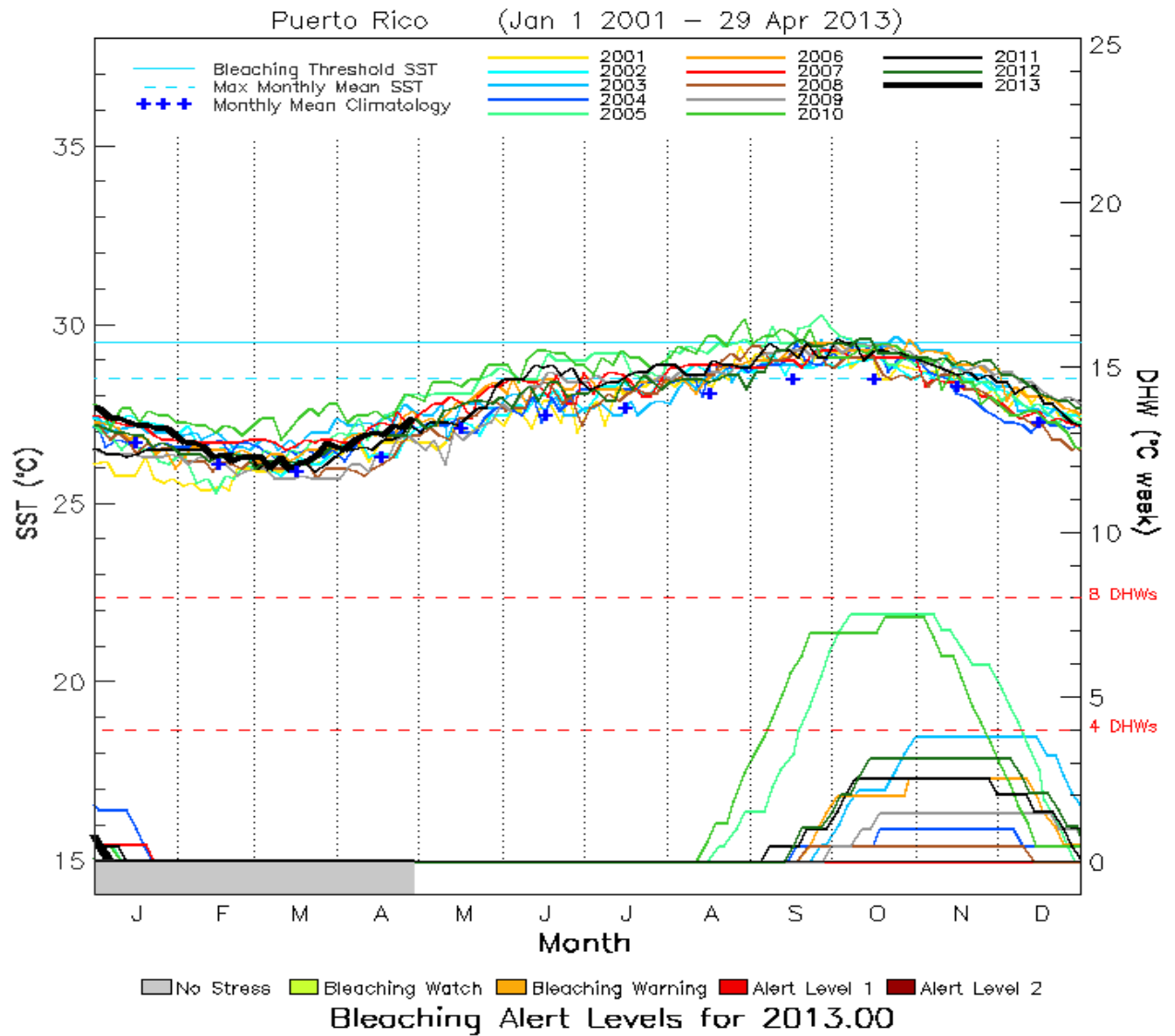
## **FIGURAS**



*Figura 1. Área de estudio. Reserva Marina de la Isla Verde.*



*Figura 2.* Temperatura registrada durante julio de 2010 a abril de 2013. Boya Caricoos en San Juan 1m de profundidad (<http://www.caricoos.org/drupal/node/158>)



*Figura 3.* Temperatura histórica registrada a través de satélites de la NOAA y los niveles de aviso para el blanqueamiento de los corales

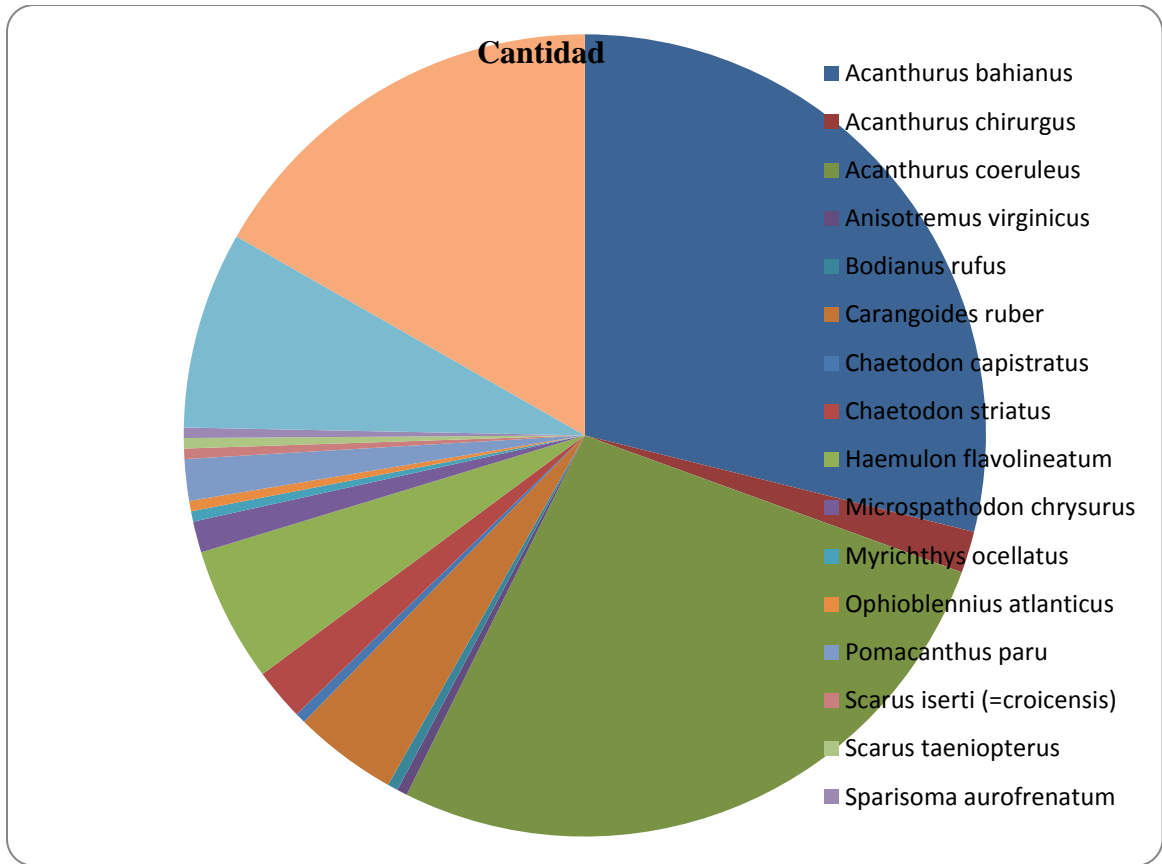
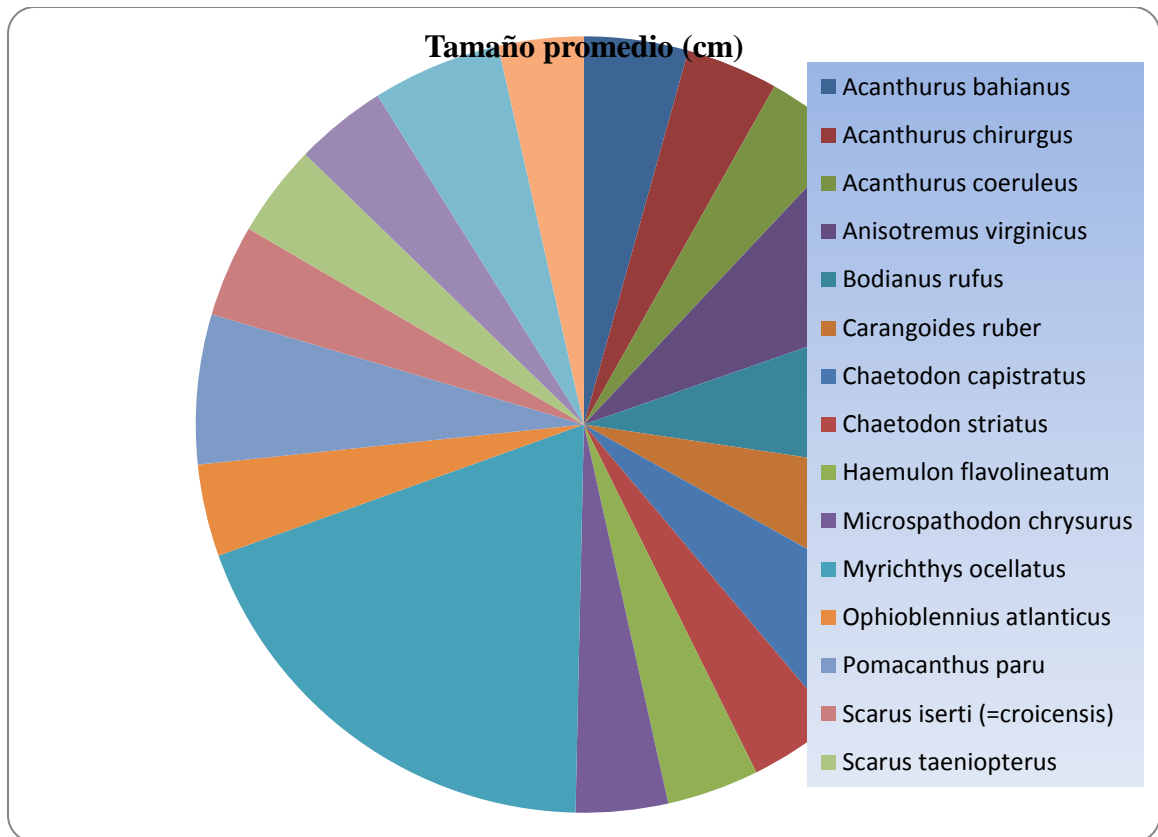


Figura 4. Gráfica comparativa para las cantidades de peces por especie



*Figura 5.* Gráfica comparativa para los tamaños de las especies de peces

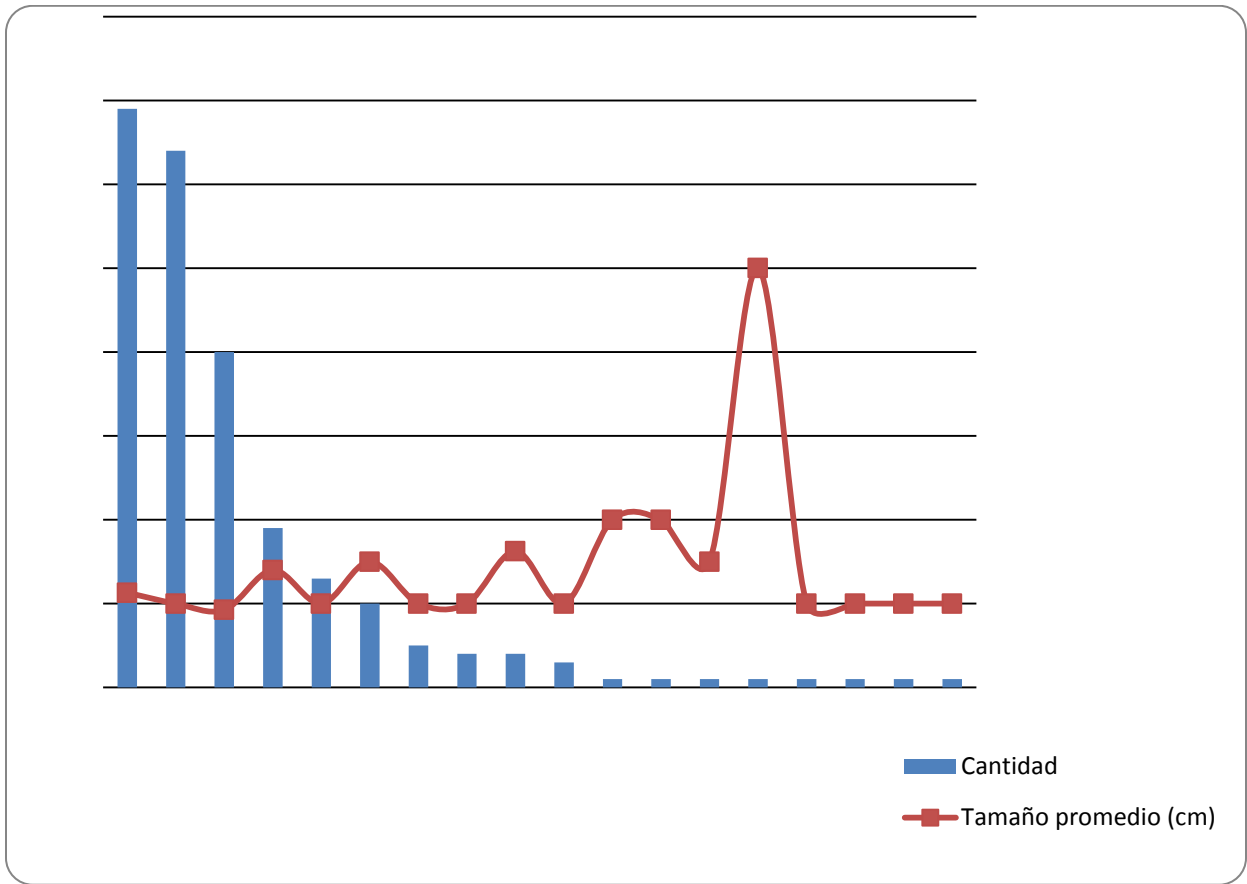


Figura 6. Gráfica comparativa de la cantidad y tamaño promedio de las especies de peces

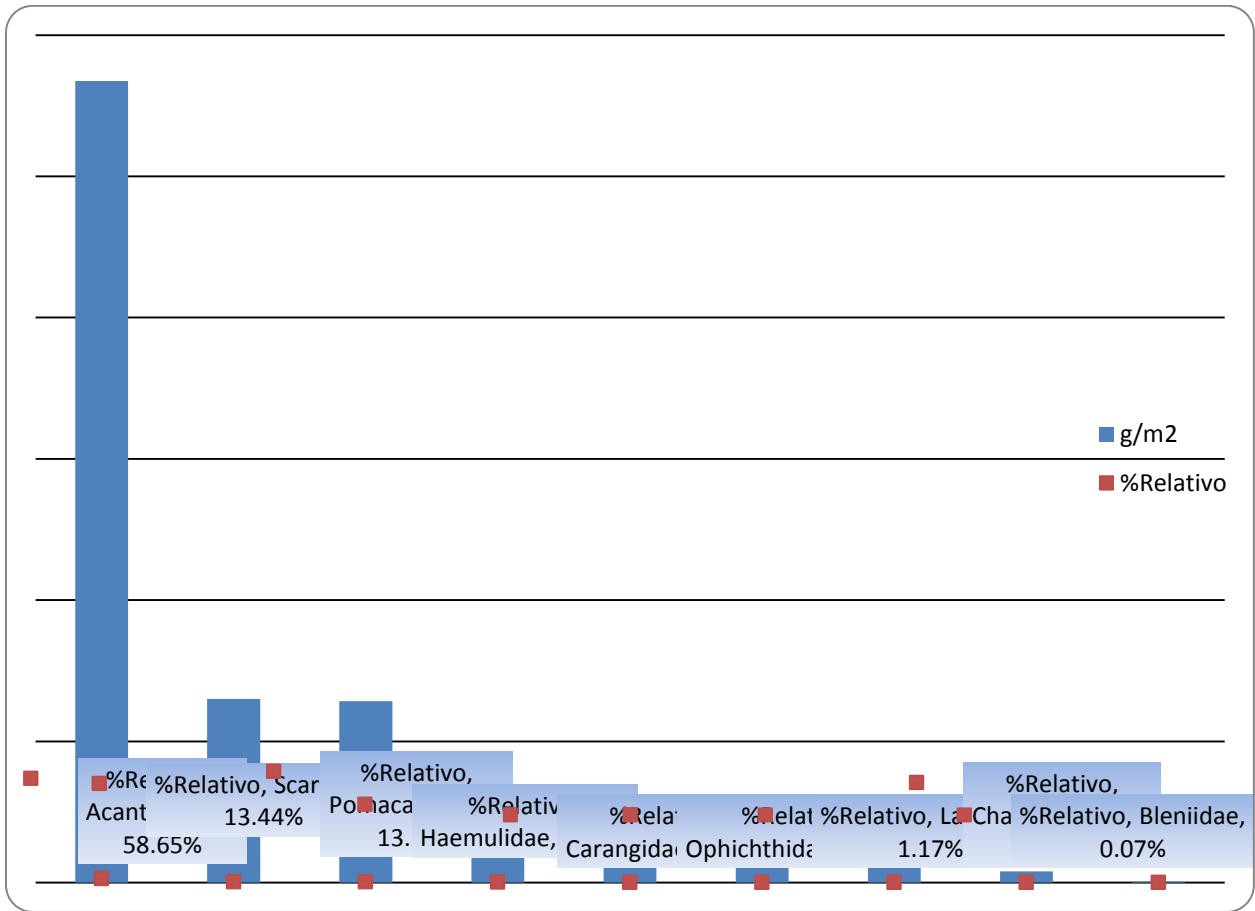


Figura .7 Biomasa g/m<sup>2</sup> por familias y % relativo.



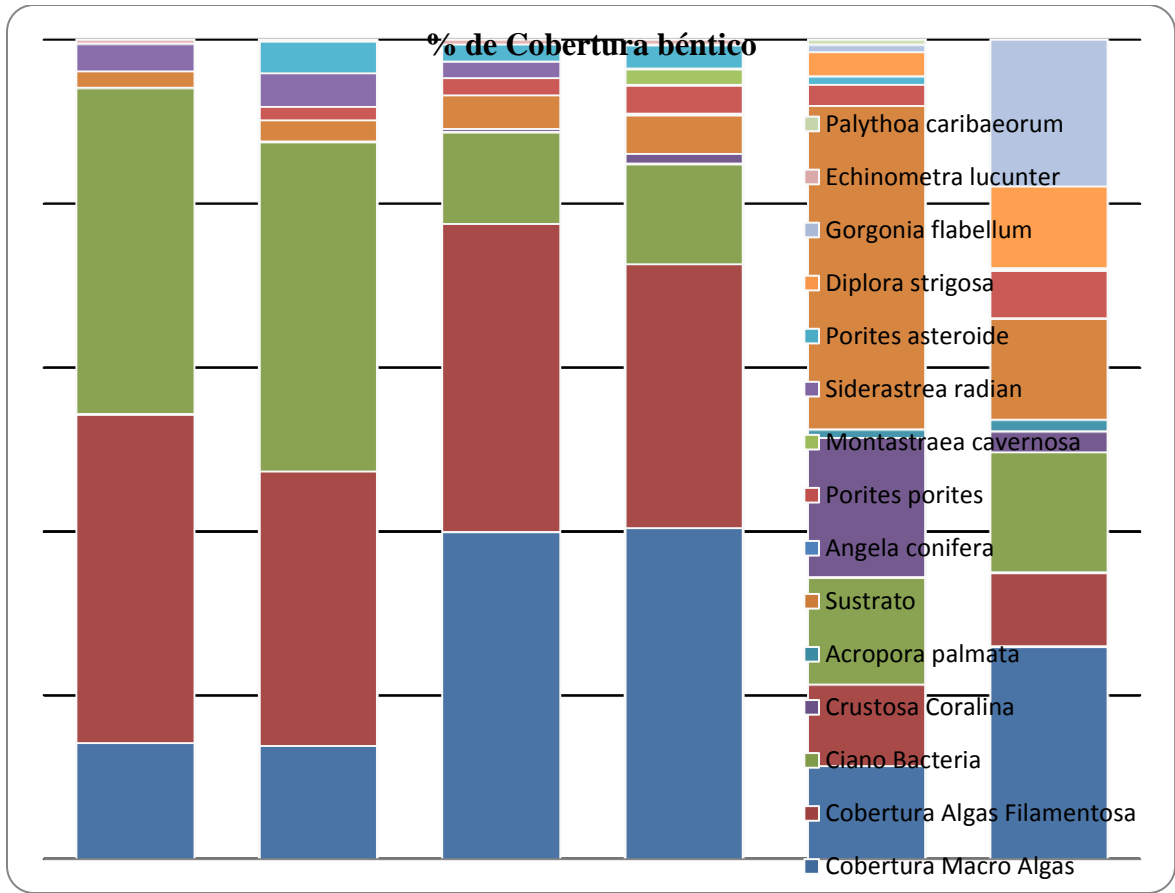


Figura 8. % de cobertura por cada transecto para fauna béntica.

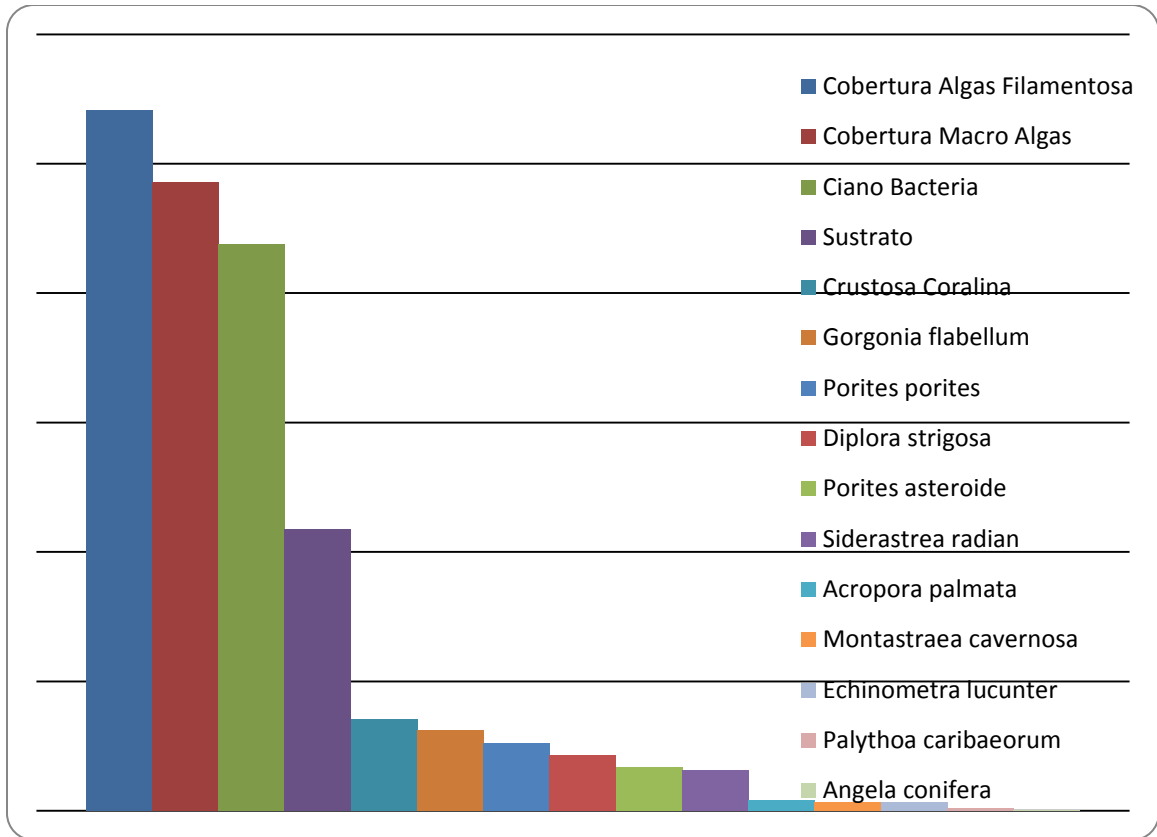


Figura 9. Promedio de cobertura en % para organismos bénticos

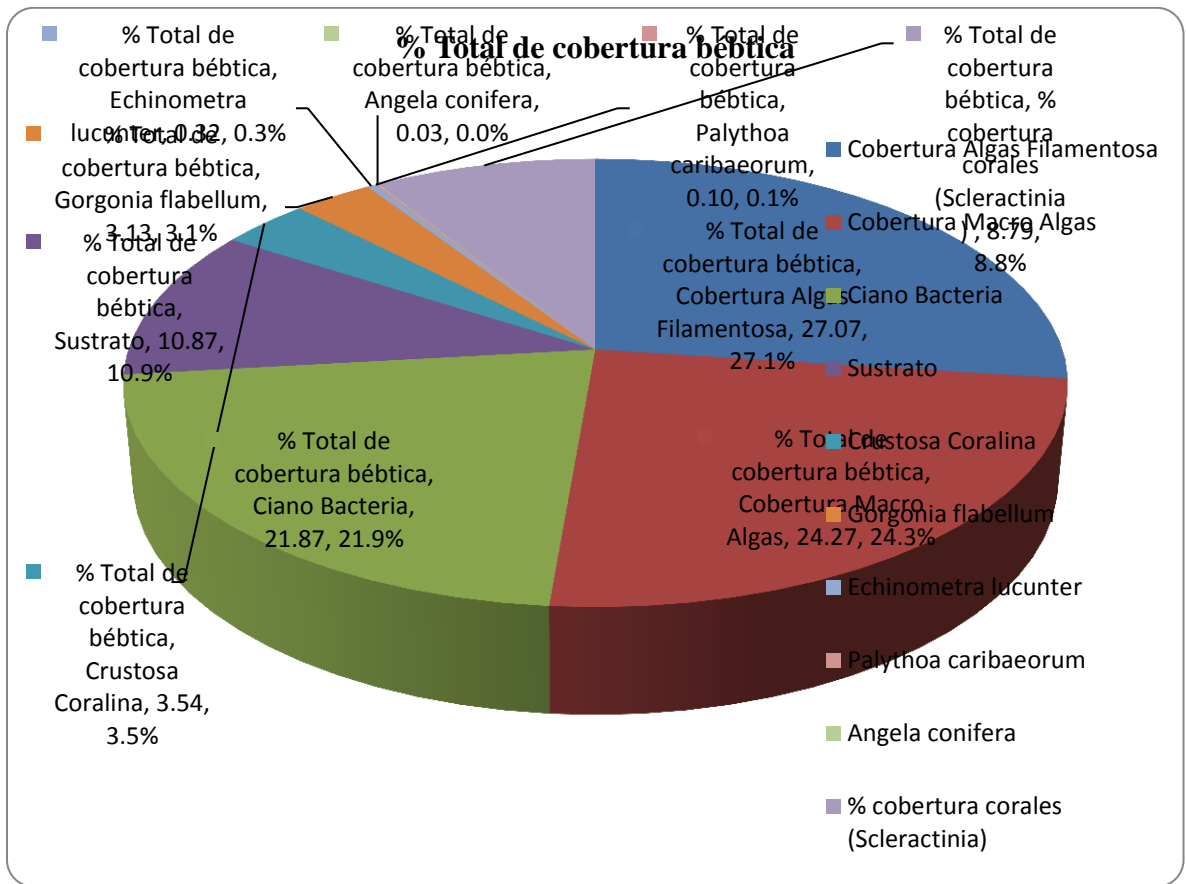


Figura 10. Gráfica comparativa para el porcentaje de cobertura de organismos bénticos y de corales pétreos del área de análisis.

## APÉNDICES

Apéndice 1. Transectos peces (10 x 30m<sup>2</sup>)



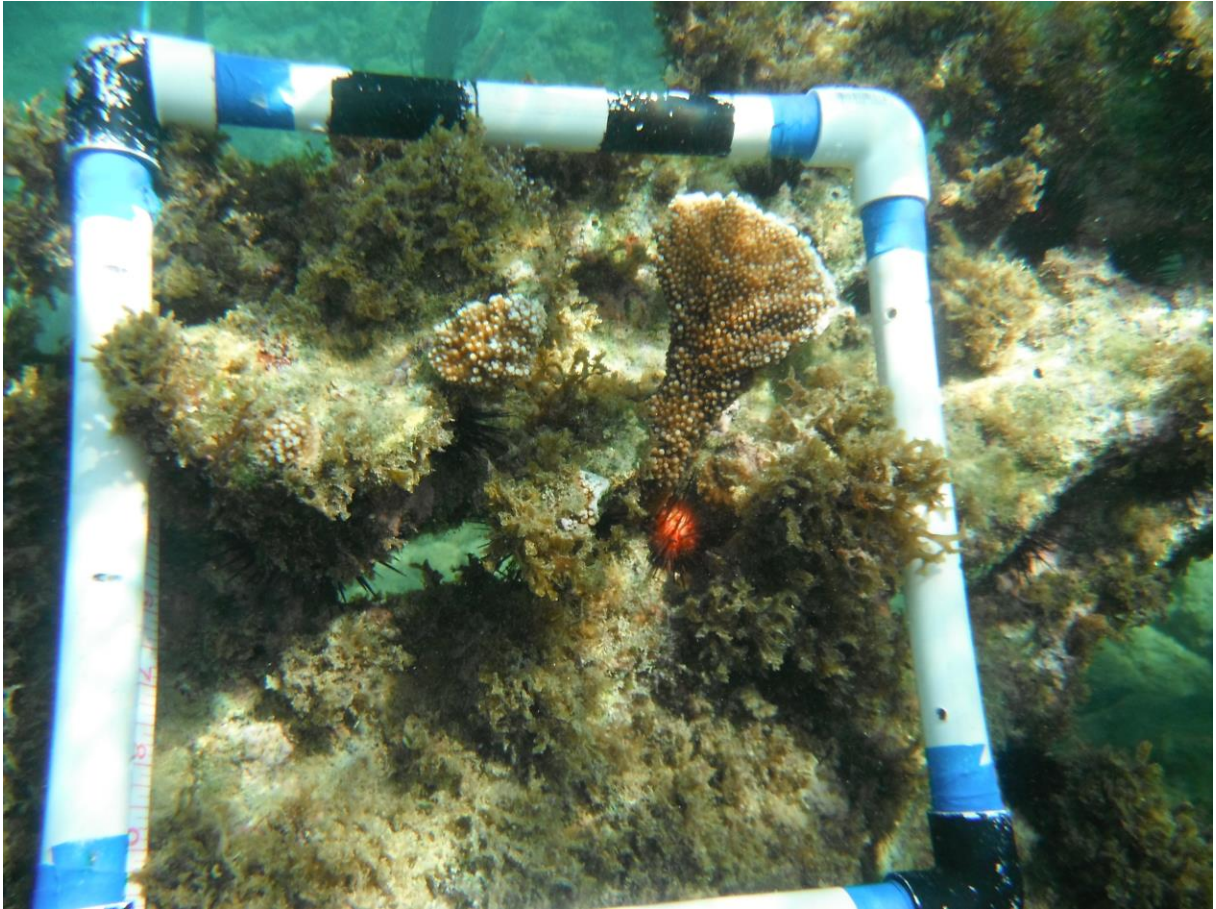
Apéndice 2. Transectos bénticos (6 x 10 m, 25 cm<sup>2</sup> cada 10 cm)



Apéndice 3. Realización de transecto béntico

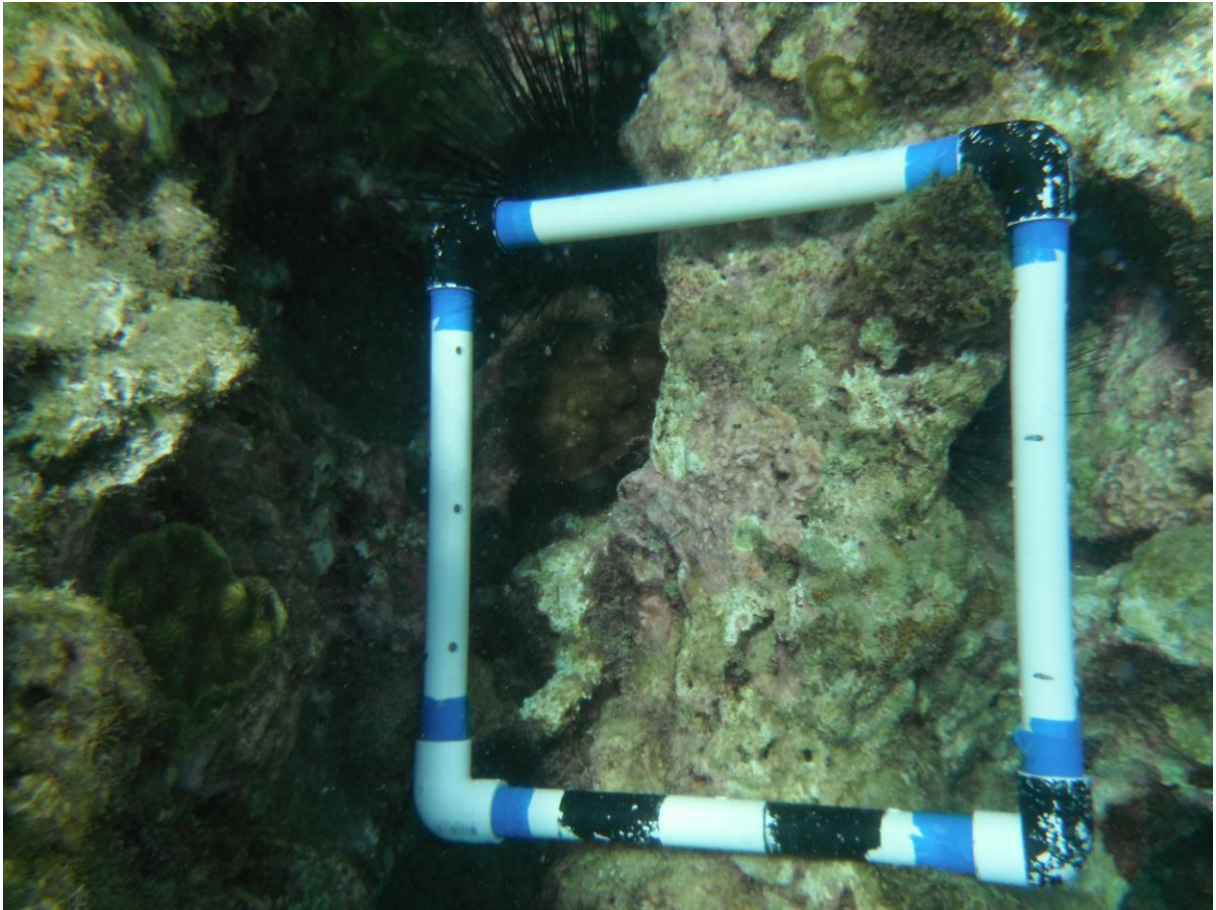


Apéndice 4. Brotes de *A. palmata* compitiendo con macroalgas del género *Dyctiota*. Se observa el bajo potencia de reclutamiento.





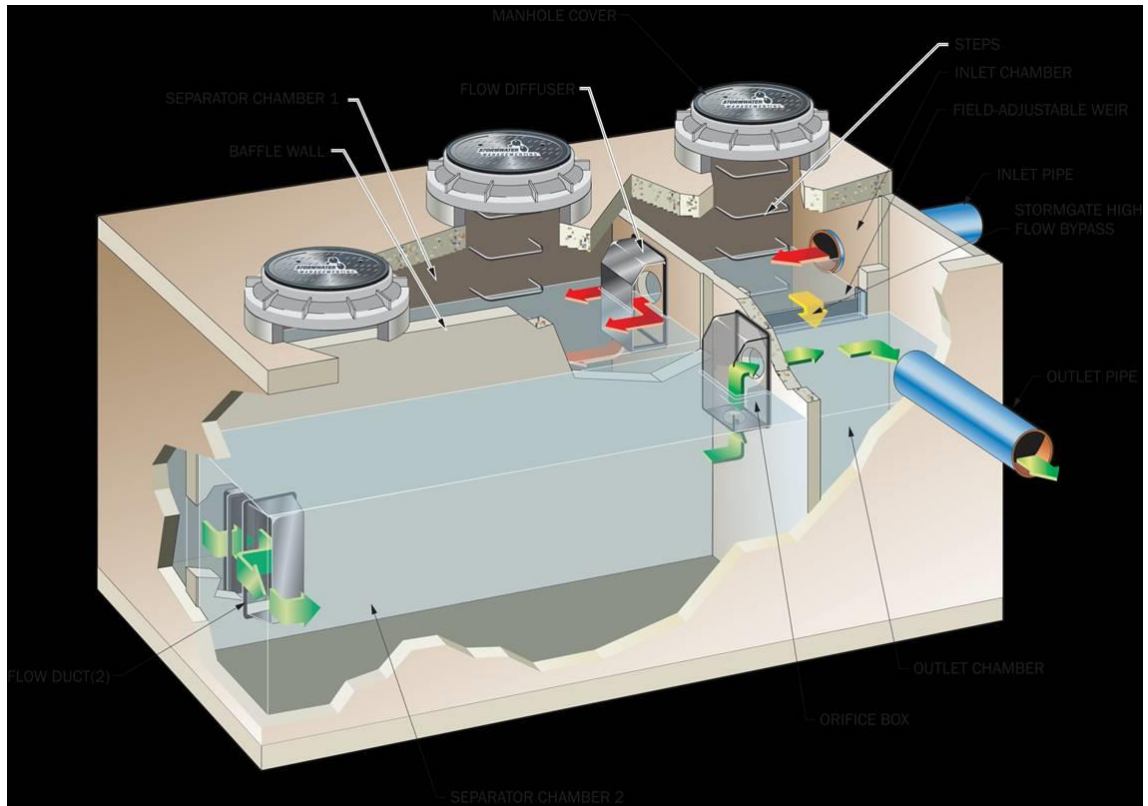
Apéndice 5. Área colonizada por *Diadema antillarum*. Nótese el área limpia de algas filamentosas y macroalgas, además de la cobertura de algas crustosa coralina permitiendo un área de alto potencial de reclutamiento.



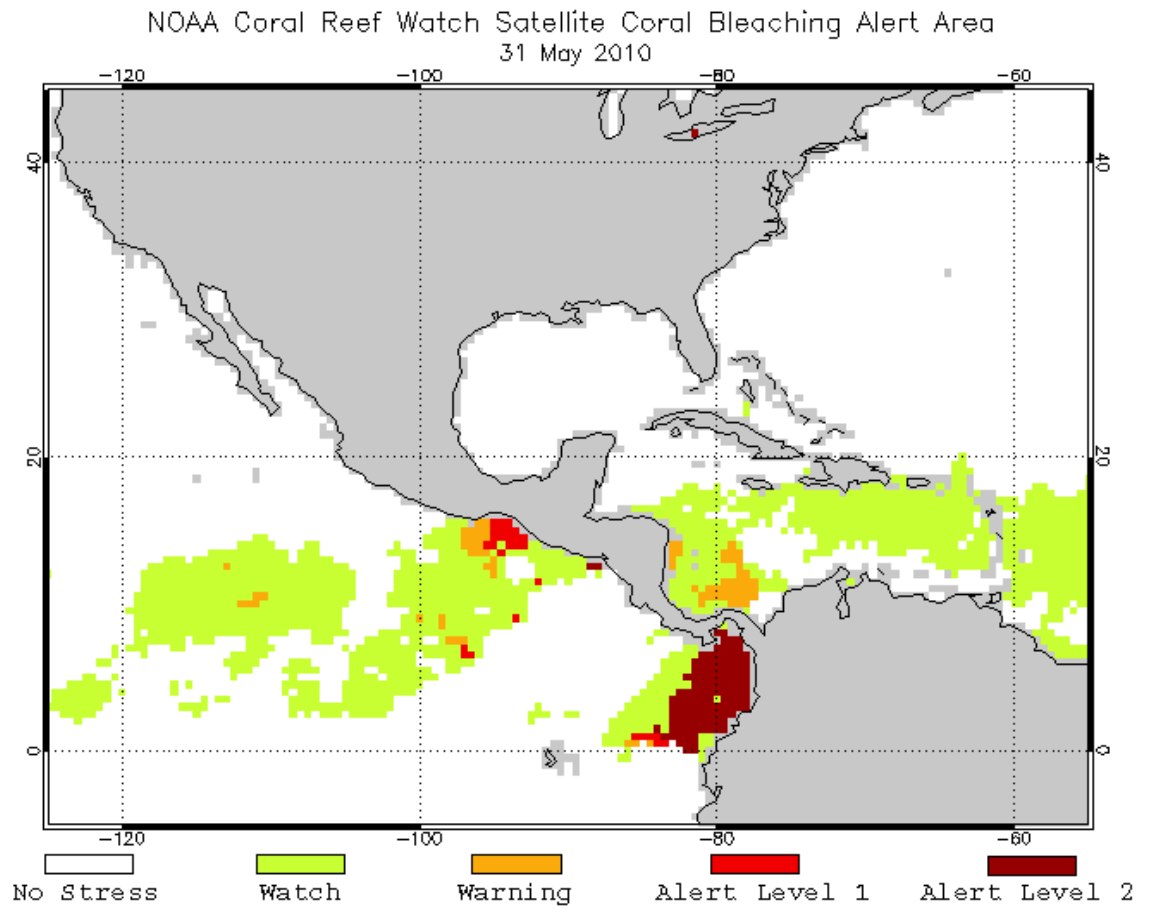
Apéndice 6. Sistema de filtración de escorrentías pluviales



Apéndice 7. Separador de aguas pluviales, (<http://www.hiwtc.com/products/stormwater-management-storm-gate-separator-2059-6798.htm>)



Apéndice 8. Monitoreo por satélite de la temperatura superficial de las aguas



## Apéndice 9. Posibles áreas de fincas de corales



Apéndice 10. Hoja de campo para censo béntico

Surveyor:	Site Name:	AGRRR Code:	Reef Type:	Subzone/Habitat:									
Date:	Day #:	Site #:	Latitude:	Reef Zone:									
Start Time:	Bottom Temp.: °C/ °F	Longitude:	Site Comments (location details, lionfish, etc.):										
Record macroalgal heights for a total of 2 transects/site. If macroalgae are scarce (<10% cover), try to measure in all 6 transects/site.													
Start Depth:	ft/ m	End Depth:	ft/ m	juvenile <i>Diadema</i> :	adult <i>Diadema</i> :	Lobster:	Live Q. Conch:	Lionfish:	Quadrats				
Transect #:	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	#	≤ 2 cm Coral Recruits	Substratum
0 cm													
10 cm													
20 cm													
30 cm													
40 cm													
50 cm													
60 cm													
70 cm													
80 cm													
90 cm													
Trash:	Predominant Alga(e):					Transect Comments:							
Start Depth:	ft/ m	End Depth:	ft/ m	juvenile <i>Diadema</i> :	adult <i>Diadema</i> :	Lobster:	Live Q. Conch:	Lionfish:	Quadrats				
Transect #:	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	#	≤ 2 cm Coral Recruits	Substratum
0 cm													
10 cm													
20 cm													
30 cm													
40 cm													
50 cm													
60 cm													
70 cm													
80 cm													
90 cm													
Trash:	Predominant Alga(e):					Transect Comments:							
Start Depth:	ft/ m	End Depth:	ft/ m	juvenile <i>Diadema</i> :	adult <i>Diadema</i> :	Lobster:	Live Q. Conch:	Lionfish:	Quadrats				
Transect #:	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	#	≤ 2 cm Coral Recruits	Substratum
0 cm													
10 cm													
20 cm													
30 cm													
40 cm													
50 cm													
60 cm													
70 cm													
80 cm													
90 cm													
Trash:	Predominant Alga(e):					Transect Comments:							
DETAILED CODES				"Algae"				Invertebrates					
<b>Calcifiers</b> 4-letter coral code for live coral species (or genus) BL-coral code for fully bleached coral species (or genus) ND-coral code for newly dead coral species (or genus) CCA = Crustose Coralline Algae, or POR = <i>Porolithon pachydermum</i> ND-CCA = Newly Dead CCA CWT = Calcified Worm Tubes, PEY = <i>Peyssonnelid</i> Algae <b>Miscellaneous</b> SED = Sediment or SAND = Sand or MUD = mud ROCK = Hard Surface or DC = Dead Coral or PV = pavement RB = Rubble XXX = Unknown or invisible (e.g., in a hole)				CYAN = Any conspicuous ("nuisance") Cyanobacteria TA = Turf Algae, or TAS = Turf Algae + Sediment (Mat) FMA/# = Fleshy Macro Algae/# or DIC/# = <i>Dictyota</i> /# or LOB/# = <i>Lobophora</i> /# CMA/# = Calcareous Macro Algae/# or HAL/# = <i>Halimeda</i> /#, or HAM/# = <i>Halimeda</i> mat or HGM/# = <i>H. goreaui</i> mat#; HOM/# = <i>H. opuntia</i> # FMA-CMA/# = mixed Fleshy & Calcareous Macroalgae/ or names/# = names of (or codes for) any other algae, or any specific mixtures of algae/# For macroalgae: # = height (cm) Optional: measure height for turfs & cyanobacteria				AINV = Aggressive Invertebrate CHON = <i>Chondrilla caribensis</i> or CLIO = clionid sponge, or CDEL = <i>Citona delitrix</i> (orange), or CZOO = Zooxanthellate (brown/black) clionid or BRI = <i>Briareum asbestinum</i> or ERY = <i>Erythropodium caribaeorum</i> or PAL = <i>Palythoa caribaeorum</i> or TRI = <i>Trididemnum solidum</i> or name = name of (or code for) any other AINV OINV = Other (non-aggressive) Invertebrate or SPO = Epibenthic sponge or GOR = Gorgonian holdfast or name = name of (or code for) any other OINV					
				SUBSTRATUM CODES									
				LC = Live Coral DC = Dead Coral PV = Pavement RB = Rubble SAND = Sand Other = none of the above, or Ident									

# Apéndice 11. Hoja de campo para censo de peces

Surveyor:		Date:		Site Name:		AGRRA Code:		Surveyor:		Date:		Site Name:		AGRRA Code:									
Day #:	Site #:	Latitude:	Longitude:	Bottom Temp.:	°C/	°F																	
Transect #:	Start Time:	Start Depth:	f/	m	Max. Relief:																		
Site Comments:			Transect Comments:									Site Comments:			Transect Comments:								
Family	Species	0-5 cm	6-10cm	11-20cm	21-30cm	31-40 cm	> 40 cm	Family	Species	0-5 cm	6-10cm	11-20cm	21-30cm	31-40 cm	> 40 cm								
Angelfish	Gray Angel							Angelfish	Gray Angel														
	Rock Beauty								Rock Beauty														
Butterflyfish	Foureye Butter							Butterflyfish	Foureye Butter														
	French Grunt								French Grunt														
Parrotfish	Princess Parrot							Parrotfish	Princess Parrot														
	Redband Parrot								Redband Parrot														
	Stoplight Parrot								Stoplight Parrot														
	Striped Parrot								Striped Parrot														
Sea Bass	Coney							Sea Bass	Coney														
	Graysby								Graysby														
Snapper	Mutton Snapper							Snapper	Mutton Snapper														
	Schoolmaster								Schoolmaster														
	Yellowtail Snapper								Yellowtail Snapper														
Surgeonfish	Blue Tang							Surgeonfish	Blue Tang														
	Doctorfish								Doctorfish														
	Ocean Surgeon								Ocean Surgeon														
Triggerfish	Moray							Triggerfish	Moray														
Wrasse	Spanish Hogfish							Wrasse	Spanish Hogfish														
	Yellowhead								Yellowhead														
Filefish	Porcupinefish							Filefish	Porcupinefish														
	Porgy								Porgy														
Other	Banded Pufferfish							Other	Banded Pufferfish														
	Bar Jack								Bar Jack														
	Chubs								Chubs														
	Great Barracuda								Great Barracuda														
	Permit								Permit														
	Spotted Trunkfish								Spotted Trunkfish														
	Yellowtail Damsel								Yellowtail Damsel														
Lionfish							Lionfish																

Apéndice 12. Certificación de curso online, *Reef Resilience*.





Apéndice 13. Patrón de corrientes en la reserva marina.

