

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

**EDUCACIÓN INFORMAL PARA LA RESERVA NATURAL
ARRECIFE DE LA CORDILLERA**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Artes en Estudios Ambientales
en Educación Ambiental

Por

Teresa Ivette Pacheco Vergés

DICIEMBRE 2013

DEDICATORIA

*A Dios que me dio la vida y me ha mostrado su
gracia y misericordia en estos momentos de mi vida .*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco meritoriamente a todas las personas que de alguna u otra forma colaboraron conmigo para la creación de este trabajo. A Dios, sobre todo, por ese día en el cual comencé los estudios en la Universidad Metropolitana a través de Programa de Capacitación Científica para la Inmersión en la Naturaleza (PICCIN) que fue un proyecto auspiciado por el Consejo de Educación Superior, hoy Consejo de Educación de Puerto Rico. Les estoy agradecida a mis primeros profesores Dr. Carlos Padín, Dr. Juan C. Musa y la Dra. Álida Ortiz, pues sembraron una base en mí de lo que representa la educación ambiental y cómo ésta influye en el ser humano. Aunque no menos importante, también, le agradezco a todos los demás profesores por haber inculcado notas del saber en mi vida, cumpliendo con la misión de enseñarme los valores ambientales de tal forma que los pudiera reconocer y enseñarlos a otros. También mis agradecimientos a la Bióloga encargada de Investigaciones Científicas de la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera, la Sra. Rosaly Gutiérrez por su ayuda brindada en este importante trabajo, ya que me abrió las puertas de su oficina en la Marina Puerto del Rey en Fajardo para poder realizar mi investigación.

Agradezco a mi madre querida Rosa A. Vergés Inserni, a mis hermanos y demás familia, quienes cuando hubo momentos en los que quería dejar todo atrás, me motivaron siempre a seguir hacia adelante hasta lograr la meta. A mis compañeros de trabajo, en especial, a Mayra Córdova, Carmen Bonilla y a todo mi equipo de trabajo por su apoyo en los momentos más difíciles.

Reconozco la labor realizada por la Milka L. Miranda Rodríguez, bibliotecaria auxiliar del Centro de Información Ambiental del Caribe en la Biblioteca de la UMET, quien colaboró

en la etapa final de la investigación. Su colaboración fue determinante por sus excelentes recomendaciones en la corrección y organización del documento. Su asistencia técnica fue de gran provecho en la búsqueda adicional y revisión de literatura relevante, así como otros consejos útiles para el desarrollo de la investigación. Al Sr. Héctor Otero por su recomendación de visitar el Centro y por hacerme reír en los momentos de mayor tensión.

También como parte de los agradecimientos cabe mencionar a la Srta. Omayra Gorgas por su ayuda y consejos. A la Sra. Ivelisse Román ya que fue de gran ayuda en el momento que más la necesité, me ayudaste en la toma de fotos para el producto de mi investigación y por haberte involucrado con los costos de los gastos de transporte y de alimentos cuando íbamos a la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera. Eres un éxito y deseo que Dios te dé mucha salud y bienestar amiga.

Gracias a todos aquellos que leían, leían y leían mis escritos y decían dónde necesitaba más referencias. Esto te lo agradezco a ti Emma Figueroa. Agradezco a Selinette Álvarez por referirme a la orientadora del Programa de Título V, la cual tuvo a bien escucharme, darme unos consejos sabios y referirme a la Biblioteca. Sin ustedes, a los que me ayudaron, este proyecto no hubiese sido posible. Les deseo que Dios les bendiga rica y abundantemente, que la paz y el amor de Dios reinen en sus corazones y sigan siendo de ayuda al estudiante. ¡Dios les bendiga mucho!

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE APENDICES	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
Trasfondo del problema.....	2
Problema de estudio.....	3
Justificación del estudio.....	5
Meta.....	7
Objetivos.....	7
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
Trasfondo histórico.....	8
Marco conceptual o teórico.....	20
Estudios de casos.....	24
Marco legal.....	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, ANALÍISIS Y RESULTADOS.....	29
Introducción.....	29
Periodo de investigación.....	30
Hallazgos y análisis.....	32
CAPÍTULO IV: PRODUCTO.....	33
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
LITERATURA CITADA	37

APENDICES.....	42
Apéndice 1. Mapa de la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera.....	43
Apéndice 2. Coral cerebro (<i>Diploria labyrinthiformis</i>).....	44
Apéndice 3. Coral cuerno de alce (<i>Acropora palmata</i>).....	45
Apéndice 4. Coral cuerno de ciervo (<i>Aropora cerviconis</i>).....	46
Apéndice 5. Coral de fuego (<i>Millepora complanata</i>).....	47
Apéndice 6. Coral abanico (<i>Gorgonia ventalina</i>).....	48
Apéndice 7. Coral viviendo sobre coral muerto.....	49
Apéndice 8. Carta del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.....	50
Apéndice 9. Opúsculo de la Reserva Natural Arrecifes de Cordillera.....	52
Apéndice 10. Presentación digital de la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera.....	55
Notas de campo y fechas de visitas.....	73

RESUMEN

La Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera (RNAC) está ubicada en el municipio de Fajardo. La RNAC consta de varios islotes y cayos donde la vida marina y las aves que imparten un colorido al lugar. El objetivo de esta investigación es dar a conocer la RNAC y los servicios que ofrece al investigador, científico o visitantes. Las estrategias utilizadas para esta investigación fueron la visita al área y la toma de fotografías como base principal para evidenciar los hallazgos que hubo en la zona de estudio. El opúsculo presenta la importancia de la RNAC como un ecosistema marino, la estructura geológica y la biodiversidad existente en ésta. Asimismo, presenta el valor ecológico y turístico que ésta posee dentro del ecosistema de arrecifes y su sistema natural. El producto resultante de este trabajo fue elaboración de un opúsculo y una presentación que incluyen los atributos que tiene la RNAC, de modo que las personas se instruyan y creen conciencia de este ecosistema del cual forma parte. Se recomienda tanto a las entidades públicas como privadas que tengan en cuenta en sus plataformas educativas la conservación de los recursos naturales en Puerto Rico.

ABSTRACT

The Natural Reserve of the Cordillera Reefs (RNAC) is located in the municipality of Fajardo. The RNAC consists of several islets and cays where marine life and birds that portray a colorful place. The objective of this research is to publicize the RNAC and the services it offers to the researcher, scientist and visitors. The strategies used for this research were the visit to the area and the taking of photographs, as a basis to show the findings obtained in the area of study. The brochure presents the importance of the RNAC as a marine ecosystem; it describes the geological structure and the existing biodiversity, among other features of the Reserve. Also, you will find the ecological and tourist value that it holds within the reef ecosystem and its natural environment. The product resulting from this work was the preparation of a brochure and a presentation to include the attributes of the RNAC, so that the general public may be educated in order to create awareness of this natural reserve. We recommended to the public and private entities to include in their educational curriculum the conservation of natural resources in Puerto Rico like the one presented in this study.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema

El proceso de designación de reservas naturales representa uno de los primeros pasos para el manejo óptimo de los recursos y sistemas naturales de Puerto Rico. La conservación de los recursos naturales está al amparo de la Constitución del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. La cual establece la política pública para la conservación de los recursos naturales en beneficio de los ciudadanos incluyendo a las nuevas generaciones (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, 2009).

De acuerdo al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), las reservas naturales son áreas que han sido designadas por la Junta de Planificación de Puerto Rico (JP). Debido a sus características físicas, ecológicas, territoriales y por el valor de los recursos naturales, éstos merecen ser conservados, preservados o restaurados (DRNA, 2006).

En Puerto Rico existe una gran diversidad de recursos naturales con valor ecológico por las características y la biodiversidad que los distinguen. Estas áreas merecen ser conservadas por la importancia que representan a los ecosistemas marinos y terrestres (DRNA, 2006). Los ecosistemas marinos poseen aspectos que los diferencian y caracterizan de los demás por la biodiversidad de muchas especies que habitan. Los arrecifes de coral son sistemas marinos diversos de alta productividad fundamental, que sirven como refugio, alimentación y reproducción de especies de la costa y zona marítima (Nybakken, 1993; Vázquez, 2003).

Los arrecifes son sistemas complejos que han sufrido múltiples daños a través de los años, causando la mortandad y degradación de los mismos. La razón de la crisis de esta

destrucción es la combinación de impactos directos a causa de las actividades antropogénicas, los cuales han causado estrés en conjunto a los cambios climáticos que también afectan directamente a la comunidad de arrecifes (Fernández & López, 2008).

Dentro del grupo de los arrecifes que se encuentran en Puerto Rico, se destaca la Reserva Natural de Arrecifes de la Cordillera (RNAC). Los Cayos de la Cordillera también fueron considerados como reserva natural para el año 1989 por el Programa de Manejo de Zonas Costeras del DRNA. La RNAC está ubicada en la Costa Este del municipio de Fajardo entre las latitudes 18° 23' 50" y longitudes 65° 36' 15" (DRNA, 2002). La cual cubre aproximadamente 18 millas náuticas con una superficie total de 120 kilómetros cuadrados (km²) (DRNA, 2009 p. 6).

La RNAC consiste de un sistema de cadenas de pequeñas islas, cayos, islotes rocosos y arrecifes de coral. Se encuentran las Cucarachas, los Farallones, Cayo Icacos, Cayo Ratonés, la Blanquilla, Cayo Diablo, la Isla de Palominitos, los Arrecifes Hermanos y Barriles. Palominitos (Apéndice 1), no se encuentra alineada con el resto de la cadena, se localiza al Sur de la Reserva y al este de la Rada de Fajardo. Las Reservas Cayos Lobos e Isla de Palominos forman parte de la cordillera de la cadenas antes mencionadas, aunque son privadas. Todos los terrenos sumergidos y aguas que bordean cada uno de los cayos e islas, incluyendo la zona marítimo terrestre son parte de la Reserva Natural Arrecife de la Cordillera (DRNA, 2009).

Al norte de estas formaciones se encuentra el Océano Atlántico, por el sur el Cayo Largo, por el oeste localizan el Pasaje de San Juan y Cabo San Juan y en el este el Pasaje Barriles. Todas las islas tienen acceso por botes saliendo desde los puertos y las marinas de las costas de Fajardo y Las Croabas (DRNA, 2002).

En la RNAC hay una gran biodiversidad de flora y fauna (DRNA, 2009; Joglar, 2005). En la misma existe una diversidad de aves marinas que ofrecen atractivo al área. Asimismo la vegetación que la compone en las islas y los cayos la cataloga como un bosque subtropical seco (DRNA, 2009 p. 25). De acuerdo a Dávila (1994), las zonas de vidas de Holdridge el bosque subtropical seco es una zona seca, cuya cobertura es la segunda en la isla. La vegetación es decidua y cubre la mayor parte del suelo. Debido a la poca disponibilidad del agua, la vegetación se caracteriza por hojas pequeñas, suculentas o cariáceas con espinas. El agua es un factor que limita los ciclos de vida debido a que las estaciones de lluvia y sequía son muy evidentes en esta zona de vida. En las costas, los bosques de mangle (rojo, blanco y negro) constituyen las formas de agrupaciones de flora de litorales costeros más importantes (Dávila, 1994 p. 12).

Problema de estudio

De acuerdo a un estudio realizado para el DRNA por la Sociedad Ambiente Marino, Inc. (2008), señala que aproximadamente un 30% de los arrecifes coralinos están severamente deteriorados. Se estima que en un periodo de 15 años, se perderán un 60% como resultado de las actividades humanas debido a la proximidad de la Reserva Natural de la Cordillera a las localidades que comprenden el lado de barlovento de los arrecifes Cayo Diablo, Cayo Icacos, Cayo Lobos, Palomino y Palominitos.

En los últimos años, estudios han evidenciado el riesgo y las amenazas principales a las que están expuestos los arrecifes de coral dentro del ecosistema costero del este (Sociedad Ambiente Marino, 2008; Weil, Croquer, & Urreiztieta, 2009). Esto implica las dimensiones sociales y económicas causadas por la intervención del hombre que impactan la salud del ecosistema. La contaminación e impactos (directos e indirectos) a los arrecifes pueden

manifestarse de diversas maneras. Estos impactos causan blanqueamiento, enfermedades, eutrofización, especies invasivas, sobrepesca, daños físicos, sedimentación y turbidez (Hernández, 2005).

La costa este de Fajardo es un área que integra diversos elementos al aire libre, que la han convertido frecuentemente en un atractivo natural para diversos usuarios o visitantes compuestos por todo tipo de público. Las personas que lo visitan encuentran este lugar apropiado para llevar a cabo considerables actividades como un componente integrador entre la naturaleza y los diversos usos asociados desde una simple observación del escenario para la toma fotográfica hasta la investigación científica. Los usos son realizados por un tipo de usuarios que identificamos como grupos de diversos sectores como estudiantes en visitas ecológicas, jóvenes con intenciones de integración en el sitio con sus amigos, un lugar de inspiración, personas que encuentran un lugar de esparcimiento, en este mismo un momento para relajarse y descansar en un ambiente natural. Esta reserva natural brinda la apertura para disfrutar de diferentes actividades en armonía con el ambiente que aportan al interés socio-económico desde otra dimensión (Sociedad Ambiente Marino, 2008). Sin embargo, la información disponible de la RNAC para el público está obsoleta e inadecuada.

Además, los usuarios no hacen buen uso del mismo, ya que en la reserva natural carece de personal diestro que eduque al público visitante. A pesar de la importancia de este ecosistema marino como una reserva natural y de las leyes promulgadas para su resguardo, actualmente están sin protección. De acuerdo Burke y Maidens (2004) en la isla se han establecido reservas naturales bajo la jurisdicción administrativa. Sin embargo, no se le ha dado una protección rigurosa ni un manejo seguro ante la falta de leyes que monitoreen eficazmente las actividades pesqueras, recreativas y otras.

Los arrecifes son vulnerables a estresores antropogénicos y naturales que amenazan su existencia. De acuerdo a los estudiosos los impactos naturales como las olas generadas por los huracanes que azotan a los trópicos, los cambios dramáticos en la temperatura, la salinidad del agua y la depredación por otros organismos son factores naturales que perturban la Reserva. Otras amenazas son factores antropogénicos causados por la contaminación, deforestación de las costas, extracción indiscriminada y sobrepesca también desestabilizan e interrumpen el balance natural del ecosistema y la adaptación de los arrecifes de la Reserva (García-Sais, 2003 p. 91).

El componente educativo-científico relacionado con los procesos físicos y biológicos son importantes ya que es un recurso de incalculable valor para el turismo y la educación de los visitantes (Sociedad Ambiente Marino, 2008). Sin embargo, la RNAC no cuenta con material informativo ni un opúsculo educativo actualizado que brinde orientación del lugar ya que el existente es del año 2002. Para atender el problema, pretendemos desarrollar un opúsculo informativo relacionado con el sistema de los Arrecifes de la Cordillera, que destaque el valor ecológico, turístico y científico que el lugar posee.

Justificación

Este proyecto se justifica dada la importancia de la RNAC que fue designada el 2 de enero de 1980 con el propósito de proteger esta área de gran valor natural y ecológico de los diversos usos y actividades que se realizan en el lugar. La RNAC cuenta con un plan de manejo que fue revisado en el 2009 (DRNA, 2009). Sin embargo, no hay un opúsculo educativo actualizado ya que el último es del 2002.

Es de suma importancia la creación de un opúsculo nuevo y actualizado que sirva de material educativo para diferentes visitantes, turistas, comunidades y público general. De esta

manera, se atrae al visitante a conocer la biodiversidad del lugar así como la flora, fauna y las formaciones de la Cordillera (Molinaris & Morell, 2010).

El componente educativo-científico que estudia los procesos físicos y biológicos serán esenciales como una herramienta educativa por el valor ecológico que representa la Reserva en la educación (Molinaris & Morell, 2010; Sociedad Ambiente Marino, 2008). Hace 11 años que no se actualiza la información que existe por lo que es meritoria la creación de material educativo nuevo que brinde información relacionada a la RNAC. Para atender el problema, pretendemos desarrollar además del opúsculo informativo una presentación a estudiantes de todos los niveles, campamentos de verano y personal docente. Todo esto enfocado en el sistema de los Arrecifes de la Cordillera para destacar los beneficios, el valor ecológico, turístico y científico que el lugar representa.

De acuerdo a Hernández (2005) la historia de los arrecifes de coral en la isla ha sido escasamente documentada, a pesar de que los arrecifes constituyen un recurso natural costero que tiene un sinnúmero de beneficios incalculables. Algunos bienes y servicios son considerables para las especies marinas que habitan en estas áreas ya que son fuente de alimento de otros organismos superiores, formando unas redes alimentarias más importantes. También para la industria pesquera ofrecen sustento y alimentación ya que sirven de hábitat para numerosas especies marinas de consumo humano con gran valor económico. En términos ambientales, proveen protección a las costas contra la erosión y los embates de las olas.

Los arrecifes de la Cordillera de Fajardo y Vieques poseen un potencial recreativo que fomentan el turismo, que cautivan diversos usuarios y visitantes por su diversidad, belleza y colorido. Por último, los pedazos rotos y depósitos de sedimentos y arenas calcáreas que se

generan de los mismos corales u otros organismos con esqueletos calcáreos renuevan a las costas con arenas blancas de las playas.

Meta

La meta principal de la investigación es aportar al aprendizaje del visitante diseñando un opúsculo educativo sobre la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera. Se pretende que los visitantes de la Cordillera se eduquen sobre el valor ecológico de los arrecifes de coral de la Reserva.

Además, pretendemos desarrollar una presentación dirigida a estudiantes de todos los niveles, campamentos de verano y personal docente. Destacando la importancia del sistema de los Arrecifes de la Cordillera por los beneficios, el valor ecológico, turístico y científico que el lugar representa.

Objetivos

1. Diseñar un opúsculo informativo donde se defina la importancia de la RNAC y su valor ecológico.
2. Documentar la importancia que tienen los arrecifes de coral en la RNAC.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo histórico

La costa norte y noroeste de la isla está formada de comunidades estrechas de arrecifes a una distancia menor de 3 km y con poca profundidad. En el caso de la franja de los arrecifes que componen la RNAC, que se distribuyen de este a oeste de la isla principal y Vieques están expuestos al fuerte oleaje durante la época de invierno. Lo que implica un aumento en el nivel de exposición y la acumulación de sedimentos por la descarga de los nutrientes provenientes de los ríos que desembocan en dichas áreas. Esta costa se caracteriza por extensos depósitos de arena que proveen sustratos desfavorables para el crecimiento de los arrecifes. Sin embargo, las formaciones de rocas dispersas dentro de esta plataforma han sido colonizados por corales (García-Sais et al., 2003).

Estas formaciones poseen diferentes tamaños, éstas son: las Cucarachas, los Farallones, Cayo Icacos, Cayo Ratones, la Blanquilla, Cayo Diablo, los Arrecifes Hermanos y Barriles y la Isla de Palominitos. Esta última no está alineada con el resto de la cadena porque está localizada en el área Sur de la Cordillera, al este de la Rada de Fajardo. También son parte de la Cordillera Cayo Lobos e Isla de Palominos, pero al ser privadas no se incluyen como parte de la RNAC. Además, los terrenos bajo agua y las aguas que bordean los cayos e islotes, así como la zona marítima terrestre están incluidos dentro de la Reserva (DRNA, 2009).

El DRNA desarrolló un plan de Manejo de la Reserva para el año 1991 con el propósito de resguardar los atributos naturales de la Cordillera. Pero nunca se oficializó a pesar de que fue designada el área como una reserva natural el 2 de enero de 1980 para proteger dicha área por su gran valor natural y ecológico. En el 2009 se elaboró finalmente un Plan de Manejo, el cual está

vigente. El mismo consideró la información relacionada con las características ambientales que la reserva natural posee. La meta de este plan es la preservación de los recursos naturales, valor escénico y condiciones físicas que conforman la RNAC para fines científicos, educativos y de recreación (DRNA, 2009).

Reserva natural

Las reservas naturales son áreas que ameritan ser preservadas en su estado natural o restauradas dada la importancia que tienen sus recursos naturales. La gran mayoría de estas áreas presentan conflictos por el uso presente y futuro a las que se exponen. Las reservas naturales son áreas designadas por el DRNA y la JP por las características físicas, ecológicas, geográficas y valor social de los recursos naturales existentes. Estas áreas se caracterizan por su alto valor natural, para asegurar que su uso y las actividades que se realicen en estas áreas sean compatibles con la naturaleza que los rodea (DRNA, 2002).

Actualmente en Puerto Rico hay 28 áreas designadas como reservas naturales y alrededor de nueve con leyes especiales. Algunas de éstas son el Bosque Estatal de Piñones, Bosque Estatal de Ceiba, la Laguna Tortuguero, la Isla Caja de Muertos, los Arrecifes de Guayama, el Río Espíritu Santo, las Cabezas de San Juan, las islas de Mona y Monito, la Laguna Cartagena, los Arrecifes de Tourmaline, el Caño Boquilla y el Caño Martín Peña, entre otras que se incluyen en la lista de reserva presentadas por el DRNA (2006).

Los arrecifes de corales que se localizan en la reserva natural son sésiles con simetría radial y pertenecen al reino animal, Filo Cnidario y Clase Anthozoa. Esta Reserva es uno de los ecosistemas más productivos y posee una amplia diversidad. Tienen la capacidad de desarrollarse en aguas que contengan pobres nutrientes, proveyéndoles un hábitat a diversas especies marinas como algas, peces e invertebrados. Además, son un recurso natural marino con

incalculables beneficios para las diversas especies que alberga en estas áreas ya que son fuente para la alimentación de otros organismos como parte de la red alimentaria. Ambientalmente forman barreras naturales para proteger las costas de la erosión y otras inclemencias del clima (Díaz, 2010; Hernández, 2005).

Clima

Las características climatológicas y oceanográficas pueden afectar su crecimiento y progreso. Estas condiciones en Puerto Rico varían marcadamente dentro del contexto insular (García-Sais et al., 2003). Los arrecifes se desarrollan en las aguas tropicales donde las condiciones ecológicas favorecen su crecimiento. Algunos factores como la temperatura del agua, salinidad, claridad del agua y los bajos niveles de nutrientes regulan el desarrollo de los mismos.

De acuerdo al DRNA (2009), en el al Plan de Manejo, señala que no existen datos registrados concernientes al clima en la reserva natural. El clima del área usualmente se compara con el de la costa este de Puerto Rico y con el clima de Culebra. Sin embargo, en el documento del plan indica que se considera las temperaturas registradas para la Base Naval Roosevelt Roads. La temperatura promedio del área es de 23.5 °C y la temperatura más alta registrada fue de 30.9°C. Además, se consideran otros datos del año 1990 ofrecidos por el DRNA que informan temperaturas entre 16.6°C y 32.8°C. El tamaño de las Islas en la Cordillera es otro factor determinante ya que la mayor parte de la lluvia que cae lo hace en el mar y no en tierra. Por lo tanto, la cantidad de lluvia que cae en los Cayos de la Cordillera es muy escasa (DRNA, 2009).

La temporada de Huracanes en Puerto Rico es durante los meses de junio a noviembre. Para el año 1989, la isla fue azotada por el Huracán Hugo el cual afectó toda la zona noreste de

la isla incluyendo la RNAC. El huracán presentó vientos sostenidos de 140 millas por hora. El Cayo más afectado por éste fue Icacos, en el cual los vientos de intensidad huracanada afectaron la morfología de la costa. Según DRNA (2009), la vegetación del lugar fue dañada y se observó una gran cantidad de erosión en las playas.

Ecosistemas marinos de la Reserva

Los ecosistemas marinos proveen una base para la industria y la infraestructura de las áreas costeras. Las áreas de las zonas costeras juegan un papel importante en la regulación del clima ya que capturan el carbono en el ciclo de nutrientes y otros sistemas ambientales. También proveen importantes recursos ya que estas actúan como barrera de protección luego de algún fenómeno atmosférico. A pesar de la importancia de las áreas costeras están siendo constantemente amenazadas, en estudios realizados donde se evaluaron estos ecosistemas se llegó a la conclusión que más del 60% están siendo utilizados de manera no sustentable (Jenkins & Agardy, 2010).

Las actividades humanas son las principales causantes de daños a los ecosistemas marinos y costeros poniendo en riesgo la vida del ecosistema. Los mares y las costas reciben grandes cantidades de contaminantes que provienen de las descargas industriales, de ciudades y otras actividades de ganadería y agrícolas. Estos ecosistemas han soportado una explotación indiscriminada de sus recursos para ser utilizados como fuente de alimento lo cual ha creado un problema en esta zona (Geo México, 2004). Estudios realizados por García-Sais et al. (2003) señalan que los arrecifes son ecosistemas vulnerables, tanto a las actividades antropogénicas como naturales. Puerto Rico no está exento de los problemas ambientales que atraviesan los arrecifes.

La geología de los Cayos e Islotes de la RNAC son de gran importancia. Las características geológicas también afectan el crecimiento y progreso de los arrecifes (García-Sais et al., 2003). En el 1959, Kaye clasificó la geología de los cayos e islotes como eolianita olítica igual que las Bahamas. La *eolianita* se define como una duna formada hace más de un millón de años cuando el nivel del mar estaba bajo. Es una duna antigua paralela a la costa que está compuesta de arena sólida cementada por depósitos del mineral carbonato de calcio (CaCO_3). Existe evidencia de cuatro generaciones de dunas cementadas que se distinguen por su dureza, color, forma, flora y fauna característicos del lugar (DRNA, 2009 p. 22).

Los depósitos de eolianita se extienden desde la costa norte del Río Grande de Loíza hasta Camuy. Esta formación no es común en las Antillas Mayores ni en Puerto Rico. Un dato importante es que la mayoría de los islotes están formados por dunas que fueron cementadas por calcita. La topografía del área sugiere que han existido al menos cuatro generaciones de dunas en los Islotes de la Cordillera, en la que la más antigua de ellas está ubicada al sur de los islotes y la más joven al norte del mismo. En el fondo marino de la Cordillera existe un gran crecimiento de corales y de algas (DRNA, 2005).

Los fondos marinos de la Cordillera son rocosos y con mucha formación coralina. También en los suelos marinos de la Cordillera se encuentra fondos arenosos que están en las aguas más profundas del lugar y fondos fangosos en las áreas menos profundas, que están cubiertos por yerbas marinas y algas (DRNA, 2009). En un estudio realizado sobre los daños mecánicos a los arrecifes de coral ocasionados mayormente por embarcaciones en la RNAC en Fajardo indica que actualmente la Reserva es una de las áreas más susceptibles, que ha recibido daño directo (Sociedad Ambiente Marino, 2008). Se debe a la alta densidad de marinas localizadas en la zona así como al aumento número de bañistas, escuelas de buceo, turismo de

buceo, pescadores recreativos y comerciales que allí se concentran. A pesar que estas actividades implican una alta presión sobre el área del arrecife, hasta el presente no hay ningún estudio que haya evaluado cuantitativamente estos impactos. El usuario promedio del área de estudio son turistas locales que durante los fines de semanas y días feriados utilizan el área como medio recreativo, quienes utilizan transportación en embarcaciones privadas o comerciales (catamaranes o porteadores). La proporción boyas de anclaje en relación al número de usuarios es insuficiente, lo que ha provocado que los usuarios anclen las embarcaciones en suelo marino. Esta situación provoca que los suelos marinos se afecten irreversiblemente así como los arrecifes y las praderas.

De acuerdo a la información recopilada la muerte de los corales de la Cordillera no se puede atribuir en su totalidad a los daños antropogénicos. Las condiciones naturales y las actividades humanas ciertamente han ocasionado daño en los arrecifes. El estudio de García-Sais et al. (2003) indicó que la cobertura de corales en las áreas estudiadas más cerca de la costa de Fajardo es menor.

Además de las características geológicas y climatológicas, los rasgos oceanográficos también pueden determinar el crecimiento de los arrecifes. Estos factores en Puerto Rico varían dentro del contexto insular. Algunos factores de las aguas tropicales como la temperatura del agua, salinidad, claridad y los bajos niveles de nutrientes regulan el desarrollo de los mismos. Los arrecifes de coral están compuestos de carbonato de calcio (CaCO_3) y se limitan en las latitudes inferiores a 30° de las zonas tropicales, específicamente entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, cuya temperatura no es menor de 18°C (García-Sais et al., 2003). A estas temperaturas hay mayor deposición de CaCO_3 necesario para la construcción de los arrecifes. Razón por la cual los arrecifes son más abundantes en la parte Este de los continentes,

donde las aguas cálidas y las corrientes ecuatoriales son arrastradas por los giros de las corrientes oceánicas. En términos generales, un arrecife puede crecer 1.0 mm por año en la escala vertical y alrededor de 8.0 mm anuales horizontalmente (García-Sais et al., 2003).

Para el área de la RNAC no existen corrientes que sean superficiales. En el Cayo Icacos las lagunas existentes son mayormente de fondo duro con aguas salinas variables y estacionales. Las mareas por lo regular ocurren cada seis horas. Según el DRNA (2009), la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) señala que las corrientes que vienen del Cayo provienen del Caribe y de la Corriente Ecuatorial del Norte. De acuerdo a Hernández (2005) a pesar de la importancia de los arrecifes de la costa este, la información de esta región es limitada.

Estructura geográfica

Los arrecifes de La Cordillera están a 1.5 millas náuticas de la costa al nordeste del municipio de Fajardo. La línea de arrecife que compone la cordillera sumergida es de poca profundidad. La longitud es de 29 km aproximadamente (Estudios Técnicos Inc., 2007). La característica más importante en el hábitat marino terrestre de la RNAC es la sequía estacional. Esto provoca que haya poca retención de agua y la percolación de la misma sea rápida. Esto es un factor limitante para el desarrollo de la flora y fauna del lugar (DRNA, 2009).

Los arrecifes de coral del área este de la isla son considerados uno de los más importantes del Caribe. Debido a su extensa formación y por la diversidad marina que la distingue (Hernández, 2005). Los cayos e islotes de la Cordillera, excepto Palominos, son bajos porque son mayormente rocosos. Por el contrario, Palominito está compuesto por un banco de arena expuesto a la superficie. Las arenas que forman Icacos y Palominitos, varía por cada época del año, debido a las corrientes litorales y al transporte de arena (DRNA, 2009).

Valor ecológico y atractivo turístico

Este ecosistema se considera un recurso valioso porque posee riquezas marinas encontradas en la franja este de la isla. Estos recursos marinos se caracterizan por ser ecosistemas de alta productividad. Están estrechamente interrelacionados con ecosistemas terrestres y de las costas, los cuales determinan el estado de éstos (Estudios Técnicos Inc., 2007). La RNAC posee diversas características y atractivos cuya belleza natural es impresionante. Los ecosistemas naturales que se integran e interactúan entre sí en la costa son los humedales, las playas cristalinas, la biodiversidad de vida silvestre, hierbas marinas y otros (DRNA, 2006; DRNA, 2009).

Varios estudiosos de la biodiversidad del ecosistema marino y los recursos costeros asociados señalan que la RNAC brinda bienes y servicios considerables para las especies de la costa así como a los usuarios. Las funciones principales de la reserva natural de mayor intensidad se relacionan a una gran cantidad de productos turísticos que se encuentra en el área. Gracias a sus hermosas playas y otros recursos naturales de la RNAC se realizan actividades turísticas como bucear, tomar fotografías, observar los arrecifes, pesca, investigación científica y otras actividades recreativas para el disfrute del público. En la actualidad los Cayos de la RNAC tiene un valor ecológico y económico considerable, cuya estimación y contribución económica se deriva del uso y disfrute por los usuarios (DRNA 2008; Estudios Técnicos Inc., 2007; Hernández, 2005).

Biodiversidad de la reserva

El valor de la biodiversidad de la RNAC se fundamenta en el número de las variedades de los organismos que existen en la Reserva. La biodiversidad existente y asociada a los recursos naturales protegidos por ley en la Reserva incluye una gama de especies de animales y

plantas marinas, que son los factores bióticos y abióticos influyen en la misma a través del tiempo (Holt & Winston, 2008).

Los componentes abióticos están constituidos por los ambientes marinos que se encuentran en el trópico, la poca profundidad y las aguas cristalinas que permita la penetración de la luz del sol. Los factores bióticos que forman la comunidad de arrecifes tropical más compleja y de gran variedad en la costa están representados por una cantidad de invertebrados. En el trópico marino los corales del arrecife son hábitat que alberga una gran biodiversidad, sustrato y elemento biológico (Cerame, 2001).

La vegetación que se encuentra en la RNAC pertenece a un bosque subtropical seco. La flora está compuesta por arboledas típicas de los litorales costeros. Algunas especies de esta costa son: almácigo (*Bursera simaruba*), uva de playa (*Coccoloba uvifera*), jagüey blanco (*Ficus citrifolia*) y el hicaco (*Chrysobalanus icaco*). Algunas de las especies en peligro de extinción observadas en la RNAC son: arbustos (*Caesalpinia culebrae*) y junco (*Mariscus fuliginosus*). La reserva conserva grandes extensiones de yerba de tortuga (*Praderas de Thalassia*) (DRNA, 2002; DRNA, 2009).

Esta vegetación tiene un gran valor ecológico porque funciona como una fuente de alimento para diferentes organismos marinos, tales como: los erizos de mar, el cotorro, los cartuchos y las tortugas marinas, entre otros. Asimismo, tienen como función adicional ofrecerle albergue y lugar para el apareo, desove y criadero de langostas, camarones y moluscos (López, 2002).

La vegetación relacionada con las praderas sirve como trampas para la sedimentación y amortiguadores para el embate de las olas. En la RNAC los arrecifes de coral que se observan se encuentran en un estado saludable. Para la formación de los arrecifes de coral es esencial que

se asocien las algas marinas y los pólipos de coral con el fin de producir los nutrientes necesarios para el sustento de la biodiversidad que están en la Reserva. Entre otras funciones vitales están proteger las zonas costeras y albergue para criar peces y crustáceos (DRNA, 2006).

En la RNAC existe una gran variedad de avifauna acuática que se albergan en los cayos de la Reserva como un lugar para sus nidos. En el lugar se observan algunas aves como: cervera (*Anous stolidus*), gaviota monja (*Sterna anaethetus*), gaviota oscura (*Sterna fuscate*), boba prieta (*Sula leucogaster*), gaviota cabecinegra (*Larus atricilla*). Durante los meses fríos se encuentran diferentes aves migratorias, el pato zarcel (*Anas discors*) y el pato quijada colorada (*Anas bahamensis*) (DRNA, 2002).

Los arrecifes de coral son ecosistemas reconocidos a nivel mundial. Estos ecosistemas forman barreras naturales que protegen las costas de marejadas y tormentas, constituyen una fuente de alimento para una gran variedad de especies que alberga la Reserva (Díaz, 2011). Además, la Reserva a través de los años ha incitado el interés turístico, recreativo y socioeconómico. Las colonias de los arrecifes de coral son organismos marinos formados por algas y pólipos de coral. Una variedad considerable de algas coralinas, fauna y flora marina viven agrupados con los corales, conjuntamente establecen e integran el arrecife de coral (DRNA, 2007; DRNA, 2009).

En los trópicos los arrecifes tienen importancia como ecosistema costero dada su biodiversidad biológica. Dichos ecosistemas permiten desplegar datos históricos geológicos a través de su desarrollo, estructura y adaptaciones ambientales, evolución biológica y geográfica. Mundialmente, se estima que estos ecosistemas proveen alrededor de \$375 millones de dólares anuales entre valores y servicios que se derivan de ellos. Aunque su área de extensión es comparativamente pequeña, albergan un 30% de los peces marinos, de los cuales alrededor del

10% son para consumo humano (Lough, 2008). En Puerto Rico se encuentra un total de 137 variedades de corales que componen la biodiversidad de la franja del Caribe y que han sido documentados. Los arrecifes poseen valor ecológico por sus atributos escénicos naturales, recreacionales, farmacológico y biomédico (Hernández, 2005; Torres, 2007).

En la zona marítima terrestre existen un sinnúmero de aspectos físicos-biológicos que interactúan entre sí (humedales, manglares, lagunas, dunas, diferentes tipos de arena y playas, etc.). Las estructuras rocosas que se establecen del mismo material que se genera de los mismos corales y de otro material marino que surgen del suelo y que se hallan a pocas profundidades. En Puerto Rico estos ecosistemas se encuentran comúnmente en las costas sur, oeste y en el este cerca de las islas municipio Vieques y Culebra. En las aguas tropicales se observan el crecimiento de los corales a una temperatura cálida y en la superficie del mar donde los suelos no son tan profundos. Los arrecifes del Caribe, particularmente la costa este, poseen una biodiversidad de organismos marinos convirtiéndose en un recurso económico único para el municipio de Fajardo. Además, por su valor escénico es un atractivo para el turismo especialmente para bucear. Estas actividades como la pesca y el buceo son algunas de las muchas actividades que se realizan que inciden sobre el mismo (López & Villanueva, 2006).

En cuanto a los corales de la RNAC se observan los siguientes (DRNA, 2008):

Coral cerebro (*Diploria labyrinthiformis*)

La formación del coral cerebro (*Diploria labyrinthiformis*) (Apéndice 2) es en colonias meandroides, hemisféricas (redondas) y masivas. Sus vallas o aberturas son torcidas, estrechas, continuas y profundas con un tamaño de 5 a 8 mm de ancho y 5 mm de profundidad. Cuyas cavidades o septos son de 14 a 17 por cm, que se unen a la columna mediante lóbulos. En Puerto Rico se han observado en color amarillo, aunque sus tonalidades varían en colores vivos entre el naranja, café, verde o combinados (DRNA, 2012; Reyes & Santodomingo, 2002).

Coral cuerno de alce (*Acropora palmata*)

El coral cuerno de alce (*Acropora palmata*) (Apéndice 3) tiene una formación ramificada, de ramas anchas y protuberantes (12 septos), planas cuya profundidad de 0-12, color amarillo a naranja oscuro con unos bordes blancos, armazón poroso, compuesto de minerales petrificados que formaron parte del coral y cálices tubulares o cilíndricos pequeños de 1-1.5 mm de diámetro. En las franjas del frontón del arrecife se observan una gran biodiversidad, cubierta de tejido viviente moderada, de un relieve espacial moderado alto y en las franjas donde predomina *A. palmata* se denominan como zonas de palmata. Son varias áreas de frontones que han sufrido mortalidades considerables, lo que ha dado lugar a otros tipos de corales en la zona alterada a una profundidad de 1-3 m (DRNA, 2012; Reyes & Santodomingo, 2002).

Coral cuerno de ciervo (*Acropora cerviconis*)

Las colonias del coral cuerno de ciervo (*Acropora cerviconis*) (Apéndice 4) son color amarillo, en forma de arbustos con puntas blancas de ramas largas, delgadas y cilíndricas, que varían entre 1 a 2 cm de diámetro con un armazón de coralites cilíndricos pequeños con un diámetro de 1mm. Estas áreas se conocen como cerviconis o por el cuerno de ciervo con un gran porcentaje de tejido activo y espacialmente heterogéneo. En Puerto Rico se ha observado que gran mayoría de estas áreas jugaban un papel importante como hábitat para el desarrollo de diverso peces en su etapa juvenil, sin embargo han desaparecido. El nivel de profundidad es de 4-20 (DRNA, 2012; Reyes y Santodomingo, 2002).

Coral de fuego (*Millepora complanata*)

El coral de fuego (*Millepora complanata*) (Apéndice 5) es una colonia foliosa se cataloga entre los hidrocorales de colonias que forman hojas anchas y verticales urticantes, o sea compuestas por superficies planas verticales y lisos con una altura de 30 m que con el sustrato por el segmento inferior. La superficie está revestida de poros y de color pardo y amarillo. Está

localizada en la llanura arrecifal con una biodiversidad moderada, su proporción de la cubierta de tejido viviente es moderada o baja con un relieve comúnmente bajo y de una profundidad entre 0.3-1 m. Los parchos se desarrollan a una profundidad de 0.2-20 m (DRNA, 2012; Reyes & Santodomingo, 2002).

Coral abanico (*Gorgonia ventalina*)

El Coral abanico (*Gorgonia ventalina*) (Apéndice 6) presenta un área alternada del frontón con diversidad biológica moderada y cubierta de tejido viviente es de baja a moderada. El relieve espacial prácticamente bajo y exhibe la presencia de colonias de coral abandonada de otras colonias, la profundidad es de 1 a 3 m. Se cataloga en octocorales y las colonias que tienen forma de abanico crecen en un plano. Las ramas cilíndricas son lisas en la parte superior de la superficie, nivel de profundidad de 0.2-30 m, de color púrpura a amarillo (DRNA, 2012).

Marco teórico

La *educación ambiental* es educar, formal e informalmente, a los niños y adultos en el campo de la investigación del medio ambiente (Reginfo, Quitianquez & Mora, 2012). Esta enseñanza puede ofrecerse en una sala de clase integrando la comunidad escolar y otras comunidades así como en lugares públicos como museos, parques y zoológicos, entre otros. La educación ambiental es un instrumento que consiente la integración y combinación de los elementos de la naturaleza con las variedades en una relación armónica (NAEE, 2011). Implica la formación de valores en el individuo y cambios en paradigmas. De modo que lo capacite a socializar, desarrollar una actitud crítica y a tomar decisiones inteligentemente informados (NAEE, 2011; Reginfo, Quitianquez, & Mora, 2012).

La *educación ambiental* también representa un elemento necesario para la solución de problemas ambientales actuales y futuros. La educación no formal implica la realización de actividades diferentes que se organizan fuera de lo usualmente establecido. Ésta ocurre

independiente y se dirige a todo individuo, con el fin de que dicho aprendizaje que se haya transmitido con efectividad. Además para lograr las actividades deben definirse claramente las metas y los objetivos deben ser medibles. De este modo se evalúa el valor añadido en el proceso de enseñanza y se obtiene los logros, cumpliendo así los objetivos delineados (Bedoy & Castro, 1992; Gallego & Barragán, 2008).

El proceso de educación ambiental fomenta crear conciencia en los asuntos del ambiente para alcanzar un mejor desarrollo sostenible en la sociedad. La educación ambiental pretende en el individuo alcanzar niveles de conciencia o conocimiento con el propósito de lograr cambios en actitudes y en el modo de actuar en el ambiente. Los temas ambientales se trabajan de un modo holístico ya que se entrelazan o integran todos los aspectos ambientales, socioeconómicos y científicos con el individuo (Solano, 2001 p. 52).

Comunicación ambiental

De acuerdo a Jurin, Danter, & Roush (2000 p. 31-33) la educación ambiental aporta efectivamente a la falta de conocimiento a través de la comunicación. La educación y comunicación efectiva han de trabajarse a la par como un eje para el aprendizaje y el mensaje que se desea transmitir a la ciudadanía. Una comunicación que transmita un mensaje efectivo permite el desarrollo de destrezas necesarias para recibirlo y decodificarlo. En términos ambientales, la comunicación es determinante para el conocimiento que el hombre adquiera de su entorno de modo que permita entender los procesos complejos que lo rodean. A su vez, se fomenta en el individuo acciones consientes para una mejor calidad de vida en la búsqueda de alternativas efectivas en los asuntos concernientes al ambiente (Solano, 2008).

La *comunicación ambiental* tiene tres (3) enfoques diferentes, estos son: el enfoque formal, informal y la no formal. En términos generales, la *comunicación formal* se lleva a cabo

en la academia (escuelas, colegios, instituciones, universidades). El razonamiento que emiten los estudiantes se evalúan basándose en los objetivos planteados para la lección que se esté trabajando en el instante. La *comunicación informal* es menos estructurada. Es una evaluación formal, pero no demanda la presencia del alumno ya que es voluntaria. Los estudiantes pueden optar este tipo de educación al visitar centros de estudio, parques, zoológicos, museos, refugios de vida silvestre, galerías de arte, entre otros. La *comunicación no formal* se difunde a través de los medios de comunicación tales como radio, televisión, periódicos, folletos, hojas informativas, carteles, revistas, internet, entre otros medios. La fotografía también constituye una herramienta de comunicación que integra diferentes valores. La fotografía destaca información que puede ser utilizada como un recurso didáctico (Pantojas, 2010). La *educación no formal* se basa en actividades por período al aire libre, aunque se pueden trabajar de manera escolar. El alumno explora qué aprende, cuándo y cuánto aprende, en ocasiones basado este aprendizaje en experiencias previas (Vanderstoep & Johnston, 2009). La comunicación implica la diseminación de información a las masas en la sala de clases, a través de los medios de comunicación como televisión, radio, periódico, folletos, hojas de datos, carteleras e internet, entre otros (Jurin et al., 2000).

Actualmente existen iniciativas como GreenCOM (Mill, 2006) que promueven la educación y comunicación ambiental. A través de esta iniciativa se desarrolla un método práctico y participativo que permite evaluar los cambios observados en la conducta del humano. De este modo se impulsa el uso razonable de los recursos naturales y la biodiversidad. La participación ciudadana es la medular para el éxito de estas iniciativas. Identificar las necesidades, fomentar los valores y establecer límites son la plataforma para la efectividad del programa. En términos generales, durante el proceso de participación se adiestran a los

individuos para que aumenten, a través de los programas, la conciencia de la necesidad de preservar y cuidar los recursos naturales. Las actividades están dirigidas a desarrollar conocimientos prácticos que ayuden a fomentar cambios para fortalecer la conciencia del impacto sobre el ambiente (Mill, 2006).

Carta de la Tierra

La *Carta de la Tierra de las Naciones Unidas* constituye una recapitulación de los valores, principios y aspiraciones compartidos por un número creciente de hombres y mujeres de todas las regiones del mundo. En el 2003 la UNESCO reconoció la Carta de la Tierra como una guía ética transcendental en el desarrollo sustentable. A nivel mundial se aprobó una resolución ratificando la misma. La Carta incluye partidas transcendentales para garantizar el respeto y cuidado a la vida en armonía con el medio ambiente. De modo que se mantenga la integridad y de los recursos naturales que dan vida e intervienen en los procesos naturales. El hombre en su interacción con la naturaleza causa daños ambientales violando así los derechos de las personas y a la biodiversidad (Naciones Unidas, 2003).

La carta invita a resguardar y recuperar los sistemas naturales de la tierra ante la inquietud de los impactos por lo que atraviesa la naturaleza. Es mandatorio implantar reservas en el medio ambiente de modo que prolongue la diversidad biológica y salvaguardarla como un patrimonio natural para las generaciones futuras, por el derecho a la democracia y equidad social. Asimismo desde una perspectiva económica se debe administrar sabiamente los recursos para los cuales concurren planes de desarrollo y actividades de desarrollo que los pueda perturbar (Naciones Unidas, 2003).

Agenda 21

La *Agenda 21* se aprobó durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrado en Río de Janeiro en el año 1992. A través de la misma se propuso un plan de acción con el propósito de que los gobiernos las adoptaran e integraran ante los efectos negativos que generan las acciones humanas en el ambiente. Busca aplicar un modelo de desarrollo económico sustentable dentro de un contexto ambiental. Los planes que elaboren los gobiernos deberán considerar la aportación ciudadana localmente en la participación de los procesos educativos concernientes al ambiente y en armonía.

La educación ambiental, concienciación y formación del individuo se integran para lograr un cambio social relevante. Para que el aprendizaje sea más valioso se debe involucrar al individuo a conocer los procesos físicos-biológicos, socioeconómicos, culturales y demográficos, mediante la integración de todas las disciplinas. Toda vez que se aplique una educación (formal y no formal) y la comunicación como medio constante (Leff, 1992; Naciones Unidas, 1992).

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, se reunió en Río de Janeiro en el 1992. El propósito de establecer una alianza a nivel mundial y justiciero a través de la colaboración de todos los países, diversos sectores sociales e individuos. Para obtener convenios mundiales en los que se respeten los intereses de los individuos y preserve la integración de los ecosistema de la tierra en armonía con el ambiente (Naciones Unidas, 1992).

Estudio de caso

Características generales de los arrecifes coralinos en la zona de buceo de Cayo Levisa, Archipiélago de los Colorados, Cuba.

El islote de Cayo Levisa se localiza en la costa de la isla de Cuba en la zona más oriental del Archipiélago de los Colorados. Esta zona fue incorporada al Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba como un Área Protegida de Significación Local con la categoría de Paisaje Natural Protegido. Este ecosistema costero se caracteriza por sus manglares, pastos marinos y los arrecifes de coral. Esta zona también es reconocida por la presencia de desove de pargos y uno de los lugares más conocido es La Corona de San Carlos. A pesar de que un 60% del cayo es mangle, esto no ha impedido que sea un lugar para el desarrollo turístico y que sustente la actividad económica de la Provincia del Pinar del Río. Su valor turístico consiste en la contemplación de la naturaleza y, en especial, de los arrecifes de coral. Al presente, no se han hecho investigaciones que aporten información válida para una conveniente mercadeo y de una vez que facilite los esfuerzos enfocados a la conservación del lugar (De la Guardia, González, Valdivia, & González, 2005).

Biodiversidad en la zona de buceo del Parque Nacional de Punta Francés, Isla de la Juventud, Cuba.

Los investigadores De la Guardia, Ángulo, González, Aguilar y González (2004) realizaron un estudio en el arrecife de Punta Francés posee hábitat para el albergue y subsistencia para una gran variedad de especies. Desde un enfoque ecológico y económico es de un valor incalculable. Pero lamentablemente su explotación turística urge que el ecosistema costero de los arrecifes coralinos sea cuidado y monitoreado. Aunque en la zona está se encuentran gran cantidad de manglares e hierbas marinas que no presentan impactos severos, lo que resguardan de cierto modo el arrecife. Actualmente esta zona desde el año 1976 se destina para

competencias de buceo competitivo por el Ministerio de Turismo. A pesar del buen funcionamiento del área, los estudios indican que en general hay presencia de sustratos que están cubiertas por microalgas y cianofitas. Esto evidencia los daños al sistema coralino que se han causado a través del tiempo (De la Guardia et al., 2004).

Según de La Guardia et al. (2004 p. 91-102), la construcción de restaurantes ha provocado el aumento de nutrientes. Aunque no se ha estudiado los efectos directos de las descargas y su impacto en los otros recursos como los humedales y manglares así como otros ecosistemas que interactúan e inciden en los arrecifes. Cabe mencionar que es importante de acuerdo a las recomendaciones que se estudie la escasez de peces herbívoros o carnívoros de las familias Serranidae y Lutjanidae.

Marco legal

Los arrecifes de coral son unas de las comunidades más vistosas y complejas que existen en el planeta. Su atractivo natural es el centro de atención de muchos turistas para el uso y actividades en contacto con la naturaleza. Por lo tanto, estos ecosistemas están expuestos a daños ocasionados por los disturbios naturales y otros provocados por el hombre, que pueden tomar décadas en ser remediados. Por tal razón, el DRNA como agencia responsable de administrar los recursos naturales en la isla. Se han establecido mecanismos legales (leyes y reglamentos) con el fin de garantizar la subsistencia del ecosistema. La protección de este ecosistema marino y otros asociados es responsabilidad compartida entre las instituciones a nivel federal y estatal involucradas en el manejo de los recursos costeros (DRNA, 2008; Suárez, 2007).

Ley Orgánica del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

Esta ley faculta al DRNA a vigilar por la conservación efectiva de los recursos naturales y ambientales así como del uso y aprovechamiento para la realización de las aguas territoriales, los terrenos sumergidos y la zona marítima terrestre. Además, el DRNA puede reglamentar, conceder franquicias, permisos y licencias para el uso de los mismos (12 LPRA sec. 151).

Ley de Protección, Conservación y Manejo de Arrecifes de Coral en Puerto Rico

La Ley declara y reitera que es política pública del Gobierno de Puerto Rico proteger, preservar y conservar los ecosistemas costeros de arrecifes de coral que se encuentran en las aguas territoriales de las costas de Puerto Rico. Aunque es de beneficio y disfrute del público es responsabilidad del ciudadano prevenir los daños causados al ecosistema y los asociados como parte de las actividades que se ejerzan sobre él (12 L.P.R.A. sec. 241).

Reglamento para Controlar la Extracción, Posesión, Transportación y Venta de Recursos Coralinos en Puerto Rico

El Reglamento Número 2577 expone que es ilegal cualquier acción relacionada con la extracción, destrucción, posesión o venta de material coralino que esté vivo o muerto, que esté en las demarcaciones de las costas de la isla.

Programa de Manejo de la Zona Costanera

Dicho programa se desarrolló al amparo de la ley federal como resultado de la presión de desarrollo de las costas de Puerto Rico así como del uso de los recursos naturales costeros. La intención es para buscar armonía entre el desarrollo económica y de las actividades sociales en

las costas y la protección de los recursos naturales. Mediante este programa se permite la elaboración de planes para el manejo y otras herramientas que ayuden en el desarrollo de las costas, que involucren los elementos esenciales para el proceso de toma de decisiones. Algunos como delimitar zonas para la investigación, detallar recursos naturales, identificar componentes que ayuden al resguardo de los sistemas naturales y elaborar estrategias de manejo.

Ley de Navegación y Seguridad Acuática de Puerto Rico

La Ley Número 430 del 21 de diciembre de 2000 aplica especialmente a cualquier actividad recreativa y acuática que se realice con el uso de embarcaciones. Cuyos usuarios anclan en las áreas de arrecifes sin tomar las debidas precauciones, inclusive en los manglares áreas que son protegidas por ley. Es por eso que las áreas que sean designadas para la protección de las mismas, los usuarios están obligados anclar fuera de lugar de aquellas zonas que el Secretario así haga constar. Estas áreas incluyen los contornos de los manglares, arrecifes de corales y suelos marinos que estén cubiertos con hierbas marinas u otra que se localice en superficies o sumergidas que estén preservadas por ley (12 L.P.R.A. sec. 1401).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA, HALLAZGOS Y ANÁLISIS

Introducción

El proceso de designación de las reservas naturales representa un gran paso para los medios ambientes naturales en Puerto Rico. Los sistemas coralinos son únicos e importantes para la vida marina del Planeta. Estos proveen refugio, zona de alimentación, y reproducción a diferentes especies, además, es de gran importancia para la zona marítima terrestre.

La meta principal de esta investigación fue fortalecer el aprendizaje a través de la creación de un opúsculo educativo de la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera (RNAC) en la costa este del municipio de Fajardo Puerto Rico. Con este trabajo se pretendió puntualizar la importancia de la reserva natural y documentar así el valor ecológico de los arrecifes de coral en la Reserva.

La RNAC actualmente consta con una Bióloga encargada de Investigaciones Científicas. Las oficinas de la reserva están radicadas en la Marina Puerto del Rey en Fajardo. El horario es de 8:00 am a 4:30pm.

Centro de internado

Esta investigación la realizamos en la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera de la costa este de Fajardo, incluyendo Cayos e Icacos. Se desarrolló un Plan de Manejo el año 1991 para este lugar que nunca se oficializó hasta el año 2009 con la información obtenida del antiguo plan.

La meta de dicho plan fue resguardar las riquezas naturales que existen en la costa este así como la belleza escénica que lo caracteriza y las condiciones físicas. El propósito primordial es utilizarlo para investigaciones científicas, educativas y de recreación.

Periodo de investigación

La primera fase de esta investigación comenzó en los meses de enero a mayo del 2012 y su segunda fase se realizó entre los meses de agosto a diciembre de 2012 en la RNAC en Fajardo. Realizamos varias visitas a la RNAC para poder conocer el lugar. La Bióloga encargada de Investigaciones Científicas del DRNA, la Sra. Rosaly Ramos Gutiérrez, nos ofreció mentoría en este estudio.

Técnicas de recopilación de datos

El tipo de investigación que realizamos fue con un enfoque cualitativo. En este tipo de investigación recolectamos datos mediante una inspección ocular del área. Basamos la investigación cualitativa en el proceso de recolección de datos. Además, nos permitió interpretar para describir y valorizar los datos que observamos (Hernández, et al., 2006). Realizamos observaciones en la Reserva para estudiar los arrecifes de coral. Durante los viajes de campo observamos y anotamos las características de los arrecifes de coral para documentar los datos relevantes a la Reserva.

Primero, antes de ir al área de estudio leímos el plan de manejo de la RNAC para familiarizarnos. Visitamos el área de la Reserva, utilizamos una embarcación pequeña de motor como medio de transporte. Luego realizamos una segunda visita para sumergirnos en el agua y tomamos fotos del arrecife dentro y fuera del agua. También fotografiamos las praderas de yerbas marinas y observamos el tipo de vegetación existente. Una vez observamos el área,

determinamos los impactos y daños que habían sufrido a causa del uso de embarcaciones en el lugar.

Realizamos un total de cinco (5) viajes subsiguientes para hacer otros recorridos en diferentes meses entre septiembre a noviembre. Recorrimos los Cayos Icacos y Diablo donde observamos el arrecife y las condiciones del suelo marino, y tomamos fotografías del área. Utilizamos la fotografía como instrumento principal para la observación directa. También evaluamos las diferentes actividades sociales, culturales y científicas que se estaban realizando al momento de la vista.

Durante el primer día de estudio fuimos al área de la reserva natural. Este día observamos las aguas cristalinas y el fondo marino estaba claro. Esto nos permitió que observáramos claramente los arrecifes de coral. El segundo día, nos dirigimos a Cayo Lobos, cuando nos sumergimos en el agua observamos que estaba un poco turbio. A pesar de esto, tomamos diferentes fotos del arrecife y apreciamos parte de la vida marina que está en el área. En nuestra tercera visita, había resacas en el mar razón por la cual había mucha turbidez. Las aguas turbias no nos permitieron diferenciar bien el fondo marino. Para las visitas subsiguientes tomamos fotos de los arrecifes de coral y de las praderas de yerbas marinas. También visitamos Cayo Icacos, nuestro punto de partida, para evaluar las condiciones existentes en el lugar. En esta visitamos encontramos las veredas del cayo cerradas.

Desarrollamos para esta investigación un opúsculo educativo dando a conocer el lugar, su valor científico, turístico y ecológico. Se aprobó su contenido en el Centro de la RNAC a través de la mentora del centro de estudio para su aprobación final. Reproducimos el opúsculo y dejamos copia en el Centro para facilitarle al turista información actualizada de la RNAC. El producto de esta investigación estará disponible para el 2014.

Hallazgos y análisis

Los tipos de corales observados que predominaron en el lugar fueron Coral cerebro, Cuerno de alce, Cuerno de ciervo, Coral de fuego y Coral abanico. La biodiversidad que observamos fueron varios bancos de peces, erizos y langostas. Todos los días que visitamos la RNAC el estado de los corales prevaleció, no advertimos diferencia desde el primer día que visitamos. Observamos parte de ellos muertos, pero encontramos que había vida creciendo nuevamente (Apéndices 7).

CAPÍTULO IV

PRODUCTOS

Como parte de este trabajo realizamos un opúsculo, que constó de dos partes. Presentamos una introducción de la RNAC donde se explica cómo se puede llegar a la misma. Además, identificamos el valor ecológico que se aprecia por las características que tiene el lugar, su belleza escénica y los tipos de aves acuáticas que anidan allí. La información que incluimos en el opúsculo está basada en la información que recopilamos para este trabajo. La mayoría de las fotos que utilizamos en el opúsculo y en la presentación digital fueron seleccionadas de las que retratamos durante los viajes de campo. En las mismas ilustramos las áreas de interés con una breve descripción en el producto final. Otras fueron seleccionadas mediante permisos del DRNA. (Apéndice 8). El opúsculo usa como marco teórico la comunicación ambiental y esta está alineada a las características de esta disciplina.

En la RNAC dejamos una copia del producto de este trabajo y otra copia del opúsculo se la entregamos a la Escuela de Asuntos Ambientales como evidencia del trabajo. El opúsculo lo redactamos en el idioma en español. En el mismo incluimos el sello de la Universidad Metropolitana, de la Escuela de Asuntos Ambientales y del DRNA. (Apéndice 9).

Entre los temas considerados en la realización del opúsculo están la historia, localización, cuales son las formaciones que la comprenden, la accesibilidad para llegar a los cayos y las aves acuáticas que la habitan. El plan de manejo propone que los recursos naturales sean preservados así como su belleza escénica. Los usos educativos, científicos y recreacionales permiten transmitir un enfoque holístico del producto mediante el cual ofrecimos un conjunto de datos históricos, geográficos, ecológicos y biológicos para crear conciencia en el visitante. A través

del opúsculo brindamos la oportunidad de la educación no formal transmitiendo la importancia de los sistemas coralinos en la zona este de Puerto Rico. El DRNA se hará cargo de la distribución del opúsculo.

También realizamos una presentación digital (Apéndice 10) para la RNAC. La información que incluimos en la presentación se relaciona con la ubicación del lugar, las formaciones que comprenden la RNAC, su accesibilidad, el valor ecológico, científico y turístico del lugar de estudio. Se incluyó una información relacionada al cuidado que debemos tener para la conservación del área y la disposición de los desperdicios sólidos. Una copia del producto se le entregó al personal de manejo de la RNAC y otro como evidencia del trabajo realizado a la Escuela de Asuntos Ambientales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los arrecifes de coral son las comunidades biológicas más valiosas y complejas del mundo. Los impactos provocados por fenómenos naturales y por el hombre toman mucho tiempo remediarlos. Es responsabilidad de todos protegerlos para que puedan ser aprovechados por las futuras generaciones. La responsabilidad de estos ecosistemas marinos es una tarea compartida, tanto por las agencias concernidas como por los ciudadanos para la conservación de este importante ecosistema (Suárez, 2007).

La pérdida de los arrecifes de coral provoca impactos negativos en la economía, especialmente en la industria pesquera y turística del país. En el área de la salud, hay medicamentos que se derivan, tanto de los corales como de las especies que habitan en el mismo. La pérdida de la diversidad implica la inestabilidad de la relación existente entre el hombre y su entorno. Los impactos al arrecife inciden en la pérdida de los beneficios y servicios que brindan, afectándose por ejemplo, los depósitos de carbonatos y su eliminación causaría aumentos de CO₂ en el ambiente (Bird & Molinelli, 2002).

De acuerdo a las observaciones realizadas hacemos recomendaciones a las siguientes agencias e instituciones educativas, tales como: DRNA, Universidad Metropolitana, Compañía de Turismo, Municipio de Fajardo y Departamento de Educación de Puerto Rico.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico

Se recomienda al DRNA que realice futuras investigaciones en la RNAC relacionados con la muerte de los corales, los cambios en la temperatura del agua y su efecto directo e indirecto en los corales. Además, que vigile el uso de embarcaciones y lleve estadísticas de los

visitantes en lugares donde hay arrecifes de coral. A través de programas educativos a la comunidad se divulgue el material didáctico de la Reserva a otras instituciones.

Universidad Metropolitana

A través de la Academia se debe unificar esfuerzos donde la Escuela de Asuntos Ambientales y la Escuela de Ciencias y Tecnología de la UMET colaboren con el DRNA en las investigaciones de la Reserva relacionadas con el manejo y conservación de las áreas de arrecifes de coral.

Compañía de Turismo de Puerto Rico

Promover el turismo local e internacional a la Reserva que sea accesibles al presupuesto del visitante mediante la diseminación de información en diversos medios (revistas, periódico y otros), para promover visitas o excursiones.

Municipio de Fajardo

Incluir y destacar en el Plan de Ordenamiento del Municipio la importancia de la Reserva como punto ecológico. Además, se debe integrar a las comunidades locales para apoyar en el manejo eficiente de las pequeñas embarcaciones que utilizan el área.

Departamento de Educación de Puerto Rico

Promover que el Departamento de Educación coordine visitas educativas a la Reserva. Se deben coordinar y realizar actividades, certámenes, limpieza de playas, ferias científicas y otras actividades, que puedan promover la educación ambiental informal. Asimismo, se debe integrar las funciones científicas y educativas con Sea Grant y otros programas, para la observación del coral y los organismos existentes en el área.

LITERATURA CITADA

- Bedoy, V. & Castro, E. (1992). Educación ambiental y universidad. *La formación ambiental en la perspectiva de la Cumbre de la Tierra y la Agenda 21*, México: Ediciones de la noche. 260-263.
- Bird, L. & Molinelli, J. (2002). *Los arrecifes de coral*. Recuperado de www.alianzageografica.org/leccioncoral.pdf
- Burke, L. & Maidens, J. (2004). *Reefs at risk in the Caribbean*. World Resources Institute. United States: Washington, DC.
- Cerame, M. (2001). El arrecife de coral. *Ecología: Puerto Rico*. 88-95. Puerto Rico: Publicaciones Puertorriqueñas, Inc.
- Dávila, E. (1994). *Zonas de vida ecológicas de Puerto Rico*. Puerto Rico: Universidad Metropolitana Instituto de Educación Ambiental (INEDA). 12.
- De la Guardia, E., Angulo, J., González-Sansón, G., Aguilar, C., & González-Díaz, P. (2004). Biodiversidad en la Zona de Buceo del Parque Nacional de Punta Francés, Isla de la Juventud, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 25(2), 91-102.
- De la Guardia, E., González-Díaz, P., Valdivia, A., & González-Sansón, G. (2005). Características Generales de los Arrecifes Coralinos en la Zona de Buceo de Cayo Levisa, Archipiélago de los Colorados, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 26(1), 37-44.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (1972). Ley Orgánica del Departamento de Recursos Naturales. 23 de enero de 1972. (12 LPRA sec. 151).
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (1979). Reglamento para Controlar la Extracción, Posesión, Transportación y Venta de Recursos Coralinos en Puerto Rico. Recuperado en: <http://www.uprh.edu/parrilla/SeminarioArryM/ReglamentoCoral.pdf>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (1999). Ley de Protección, Conservación y Manejo de Arrecifes de Coral en Puerto Rico. 15 de julio de 1999. (12 L.P.R.A. sec. 241).
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2000). Ley de Navegación y Seguridad Acuática de Puerto Rico. 21 de diciembre de 2000. (12 L.P.R.A. sec. 1401).

- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. [DRNA]. (2002). *Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera*. Boletín Informativo. <http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/arn/recursosvivos/costasreservasrefugios/pmzc/publicaciones/folletos/Brochure%20RN%20Arrecifes%20de%20la%20Cordillera.pdf>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. [DRNA]. (2006). *Las reservas naturales*. Hoja de nuestro ambiente. Recuperado de <http://www.drna.gobierno.pr/biblioteca/publicaciones/hojas-de-nuestro-ambiente/7-Las%20reservas.pdf>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. [DRNA]. (2008). *Los arrecifes de coral*. Hoja de nuestro ambiente. Recuperado de <http://www.drna.gobierno.pr/biblioteca/publicaciones/hojas-de-nuestro-ambiente/29-arrecifes%20hojas.pdf>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales [DRNA]. (2009). *Plan de Manejo de la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera*. Fajardo. <http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/arn/recursosvivos/costasreservasrefugios/pmzc/publicaciones/folletos/Brochure%20RN%20Arrecifes%20de%20la%20Cordillera.pdf>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. [DRNA]. (2012). *Guía para la identificación de los corales más comunes en Puerto Rico*. Programa de Manejo de la Zona Costanera. Recuperado de: http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/arn/recursosvivos/costasreservasrefugios/pmzc/publicaciones/Hernandez_2009_-CD-ROM_identificacion_de_corales.pdf
- Díaz, E. (2010). *Prioridades del Programa de Manejo de Arrecifes de Coral de Puerto Rico*. Programa de Manejo de Zonas Costeras. El Estado de las Costas de Puerto Rico. Departamento de Recursos Naturales. San Juan. 38-39.
- Estudios Técnicos, Inc. (2007). *Valoración económica de los arrecifes de coral y ambientes asociados en el Este de Puerto Rico: Fajardo, Arrecifes de la Cordillera, Vieques y Culebra*. Recuperado de: ftp://ftp.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/coris/library/NOAA/CRCP/project/1029/valuation_econ_coral_pr.pdf
- Fernández, M., & López, R. (2008). Sedimentación en comunidades arrecifales de Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), 1179-1187.
- Gallego, J. & Barragán, B. (2008). Pedagogía crítica y movimientos sociales: Apuntes para el debate de una educación no formal crítica. *Unipluriversidad*, 8(1). Recuperado de <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/article/viewArticle/1317>
- García-Sais, J., Appeldoorn, R., Bruckner, A., Caldow, C., Christensen, J. Lilyestrom, C. Monaco, M., Sabater, J., Williams, E., & Díaz, E. (2003). *The state of coral reef ecosystems of the Commonwealth of Puerto Rico*. Recuperado de http://ccma.nos.noaa.gov/ecosystems/coralreef/coral_report_2005/PR_Ch5_C.pdf pp. 91 - 94

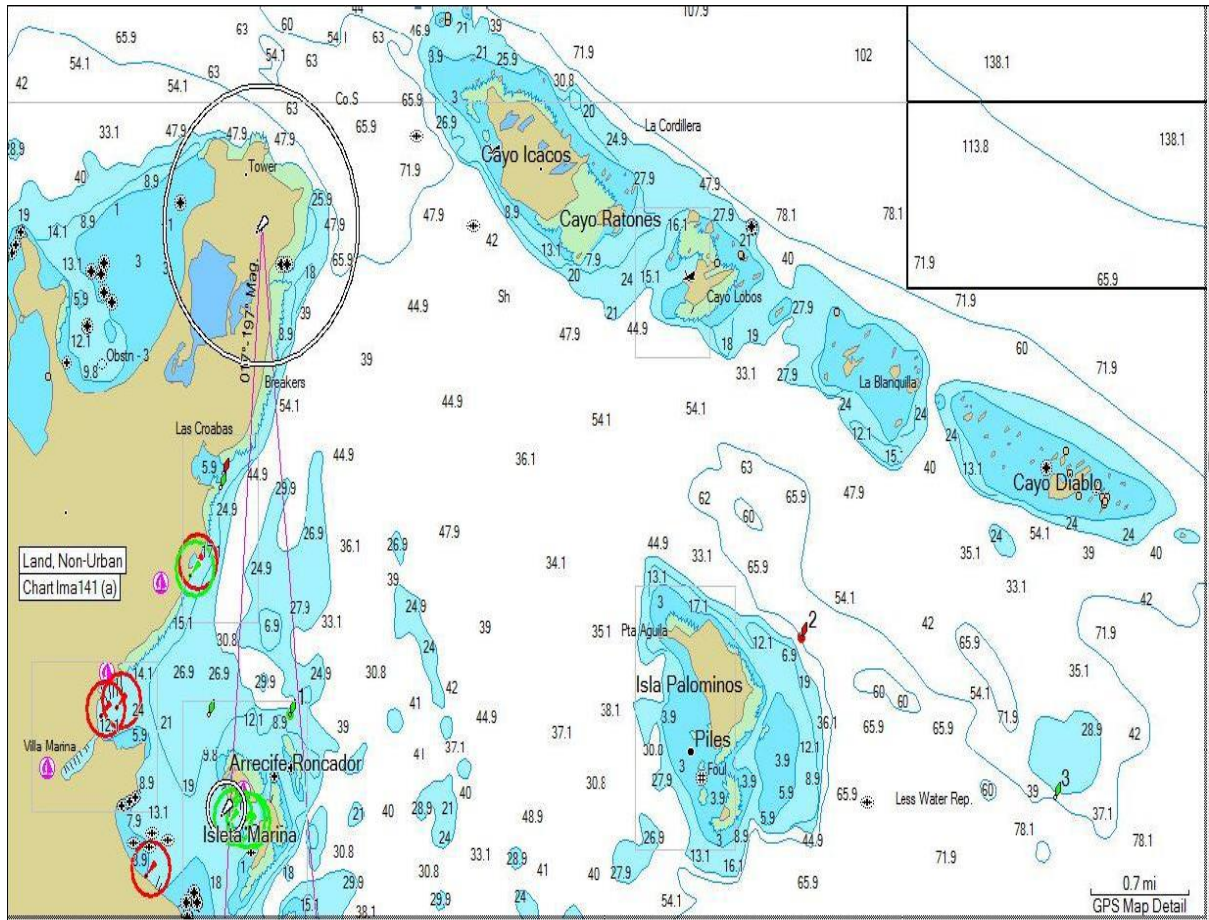
- GeoMexico. (2004). *Perspectivas del medio ambiente en México*. 94. Recuperado de <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEOMexico2004.pdf>
- Hernández, E. (2005). Arrecifes de coral. *Biodiversidad de Puerto Rico: Vertebrados terrestres y ecosistemas*. China: Editorial del Instituto de Cultura Puertorriqueño. 283-336.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. 5ta Edición. 523-551
- Holt, Rinehart and Winston. (2008). *Introducción a la Biología*. Editorial Development Team, Copyeditors, Editorial Support Staff, Online Products. Austin, Texas. 483.
- Joglar, R. (2005). *Biodiversidad de Puerto Rico: Vertebrados terrestres y ecosistemas*. China: Editorial del Instituto de Cultura Puertorriqueño.
- Jenkins, M. & Agardy, T. (2010). *Pago por servicios ambientales: Primeros pasos en ecosistemas marinos y costeros*. Recuperado de http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_2544.pdf
- Jurin, R., Danter, K. & Roush D. (2000). *Environmental communication. Skills and principles for natural resources managers, Scientists and Engineers*. Boston, MA: Pearson Custom Publishing. 31-33.
- Leff, E. (1992). Educación ambiental y universidad. *La formación ambiental en la perspectiva de la Cumbre de la Tierra y la Agenda 21*. México: Ediciones de la Noche. 74-92.
- López, A. (2002). *Atlas de ecología de Puerto Rico: El aire, el agua y la tierra*. San Juan: Editorial Cordillera, Inc. 74-75.
- López, T. & Villanueva, N. (2006). *Atlas ambiental de Puerto Rico*. Costas. Colombia: La editorial, Universidad de Puerto Rico. 114-115.
- Lough, J. (2008). 10th anniversary review: A changing climate for coral reefs. *Journal of environmental monitoring*, 10(1), 21-29. DOI: 10.1039/b714627m
- Mill, E. (2006). *GreenCOM*. Recuperado de www.bvsde.paho.org/cursoa_edusan/modulo3/ES-M03-GreenCOM.pdf
- Molinaris, A., & Morell, J. (2010). *Plan de manejo de la Reserva Natural Isla Caja de Muertos*. Segunda Ponencia para Discutir el Borrador Número Dos. Universidad Interamericana Recinto de Ponce, Puerto Rico.
- Naciones Unidas. (1992). *Agenda 21*. Recuperado de <http://www.cima.org.ar/agenda21presentacion.htm>

- Naciones Unidas. (1992). *Declaración del Río*. Recuperado de <http://www.cima.org.ar/agenda21/presentacion.htm>
- Naciones Unidas. (2003). *Carta de la Tierra*. Recuperado de <http://www.fida.es:8001/fida/VisNot?d=cea78ad388f3d36afccdae9b1c87037>
- National Association Environmental Education. (2011). *What is Environmental Education?* Recuperado de www.naee.org
- Nybakken, J. W. (1993). *Marine biology: An ecological approach*. Harper, Nueva York, EEUU. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000300017
- Pantoja, A. (2010). La fotografía como recurso para la didáctica de la historia. Universidad de Extremadura. *Tejuelo* (9). 179-194. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3719443>
- Reginfo, B., Quitiaquez, L., & Mora, F. (2012). *La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia*. XII Coloquio Internacional de Geocrítica. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/coloquio2012/actas/06-B-Rengifo.pdf>
- Reyes, J. & Santodomingo, N. (2002). *Manual de identificación CITES de invertebrados marinos en Colombia*. Colombia: Apoyo Editorial. Recuperado de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/CITES2002InvertebradosMarinosColombia3.pdf>
- Sociedades de Ambientes Marinos. (2008). *Estudio sobre los daños mecánicos a los arrecifes de coral ocasionados mayormente por embarcaciones en la Reserva Natural de los Arrecifes de La Cordillera, en Fajardo*. Recuperado de <http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/arn/recursosvivos/costasreservasrefugios/coral/publicaciones/Reporte%20Final%20Danos%20Mecanicos%20Corales%20Cordillera%202007.pdf>
- Solano, D. (2001). Comunicación y generación de conciencia ambiental. *Tópicos de Educación Ambiental*. 3(7), 52-57.
- Solano, D. (2008). *Estrategias de comunicación y educación para el desarrollo sostenible*. Chile: UNESCO. 23-28. <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001595/159531s.pdf>
- Suárez, V. M. (2007). *Importancia de los ecosistemas marinos*. Programa de Manejo de la Zona Costera: Los primeros 25 años, 16 – 18.
- Torres, J. (2007). Cambio climático global y los ecosistemas marinos y costeros de Puerto Rico. *Marejada*, 1(1), 5.
- Vanderstoep, S. & Johnston, D. (2009). *Research methods for every life: Blending qualitative and quantitative approaches*. Editorial Jossey-Bass. San Francisco, USA. 12-19.

Vázquez, E. (2003). Diversidad y distribución de crustáceos y equinodermos y su relación con niveles de sedimentación en arrecifes coralinos. *Revista de Biología Tropical*, 51(1). San José. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442003000100015&script=sci_arttex

Weil, E., Croquer, A., & Urreiztieta, I. (2009). Temporal variability and impact of coral diseases and bleaching in La Parguera, Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, 45(2-3), 221-246. Recuperado de http://caribjsci.org/45_2_3/45_221-246.pdf

APÉNDICES



Apéndice 1. Mapa de la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera

© DRNA, 2009



Apéndice 2. Coral cerebro (*Diploria labyrinthiformis*)

© Pacheco & Román



Apéndice 3. Coral cuerno de alce (*Acropora palmata*)

© Pacheco & Román



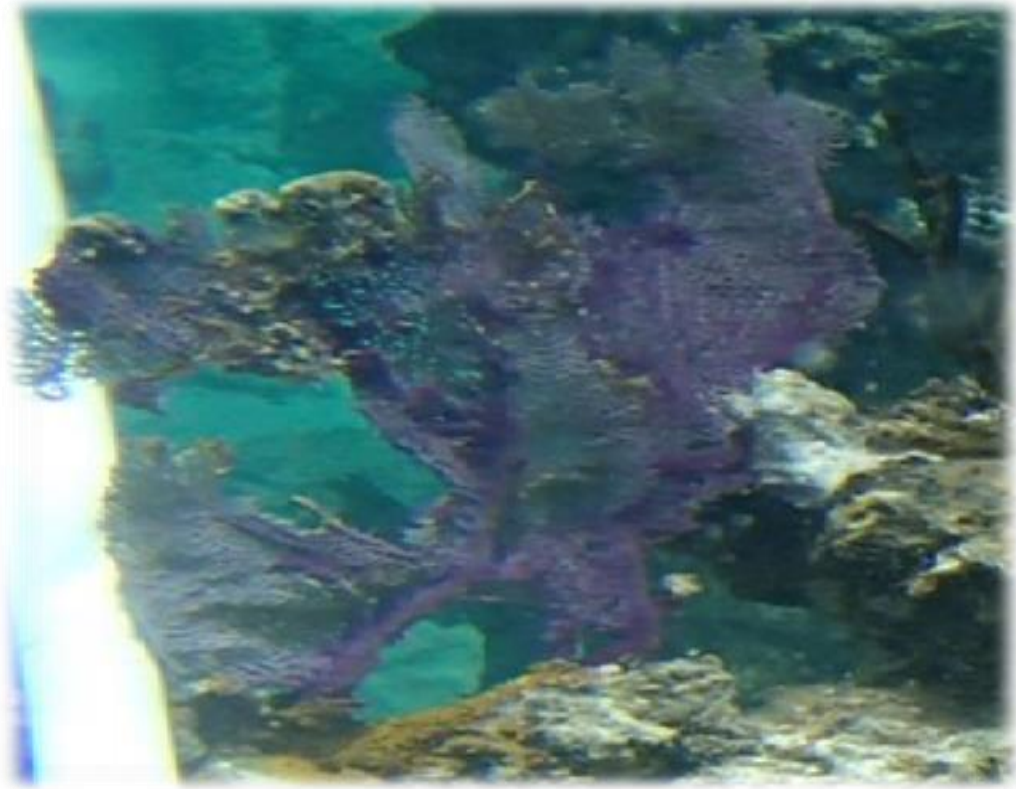
Apéndice 4. Coral cuerno de ciervo (*Acropora cerviconis*)

© Pacheco & Román



Apéndice 5. Coral de fuego (*Millepora complanata*)

© Pacheco & Román



Apéndice 6. Coral abanico (*Gorgonia ventalina*)

© Pacheco & Román



Apéndice 7. Vida creciendo encima del coral muerto

© Pacheco & Román

Apéndice 8

Carta del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales



ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO
Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

3 de diciembre del 2013

A quien pueda interesar

Por este medio autorizo a la estudiante Teresa Pacheco Vergés de la Escuela de Asuntos Ambientales de la Universidad Metropolitana (UMET) a utilizar las fotos del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales en la Presentación Digital (Power Point) y el Opúsculo Informativo, para reserva Natural Arrecifes de la Cordillera (RNAC).

Rosalyn Ramos Gutiérrez
Auxiliar de Investigaciones Científicas
Bióloga Líder del Proyecto de Tortugas Marinas del Noreste

Apéndice 9

Producto 1

Boletín informativo

Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera

Valor turístico

El valor turístico de la Reserva es inigualable. Actualmente en los cayos de La Cordillera existe gran variedad de actividad recreativa como producto de sus hermosas playas. En ellas se llevan a cabo actividades tales como: snorkeling, buceo, pesca de cordal, wind surfing, esquiar en alta mar. En la Reserva Natural Arrecifes de La Cordillera existe una gran actividad recreativa como producto de sus bellas playas, se realizan actividades de buceo y fotografía submarina con la finalidad de observar los corales y la diversidad de organismos marinos del lugar.



Para conservación y protección de sus recursos no se permite acampar en ninguno de los cayos, islas e islotes que son parte de la Reserva Natural ya que no hay una disposición adecuada de desperdicios sólidos.



Comportamiento adecuado en la Reserva

- A pesar de las características de este sistema hay que mostrar énfasis en permitir que este lugar, pueda mantener su equilibrio ecológico, tomando en cuenta las precauciones necesarias para que pueda existir en balance entre el hombre y la naturaleza.



Cuando estés a la reserva vigila las siguientes normas:

- Amarra la embarcación a las boyas de anclaje.
- No dejes basura en la Reserva, llévatela.
- No camines por encima de los corales, no los toques con las manos ni con tu equipo de buceo, ya que estos se afectan.
- No se permite la extracción de corales.
- Presta atención a los rótulos que hay en la Reserva.
- No utilice los mangles para amarrar de botes o para dar sombra.
- Es importante que lea un boletín informativo del área donde visita para que este familiarizado con el lugar.



Reserva Natural Arrecifes de La Cordillera

Esta publicación es posible gracias al acuerdo de colaboración para el establecimiento de Centro de Internado de la Maestría en Artes en Estudios Ambientales de la Escuela de Asuntos Ambientales (EAA) de la Universidad Metropolitana (UMET) en colaboración con del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).

Se permite la reproducción para fines educativos con autorización de la EAA y el DRNA.



Redacción, diseño y fotografía:
Teresa I. Pacheco Vergés
Alida Ortiz Sotomayor
Rosaly Ramos Gutierrez



Fajardo, Puerto Rico

Localización



Para llegar a las Croabas de Fajardo y tomar el bote para los cayos e islas de la Reserva Natural Arrecifes La Cordillera (RNAC) debe de seguir las siguientes instrucciones. Tome la carretera PR 3 hasta llegar a Fajardo. Luego haga una izquierda en la Carr. PR-194. Continúe por dicha carretera hasta llegar a la Avenida Marcelino Gotay. Siga hacia adelante y tome la Carr. Cabezas de San Juan hasta llegar a las Croabas de Fajardo, donde tomará un water Taxi para que los lleve a la zona de Arrecifes de la Cordillera.

La Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera fue designada así en el 1989. Esta consta de cadenas pequeñas de islas, cayos, e islotes rocosos. De estas formaciones sobresalen por su tamaño Las Cuca-rachas, los Farallones, Cayo Icacos, Cayo Ratonés, La Blanquilla, Cayo Diablo, los arrecifes Hermanos y Barriles y la Isla de Palominitos. También encontramos Cayo Lobos e Isla de Palominos.

Valor Ecológico

La Reserva Natural Arrecifes de La Cordillera tiene un alto valor ecológico. Posee unas características únicas entre las cuales podemos mencionar: diversidad de vida silvestre, sus aguas transparentes y de poco movimiento. Sus playas son de gran belleza natural y sus arrecifes son de desarrollo impresionante.



Coral cerebro



Coral de fuego

La RNAC es una cadena de cayos, islas y arrecifes. Aquí se encuentran los arrecifes más desarrollados de la costa norte de Puerto Rico. Esta área cuenta con arrecifes de coral bien desarrollados y en excelentes condiciones. Los arrecifes de coral están

formados por la asociación de una planta (algas) y un animal (pólipos de coral). Cuando ambos elementos se juntan producen el alimento que sostiene la diversidad de organismos que habitan en el lugar. También sirven como criaderos de peces y crustáceos y proveen una barrera contra las embestidas del mar, protegiendo así las costas. En este lugar podemos encontrar:

Coral cerebro (*Diplora labyrinthiformis*), Cuerno de alca (*Acropora palmata*), Cuerno de clervo (*A. cervicornis*), Coral de fuego (*Millepora complanata*), Coral abanico (*Gorgonia ventalina*). Existen varias algas asociadas a las praderas de yerbas marinas (*Thalassia*), las cuales encontramos en espacios abiertos. Algunas de estas son: *Ulotea flabellum*, *Avalavillaea* spp. y *Penicillus capitatus*. Estas son plantas vasculares avanzadas que se han adaptado a crecer en ambientes marinos. También pueden ser indicadores de actividades humanas en los ecosistemas marinos. Se encuentran en la orilla y a poca profundidad lo que la hace susceptible a las hélices de embarcaciones de motor, a la sedimentación y a contaminantes terrígenos. Entre su fauna se encuentran una gran variedad de aves como: la gaviota monja, Cervera, gaviota oscura, entre otras.



Thalassia



Valor científico

En la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera se realizan trabajos de Investigaciones tales como: monitoreo de anidamiento de tortugas marinas, censo de aves migratorias, caracterización de



arrecifes y análisis de biodiversidad.

En Cayo Diablo hay evidencias arqueológicas que relatan actividades de recolección de carrucho y otras especies de moluscos que datan de tiempos prehistóricos o fechas históricas tempranas.



El Cayo Icacos por su fácil acceso, sirve como laboratorio de ciencias terrestres. Este puede ser visitado por maestros y estudiantes para realizar investigaciones sobre los procesos de formación de calizas que son exclusivas del área. Los manglares y lagunas hipersalinas, hacen de Icacos un lugar de excelencia para laboratorios de especies marinas vivas. Icacos tiene un área conocida como La mina donde se extraía la cal, la cual era utilizada para material de construcción. A este material se le conoce como mampostería que es un empaquetado que se mezclaba con la cal.

En la RNAC también encontramos especies amenazadas o en peligro de extinción. Entre las cuales se encuentran: la palometa, cervera y la gaviota oscura. También encontramos en peligro de extinción el lagartijo (*Mabuya mabouya*). Entre ellos, también está en peligro la Boa de Mona (*Epicrater monensis*) y el carey (*Eretmochelys imbricata*). Todas estas especies están protegidas por la Ley de Vida Silvestre y la Ley de Especies en Peligro de Extinción Federal.



Boa de Mona



Lagartijo



Gaviota oscura



palometa



Coral cuerno de alca



Coral abanico



Coral cuerno de clervo

Apéndice 10

Producto 2

Presentación Digital

Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera



Reserva Natural Arrecifes de La Cordillera

Requisito parcial para la obtención de
Grado de Maestría en Artes en Educación Ambiental
Preparado por:
Teresa I. Pacheco Vergés
DICIEMBRE 2013
© Pacheco & Román

1

Fauna

En la Reserva se pueden encontrar las siguientes aves:

Cervera (*Anous stolidus*)

Gaviota monja (*Sterna anaethetus*)

Gaviota oscura (*Sterna fuscata*)

Boba prieta (*Sula leucogaster*)

Gaviota cabecinegra (*Larus atricilla*)

Chirre pico colorado (*Phaeton aethereus*)

Chirre coliblanco (*Phaeton lepturus*)

3

Valor ecológico

- Tipos de Arrecifes - el arrecife rocoso
- Entre los arrecifes de coral podemos encontrar:
 - Coral cerebro (*Diploria labyrinthiformis*)
 - Cuerno de alce (*Acropora palmata*)
 - Cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*)
 - Coral de fuego (*Millepora complanata*)
 - Coral abanico (*Gorgonia ventalina*)



Coral de fuego (*Millepora complanata*)

Tipos de corales

Coral cerebro (*Diploria labyrinthiformis*)



Cuerno de alce (*Acropora palmata*)



Cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*)



Coral abanico (*Gorgonia ventalina*)



© T. Pacheco & I. Roman



Ictiofauna

Especies reportadas para el área, son las siguientes: lábridos, mariposas, jureles, plumas, barracudas, gorgonios, pejes puercos, meros, pargos, cotorros y médicos.

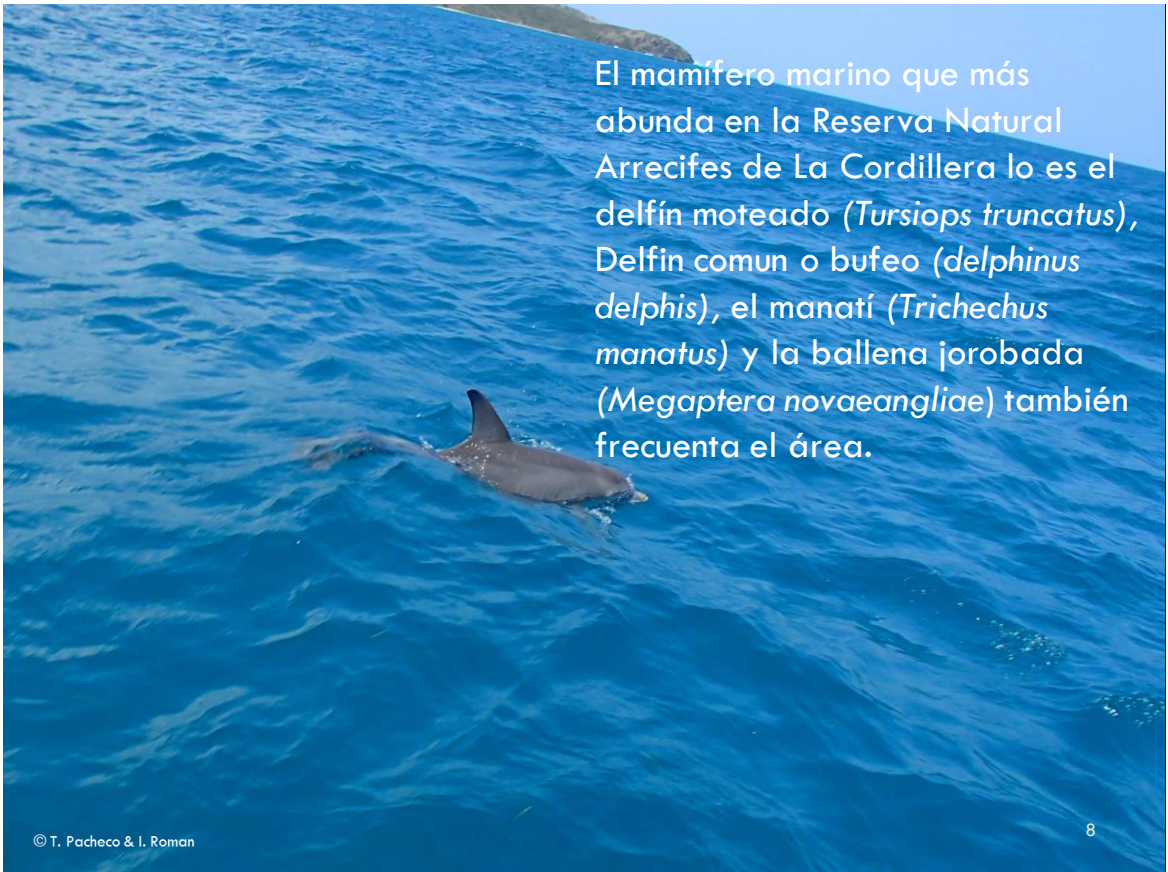
© T. Pacheco & I. Roman

6

El espacio de la
Cordillera sirven de
lugar de apareamiento,
desove y criadero para:
Langostas
Camarones
Moluscos



© DRNA



El mamífero marino que más abunda en la Reserva Natural Arrecifes de La Cordillera lo es el delfín moteado (*Tursiops truncatus*), Delfin comun o bufeo (*delphinus delphis*), el manatí (*Trichechus manatus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) también frecuenta el área.

Las especies notables en la RNAC



Boa de Mona (*Epicrates monensis*)



Carey (*Eretmochelys imbricata*)



Lagartijo (*Mabuya mabouya*)



Palometa (*Sterna dougallii*)



© T. Pacheco & I. Roman

gaviota oscura (*Sterna fuscata*)

Mangle rojo (*Rhizophora mangle*)



Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)



Flora

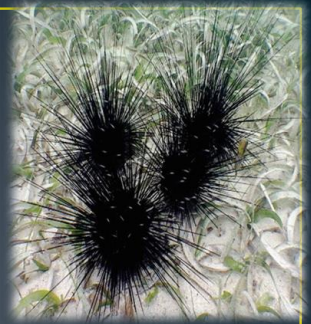
Mangle boton (*Conocarpus erectus*)



Praderas de Yervas marinas
(*Thalassia*)



carrucho



erizo negro



Carey



langostas juveniles

© DRNA

Valor turístico

Hermsas playas
Actividades recreativas
Fotografía
Deportes acuáticos

© T. Pacheco & I. Roman

13

Valor turístico

- Navegación
- Snorkel
- Buceo
- Natación
- Recreación
- Pesca



© T. Pacheco & I. Roman

14

Valor científico

- En la Reserva se realizan diferentes investigaciones, tales como:
 - Laboratorios de ciencias terrestres
 - Censo de aves migratorias
 - Caracterización de arrecifes
 - Evaluar la biodiversidad en el área



Comportamiento adecuado en la Reserva

- Amarra la embarcación a las bollas de anclaje
- No dejes basura en el área
- No camines por encima de los corales, no los toques con las manos ni con tu equipo de buceo, ya que estos se afectan
- Presta atención a todos los rótulos
- No utilices los mangles para amarrar los botes o para dar sombra
- Lee un boletín informativo para que te familiarices con el área a visitar.



© T. Pacheco & I. Roman

© A. Ortiz

© T. Pacheco & I. Roman

16



Esta publicación es posible gracias al acuerdo de colaboración para el establecimiento de Centro de Internado de la Maestría en Artes en Estudios Ambientales de la Escuela de Asuntos Ambientales (EAA) de la Universidad Metropolitana (UMET) en colaboración con del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).

Se permite la reproducción para fines educativos con autorización de la EAA y el DRNA.

© DICIEMBRE 2013

Notas importantes de Campo

Notas de campo de las visitas a la Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera (RNAC)

Enero a Mayo 2012

1er visita

Familiarizarnos con el área de estudio. Se tomo una embarcación pequeña para que nos llevara a los diferentes cayos e islotes de la RNAC.

2da visita

Este día nos sumergimos en el agua, donde se tomaron las primeras fotos de la RNAC, dentro y fuera del agua. Se fotografiaron las praderas de yerbas marinas y se observo la vegetación existente en el lugar de estudio. Este día el agua estaba turbia y la marea estaba alta.

3ra visita

Había grandes resacas y las mareas estaban altas. Había turbidez en el área. Por tanto, no se pudo diferenciar el fondo marino pero aun así quisimos quedarnos en el area para seguir haciendo nuestra investigación.

4ta visita

Se visitaron las áreas de la RNAC donde se tomaron fotos de los arrecifes de coral, Este día el agua seguía poco turbia y habías corrientes marinas por lo cual el capitán de la embarcación tomo las debidas precauciones.

5ta visita

Se visito cayo Icacos donde encontramos las veredas cerradas. Había turistas en el lugar. Visitamos el área de los arrecifes del área de Icacos y además se tomaron fotos en el área. En esta visita encontramos las condiciones del tiempo razonables para poder ejecutar nuestro estudio.

Otras visitas realizadas al área de la RNAC

Agosto a Diciembre 2012

1ra visita

Visita al centro de la RNAC

2da visita

Fuimos a un taller de arrecifes con la Sra. Rosaly Ramos en las Cabezas de San Juan. En este lugar es que comienza las formaciones de arrecifes de la RNAC. Aquí observamos la flora y la fauna del lugar. Se explico el proceso de crecimiento desove y reproducción de la fauna del área.

3ra visita

Fuimos con la mentora del centro a un taller de mangle. Estos fueron en las costas de Luquillo. Aquí se explico que era el mangle y la importancia de este.

Próximas visitas (5)

Las próximas visitas que se hicieron al lugar de la RNAC fueron para sacar algunas fotos que faltaban para la producción de nuestro producto. Fuimos mayormente a los cayos de la Reserva y a Icacos.

Para el mes de marzo y abril del año 2013

Fuimos al centro de internado para que la mentora y bióloga del lugar viera el opúsculo y la presentación digital para que lo revisara y aceptara nuestro trabajo.



UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA DE ASUNTOS AMBIENTALES
MAESTRIA EN EDUCACION AMBIENTAL

INFORME DE HORAS CONTACTO CENTRO DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIANTE: TERESA PACHECO

LUGAR: RESERVA NATURAL ARRECIFE DE LA COORDILLERA

PROFESOR MENTOR: ALIDA ORTIZ

FECHA	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	FIRMA AUTORIZADA
12 / 6 / 2012	8:00	12:00	
14 / 6 / 2012	7:00	3:00	
20 / 6 / 2012	8:00	3:00	
21 / 8 / 2012	5:00	9:00	
8 / 9 / 2012	7:00	4:30	
15 / 9 / 2012	10:00	12:00	
21 / 9 / 2012	7:00	4:30	
29 / 9 / 2012	7:00	4:30	
11 / 10 / 2012	5:00	9:00	
17 / 10 / 2012	8:00 pm	10:00 pm	
20 / 10 / 2012	7:00	4:30	
29 / 10 / 2012	5:00	8:00	
10 / 11 / 2012	7:00	4:30	
24 / 11 / 2012	7:00	4:30	
27 / 11 / 2012	7:00 pm	9:00 pm	
29 / 11 / 2012	12:00 pm	3:00 pm	
4 / 12 / 2012	5:00	7:00 pm	
11 / 12 / 2012	5:00	6:00 pm	
14 / 12 / 2012	3:00	5:30 pm	

CERTIFICADO POR:



UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA DE ASUNTOS AMBIENTALES
MAESTRIA EN EDUCACION AMBIENTAL

INFORME DE HORAS CONTACTO CENTRO DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIANTE: TERESA PACHECO

LUGAR: RESERVA NATURAL ARRECIFE DE LA COORDILLERA

PROFESOR MENTOR: ALIDA ORTIZ

FECHA	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	FIRMA AUTORIZADA
9/3/2012	8:00	1:00	
17/3/2012	8:00	1:00	
23/3/2012	7:00	4:30	
28/3/2012	8:00	3:00	
12/4/2012	7:00	4:30	
17/4/2012	7:00	4:30	
19/4/2012	4:00 pm	9:00	
28/4/2012	7:00	4:30	
30/4/2012	5:00 pm	8:00 pm	
11/5/2012	7:00	4:30	
18/5/2012	7:00	4:30	
21/5/2012	6:00 pm	8:00 pm	
23/5/2012	8:00 pm	10:00 pm	
24/5/2012	5:00	8:00	
25/5/2012	6:00 pm	8:00 pm	
26/5/2012	3:00	5:00	

CERTIFICADO POR: _____