

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.



Tarea CRI-10 de la cuenta número 272-1330000-081-2006, aportación federal NA05NOS4191007

Informe sometido al Departamento de  
Recursos Naturales Y Ambientales del Estado  
Libre Asociado de Puerto Rico

Por: Sociedad Ambiente Marino Inc.  
10 de enero de 2008



Agradecimientos:

Alex E. Mercado	Análisis de datos y estadísticas
Christian Losada	Edición de video
Daniel Díaz	GIS
Dr. Carlos Maldonado	Embarcación utilizada para estudio de campo
Dr. Edwin Hernández	Accesorios científicos
Evelyn A. Rodríguez	Coordinación con marinas de fajardo
Frances Candelas	Selección de imágenes y revisión final del reporte
Héctor C. Horta	Oficial de manejo de la Reserva de la Cordillera
Héctor J. Horta	Fotografía aérea
Iris Z. Flecha	Asist. Adm. Marina Isleta Marina (Cayo Obispo)
Iván Olivo	Análisis de datos y estadísticas
José E. Rivera	Preparación de opúsculo
Tommy Nicholson	Fotografía aérea

Miembros voluntarios de La Sociedad Ambiente Marino que participaron y aportaron en la colección de datos en este estudio, a todos Muchas Gracias.

## Tabla de contenido

Introducción .....	04
Propósito .....	06
Objetivos del proyecto .....	06
Materiales y Metodología .....	07
Cronología de trabajo realizado .....	13
Resultados .....	14
• Cayo Diablo .....	16
• Cayo Icacos .....	18
• Cayo Lobos .....	21
• Palominitos .....	23
• Palomino .....	24
Discusión .....	25
Conclusión .....	35
Recomendaciones .....	35
Referencias: .....	37
Apéndices.....	41
*    Tablas .....	41
*    Mapas .....	42
*    Fotos .....	49
*    Hoja de datos .....	54
*    Participantes .....	55

## I. Introducción:

Puerto Rico es una isla pequeña y montañosa que se encuentra entre el Océano Atlántico y el Mar Caribe. Es la más pequeña de la Antillas Mayores y su ubicación es el punto medio entre las dos Américas. Posee una serie de islas menores, cayos e islotes que son fragmentos de tierra de la isla principal. Las islas, cayos e islotes de Puerto Rico poseen una extensión territorial limitada y definida con ciertos recursos disponibles, áreas naturales y hábitats de gran valor para la vida silvestre. (PMZC, 1998).

Uno de estos recursos disponibles son los arrecifes de corales siendo uno de los ecosistemas más importantes y de mayor biodiversidad en nuestro planeta (Conell, 1978) en nuestro planeta. Estos son fuente de ingresos y alimentos para millones de personas alrededor del mundo ya que son el hábitat natural y el área de reproducción de cientos de especies de peces e invertebrados de gran valor comercial tales como el carrucho y la langosta por ejemplo (Ogden, 1997). Por otro lado, los arrecifes coralinos, protegen nuestras costas del embate directo de las olas disminuyendo el proceso de erosión de estas así como son un recurso de incalculable valor para el turismo y la educación (Goenaga y Boulon, 1992). A pesar de su gran importancia la salud de los arrecifes de corales está siendo amenazada directa o indirectamente por las actividades de los seres humanos. Actividades antropogénicas tales como la sobrepesca, contaminación, deforestación y el cambio climático (causados por la acumulación excesiva de gases de invernadero) están acelerando el deterioro de tan importante ecosistema. Hoy en día alrededor del 30% de los arrecifes coralinos están severamente dañados y se estima que aproximadamente 60% de estos se puedan perder dentro de los próximos 15 años a causa de las actividades humanas (Hughes et al., 2003).

En el Caribe los arrecifes de coral están siendo afectados mayormente por el incremento en la sedimentación (gracias la deforestación de las áreas costeras), la presión pesquera y los brotes de

enfermedades en los corales (Burke *et al.* 2004; Wilkinson 2004). A estos se le debe añadir los daños mecánicos causados por el manejo inadecuado de embarcaciones marinas al anclar en los corales y/o prácticas inadecuadas de buceo.

Puerto Rico no es la excepción a estos problemas. Entre los islotes y cayos que nos rodean se encuentran los localizados en La Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera. Esta es una de las áreas más susceptibles al daño mecánico debido a la alta densidad de marinas y guarderías que esta alberga. Así como el alto número de bañistas, escuelas de buceo, turismo de buceo en apnea, pescadores recreativos y comerciales que allí se concentran (CSA Group, 2005). A pesar que estas actividades implican una alta presión sobre esta zona arrecifal, hasta hoy en día ningún estudio ha evaluado cuantitativamente directamente sus efectos. Esto representa una gran limitación en el conocimiento básico que se debe tener a la hora de tomar decisiones e implantar acciones de manejo y de mitigación necesarias para la conservación de estos ecosistemas. Por tal razón este estudio propone la identificación de aquellas áreas impactadas por daños mecánicos causados por embarcaciones en la Reserva Natural de la Cordillera. Las localidades a estudiar comprenden el lado de barlovento de los siguientes arrecifes: Cayo Diablo, Cayo Icacos, Cayo Lobos, Palomino y Palominitos.

Se seleccionó el área este de la isla para llevar a cabo este estudio por que es un área con alta densidad de marinas deportivas y de tráfico marítimo, implicando una alta presión sobre los recursos marinos de la zona. Entre los diferentes hábitats que caracterizan dicha reserva natural, este estudio se enfocó en los impactos de las actividades de anclaje sobre sus valiosos sistemas arrecifales, sobre los cuales ya se ha informado la ocurrencia de este tipo de impactos (Goenaga y Vicente, 1990; Hernández-Delgado y Sabat, 1998; Hernández-Delgado, 2000, 2005).

## II. Propósito:

Documentar los daños mecánicos a los arrecifes de coral ocasionados mayormente por el anclaje de embarcaciones en la Reserva Natural de los Arrecifes de la Cordillera en Fajardo.

## III. Objetivos del proyecto:

1. Determinar el área cubierta por arrecifes de coral e identificar las zonas de mayor impacto por acción mecánica (anclaje por embarcaciones y otras) en los arrecifes de coral entre las coordenadas de las latitudes 18° 22' y 18° 23' 50" y las longitudes 65° 31' 15" y 65° 36' 15".
2. Producir y proveer mapa(s) utilizando el Sistema de Información Geográfica (GIS files) para determinar las áreas de mayor impacto mecánico.
3. Categorizar los arrecifes de coral en las siguientes condiciones de impacto: impactado y no impactado.
4. Proveer una base de datos sobre las características bénticas del lugar de muestreo.
5. Producir un recurso educativo que documente los daños mecánicos y otras lesiones encontradas, que contenga información sobre los arrecifes de coral de la Reserva Natural de los Arrecifes de La Cordillera, los impactos de los paseos en botes y orientación a usuarios de botes sobre la navegación y anclaje en la reserva.
6. Proveer recomendaciones sobre acciones a tomar para la conservación, restauración y mitigación de las áreas coralinas de la Reserva de acuerdo a la información obtenida en el estudio sobre los corales sobre.

#### IV. Materiales y Metodología

Lugar de estudio:

La Reserva Natural Arrecifes de la Cordillera (Figura 1) que se encuentra localizada a las afueras de la costa este de Fajardo, aproximadamente entre las latitudes  $18^{\circ}22'N$  y  $18^{\circ}23'50''N$ , y las longitudes  $65^{\circ}31'15''W$  y  $65^{\circ}36'15''W$  (CSA, 2005).

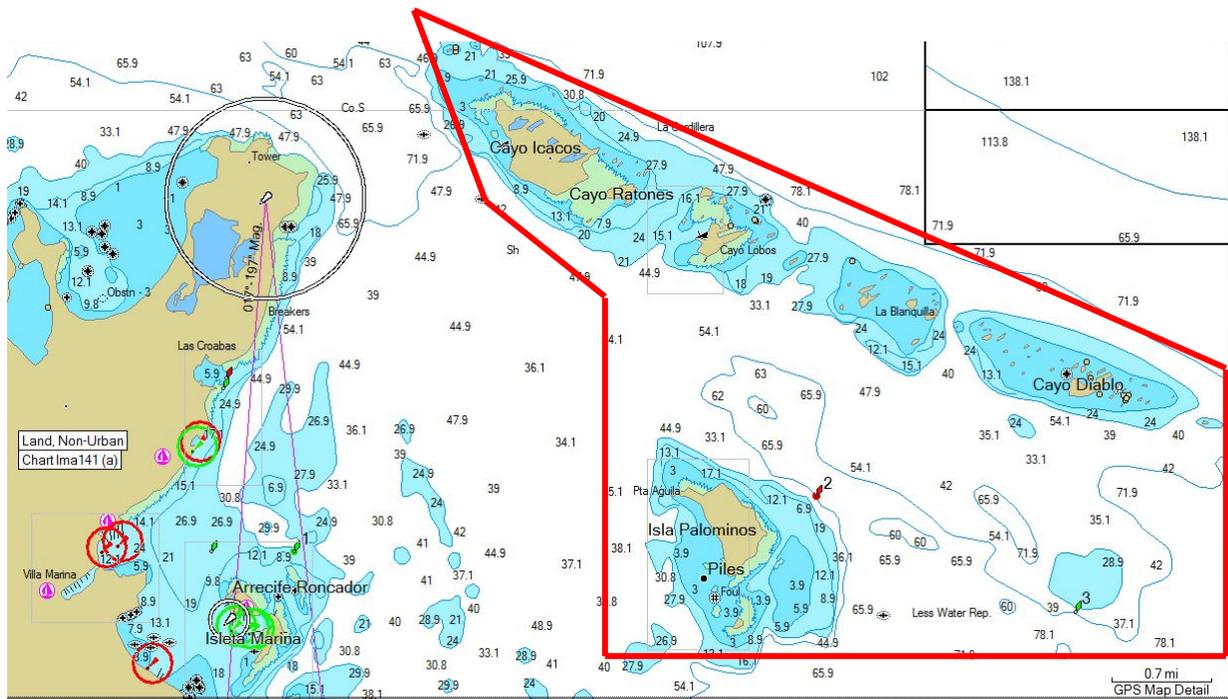


Figura 1. Carta Náutica que delimita el área correspondiente a la zona de La Cordillera.

Esta reserva se compone de varios cayos e islotes. Las localidades estudiadas comprenden el lado de barlovento de los siguientes arrecifes: Cayo Icacos, Cayo Lobos, Cayo Diablo, Palomino y Palominitos.

Cayo Diablo (Figura 2) es el último de los islotes al este de La Cordillera. Visto desde el aire, su forma de tridente le otorga su característico nombre. Por su ubicación geográfica, las corrientes oceánicas son fuertes presentando ciertas características muy particulares. Su ubicación le brinda aguas muy claras que le imparten una visibilidad de fondo impresionante (Figuras 33,34,

41,42 y 55). Este Cayo ofrece un área extensa desarrollo de los corales *Acropora cervicornis* y *Acropora palmata* (18°21.777'N, 65°32.006'W). Dichas especies se encuentran listadas como especies amenazadas bajo la Ley Federal de Especies en Peligro de Extinción.



Figura 2. Foto aérea de Cayo Diablo

El Cayo Icacos (Figura 3) se encuentra localizado al este de Fajardo y posee un área aproximada de 162.85 cuerdas. Existe una gran actividad de carácter deportivo y recreativo, tales como, natación, pesca y el buceo recreativo, entre otros. También en el pasado fue utilizado como área para acampar. Este cayo ha sido refugio para una gran cantidad de aves marinas, tortugas, boas y lagartos. Su cercanía con la costa de Fajardo brinda a sus visitantes un lugar cercano y seguro donde compartir entre amistades y familia (Figuras 37,38, 43 – 46, 53 y 54).



Figura 3. Foto aérea de Icacos

Cayo Lobo (Figura 4) se localiza al este de Cayo Icacos, es privado y tiene un área de aproximada de 17 cuerdas. En este se construyó hace unas décadas unas estructuras para uso como hotel, las que aún se observan en la actualidad. Como parte de ese proyecto, se edificó una defensa de concreto con el propósito de controlar la erosión de sus playas. Este muro ha alterado el paso natural de las corrientes en el área, alterando los patrones naturales de deposición y erosión de arena (CSA Group, 2005) (Figuras 35, 36, 47, 48 y 56).



Figura 4. Foto aérea de Cayo Lobo

Palominitos (Figura 5) es un islote con características geomorfológicas metamórficas. Según la estación del año, pierde o gana arena debido a variaciones en los patrones de corrientes litorales, marejadas o eventos ciclónicos. Esto resulta en una gran variabilidad en la geomorfología de su costa, en su extensión geográfica ya en la proporción de su plataforma llana cubierta de arena o sujeta a su abrasión (Figuras 39,40, 49 – 51 y 57). Palominitos uno de los lugares más frecuentados por dueños de embarcaciones pequeñas. La mayoría de los usuarios de este islote se anclan en la arena (por observación directa), ya que el mismo solo cuenta con dos boyas de amarre ubicadas en la plataforma arrecifal al sureste del islote, en un área frecuentemente utilizada para actividades de buceo recreativo, muy distantes del área utilizada como zona de anclaje de las embarcaciones recreativas que visitan el islote.



Figura 5. Foto aérea de Palominos

Palominos (Figura 6) posee un área aproximada de 103.82 cuerdas, es una de varias islas privadas que aun existen en Puerto Rico. En la actualidad existe una gran actividad de carácter recreativo en dicha isla por su relación con un hotel de la zona. Arrecifes de coral, praderas de yerbas marinas, playas arenosas y litorales rocosos son algunos de los atractivos naturales que encontramos en esta isla localizada al este de Punta Fajardo (Figuras 39, 40, 49 – 52 y 58).



Figura 6. Foto aérea de Palominos

Se escogió esta área Este de la Isla por que es un área con alta densidad de Marinas y trafico marítimo, implicando una alta presión sobre los recursos marinos de la zona. Entre los diferentes hábitats, el sistema de área arrecifal que sostiene La Cordillera (Goenaga y Vicente, 1990; Hernández-Delgado y Sabat, 1998) es uno de los que mayor impacto ha recibido y en el cual nos estaremos enfocando.

Evaluación de daños mecánicos:

Se utilizaron cartas náuticas electrónicas Ima1 (a) (SAN JUAN TO ISLA DE VIEQUES AND ISLA DE CULEBRA, Puerto Rico, Passage and Virgin Islands NORTH-EAST COAST OF PUERTO RICO) publicadas por Imray, revisada 4/5/2006, mapas béticos de NOAA, fotografías aéreas, monitoreo de fondo, videos y fotos submarinas para determinar las áreas donde se denotaban arrecifes de coral en la zona y documentar las áreas más afectadas por daño mecánico asociado al anclaje de embarcaciones. Estos datos se pasaron al GPS (La información náutica se obtuvo utilizando el sistema de coordenadas WGS-84 con un GPS Garmin GPS 76 CSx demarcando la información geográfica con Map Source Version 6.11.6, 2007.) para la búsqueda de los puntos a muestrear aleatoriamente. Con esta información se seleccionaron las coordenadas que luego se visitaron. Recibimos la orientación y colaboración del oficial de manejo de la Cordillera (la cual fue esencial para la realización de este estudio).

Por razones de seguridad el estudio se realizó en su mayoría durante días de semana para evitar accidentes con el alto tráfico marítimo. También se tomaron datos en fines de semana para obtener la información vital de la utilización masiva, excesiva y estresante para los ecosistemas marinos. En este estudio se tomaron cinco muestras en cada una de las localidades utilizando un transecto lineal de 10 M para la determinación de % de cobertura de coral vivo, alga y arena (Figura 85b).

Los trabajos de campo se dividieron en dos grupos de tres personas por día para alternar los esfuerzos. Haciendo buceo en apnea se visitaron aleatoriamente cinco de las coordenadas previamente establecidas, se observó el área afectada y alrededor de cada impacto, se demarcó con boyas los lugares exactos donde se observó algún tipo de daño mecánico. Utilizando un flotador

para colocar el GPS directamente en el agua se tomaron las coordenadas donde se amarraron las boyas a la colonia impactada (Figuras 7a y 7b).



Figura 7a. Desde la superficie se marcaba con una boya identificada, para luego bajar y hacer un transecto.

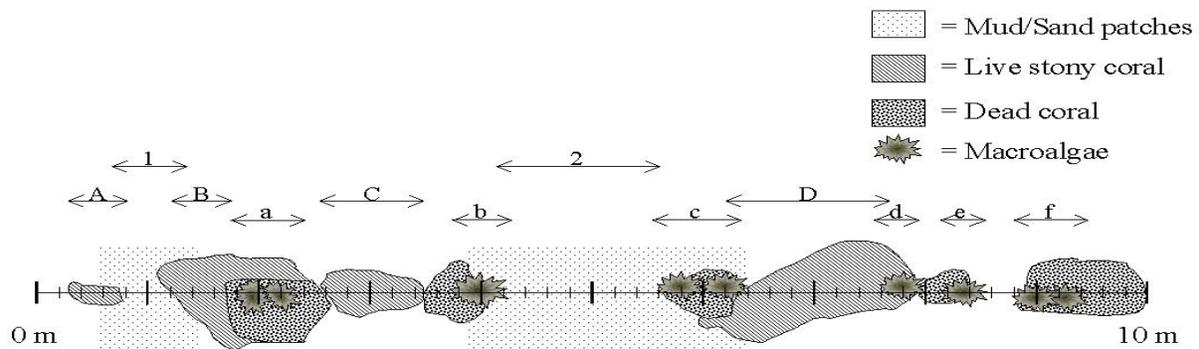


Figura 7b. En el GPS se guardaban las coordenadas donde se encontró daño mecánico.

En la segunda parte, utilizando equipo SCUBA a una profundidad menor de 15 pies, se tomaron fotos de los corales impactados con las coordenadas tomadas en el GPS. Además, se tomaron fotos y coordenadas de nuevos impactos vistos desde el fondo. Con todos los puntos se crearon mapas por medio del “Geographic Information System” (GIS) por cada localidad.

#### Salud de los arrecifes:

Cinco transectos de 10m x 1m fueron colocados al azar dentro de las áreas donde se encontraron daños mecánicos en cada uno de los arrecifes (Cayo Diablo, Cayo Icacos, Cayo Lobos, Cayo Palomino y Cayo Palominitos) a una profundidad de 0-5m. La condición arrecife (% cobertura viva y cobertura del daño mecánico) (Figura 85a) se estimó mediante la técnica de punto intercepto RECON (The Ocean Conservancy, 2000) (Figura 8).



**Linear Cover Estimates—Mud/Sand Patches (1-2), Live Stony Corals (A-D) and Macro algae (a-f) (aerial view)**

Figura 8. Ejemplo del método RECON de cómo se colocó la línea de 10m para medir cobertura.

## V. Cronología del trabajo realizado.

1. Meses de enero a abril del 2007: Localizar y buscar coordenadas de áreas potenciales al daño mecánico (profundidad, tráfico marino y áreas de arrecifes) en mapas béticos existentes de la “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA) e información de las bases de datos del “Geographic Information System” (GIS). Adquisición y preparación de materiales y equipos para trabajo de campo. Coordinación de las salidas, grupos de trabajo, designación de tareas, adiestramiento en metodología a utilizar y reservaciones de uso de facilidades.
2. Mayo 2007: Toma de fotos aéreas del área a ser estudiada y coordinación con el oficial de Manejo de la cordillera las fechas en que se realizaría el estudio.
3. Junio y Julio 2007: Estudio de campo que consistió en: Reconocimiento visual en búsqueda de daños mecánicos, toma de fotografías y coordenadas de los mismos por medio de GPS (“Global Position System”).
4. Agosto 2007: Creación de los mapas de las Áreas estudiadas y preparación preliminar (información, recomendaciones y fotos) del folleto a ser realizado para informar al público sobre los daños mecánicos y como prevenirlos en los arrecifes del área de la cordillera de Fajardo.

## VI. Resultados

Los hallazgos encontrados en las visitas de campos han sido organizados en cada uno de los cayos monitoreados. Los mismos están organizados en orden alfabético aunque las visitas fueron alternadas según las condiciones climáticas y/o abundancia de embarcaciones en el área. Entre las especies de corales observadas, encontramos muestra de individuos en cada una de las localidades de los siguientes: *Colpophilia natans*, *Diploria labyrinthiformis*, *Diploria strigosa*, *Millespora complanata* (Figura 60), *Montastraea annularis* (Figura 65), *Montastrea cavernosa*, *Montastrea faveolata* y *Siderastrea siderea*. Adicional a estas, en las localidades de Cayo Lobo y Diablos se observó *Acropora cervicornis* (Figura 59), *Acropora palmata*, *Dendrogyra cylindrus* y *Porites porites* (Figura 62).

El cayo con mayor cantidad de daños mecánicos fue Cayo Lobos con 35 colonias afectadas en un área de 22,267.9 m<sup>2</sup>; seguido por Cayo Icacos con 28 colonias afectadas en un área de 36,088.66 m<sup>2</sup>, Cayo Diablo con 17 colonias afectadas en un área de 33,447.96m<sup>2</sup>; Palomino con 23 colonias afectadas en un área de 21,911.67m<sup>2</sup> y Palominito con 6 colonias afectadas en un área de 4,525.34 m<sup>2</sup>; para un total de 109 impactos mecánicos encontrados en un área total de recorrido de 118,241.5 m<sup>2</sup>. (Figuras 9 y 10)

### % de Area monitoreada por localidad

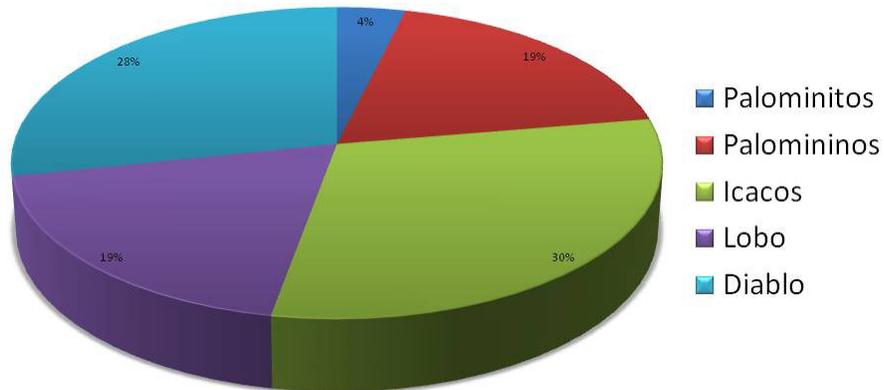


Figura 9. Demuestra los porcentajes de impactos divididos entre todas las localidades. Del total de impactos 23% de estos fueron en el área oeste de Icacos, 8% en el área este de Icacos, 19% en Lobo, 28% en Diablo, 4% en Palominos y 18% en Palomino.

### Daño mecánico encontrado por localidad

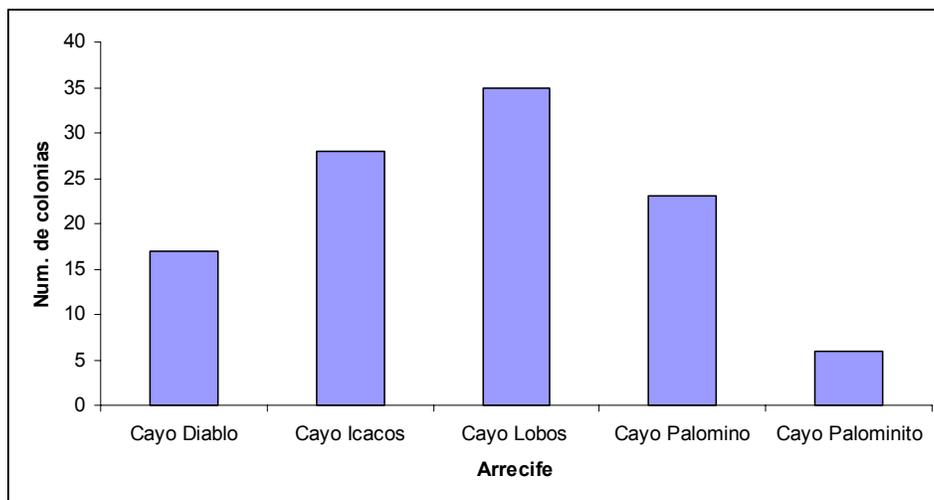


Figura 10. Número de colonias con algún tipo de daño mecánico en cada uno de los arrecifes estudiados.

Tabla 1. Coordenadas de los puntos donde se encontró daño mecánico en Cayo Diablo.

	Latitud	Longitud
1.	N18° 21.597	W65° 32.009
2.	N18° 21.598	W65° 32.010
3.	N18° 21.702	W65° 31.995
4.	N18° 21.651	W65° 31.997
5.	N18° 21.724	W65° 31.986
6.	N18° 21.655	W65° 31.951
7.	N18° 21.730	W65° 31.989
8.	N18° 21.659	W65° 31.919
9.	N18° 21.735	W65° 31.990
10.	N18° 21.777	W65° 32.006
11.	N18° 21.777	W65° 31.987
12.	N18° 21.623	W65° 32.010
13.	N18° 21.622	W65° 31.982
14.	N18° 21.590	W65° 31.929
15.	N18° 21.593	W65° 31.936
16.	N18° 21.589	W65° 31.955
17.	N18° 21.604	W65° 31.993

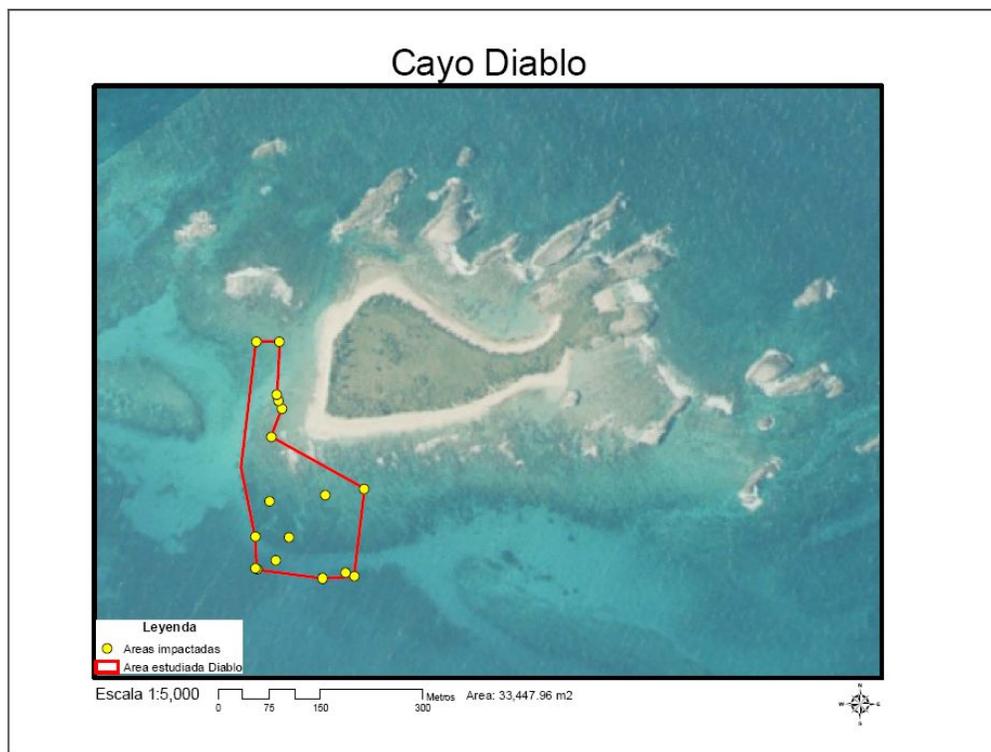


Figura 11. Foto aérea que delimita la zona estudiada con la ubicación de los puntos donde se encontró daño mecánico.

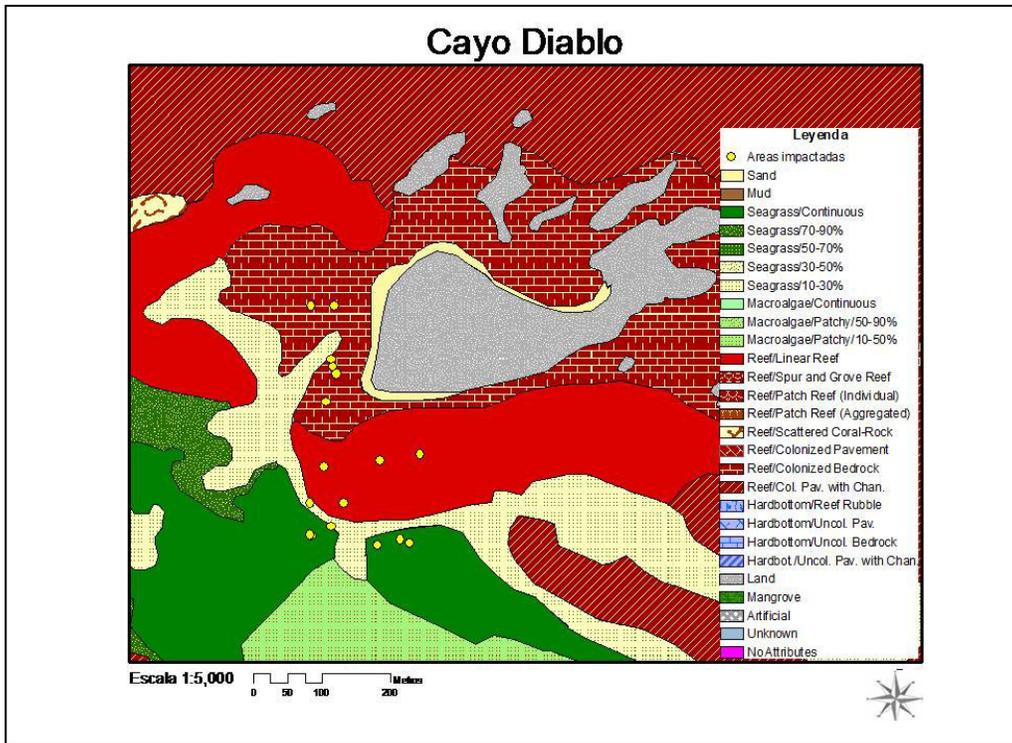


Figura 12. Mapa que identifica las diferentes zonas que componen el fondo marino alrededor de Cayo Diablo incluyendo las áreas impactadas donde se encontró daño mecánico.

Tabla 2. Coordenadas de los puntos donde se encontró daño mecánico en Icacos.

	Latitud	Longitud
1.	N18° 23.136	W65° 35.562
2.	N18° 23.183	W65° 35.601
3.	N18° 23.325	W65° 35.751
4.	N18° 23.331	W65° 35.703
5.	N18° 23.302	W65° 35.648
6.	N18° 23.298	W65° 35.642
7.	N18° 23.295	W65° 35.637
8.	N18° 22.756	W65° 35.069
9.	N18° 22.749	W65° 35.064
10.	N18° 22.749	W65° 35.059
11.	N18° 22.756	W65° 35.056
12.	N18° 22.763	W65° 35.066
13.	N18° 22.769	W65° 35.058
14.	N18° 22.772	W65° 35.055
15.	N18° 22.777	W65° 35.051
16.	N18° 22.781	W65° 35.046
17.	N18° 22.781	W65° 35.047
18.	N18° 22.787	W65° 35.044
19.	N18° 22.783	W65° 35.057
20.	N18° 22.777	W65° 35.064
21.	N18° 22.776	W65° 35.073
22.	N18° 22.776	W65° 35.075
23.	N18° 22.773	W65° 35.088
24.	N18° 22.769	W65° 35.092
25.	N18° 22.781	W65° 35.106
26.	N18° 22.793	W65° 35.116
27.	N18° 22.796	W65° 35.120
28.	N18° 22.835	W65° 35.146

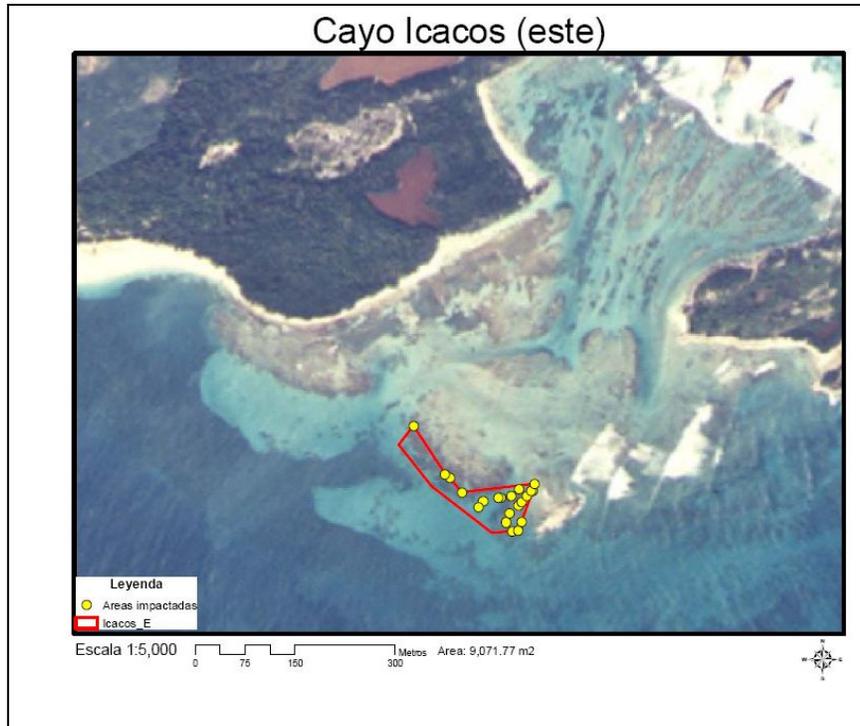


Figura 13. Foto aérea que delimita la zona estudiada con la ubicación de los puntos donde se encontró daño mecánico.

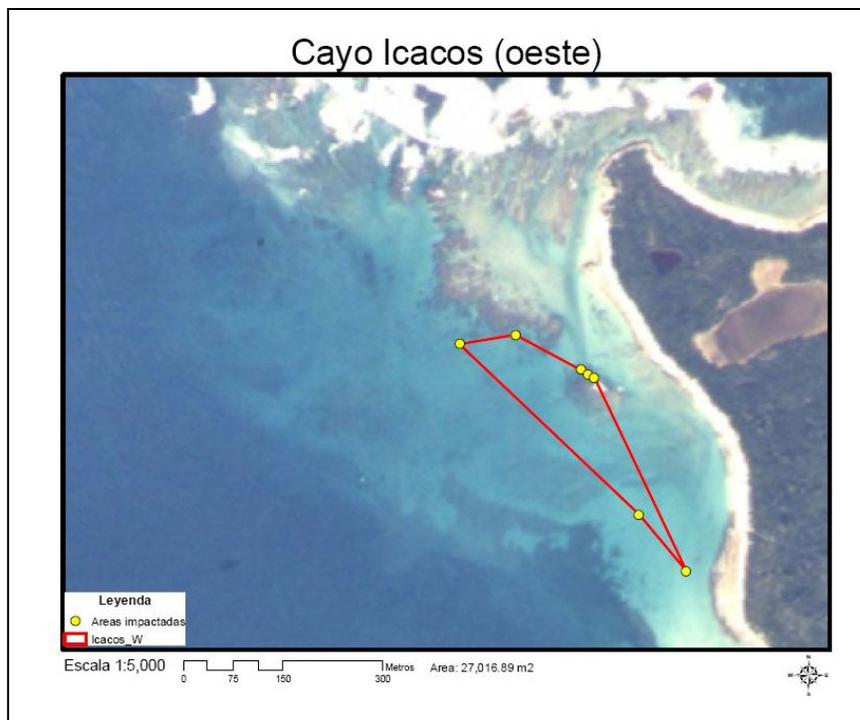


Figura 14. Foto aérea que delimita la zona estudiada con la ubicación de los puntos donde se encontró daño mecánico.

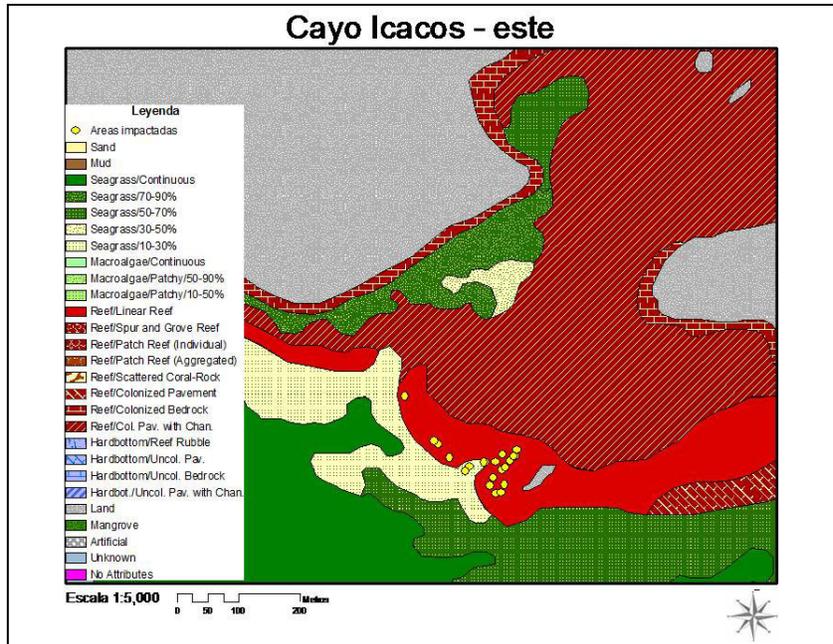


Figura 15. Mapa que identifica las diferentes zonas que componen el fondo marino incluyendo los áreas impactadas donde se encontró daño mecánico.

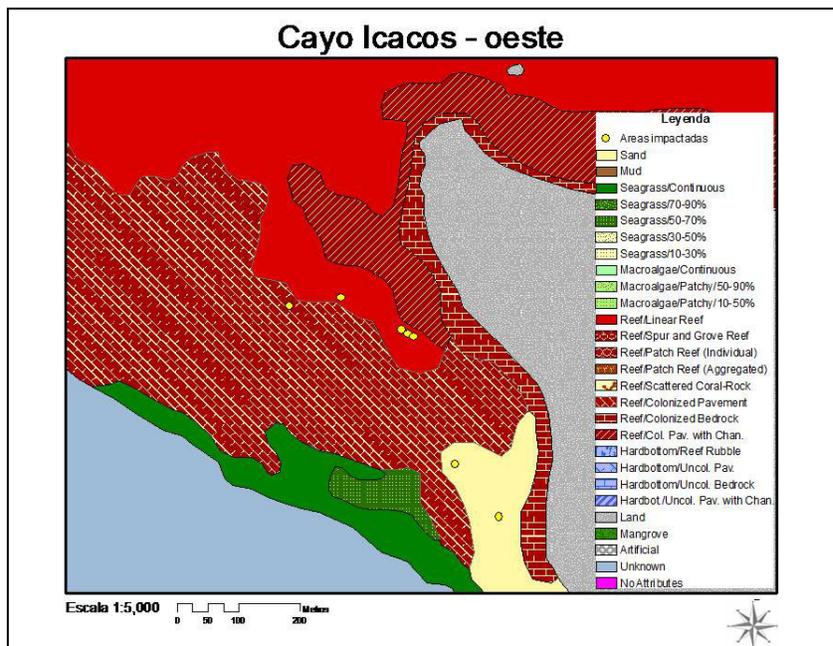


Figura 16. Mapa que identifica las diferentes zonas que componen el fondo marino alrededor de Icaco incluyendo los áreas impactadas donde se encontró daño mecánico.

Tabla 3. Coordenadas de los puntos donde se encontró daño mecánico en Cayo Lobos.

	Latitud	Longitud
1.	N18° 22.678	W65° 34.350
2.	N18° 22.649	W65° 34.349
3.	N18° 22.646	W65° 34.350
4.	N18° 22.644	W65° 34.347
5.	N18° 22.639	W65° 34.342
6.	N18° 22.634	W65° 34.349
7.	N18° 22.624	W65° 34.357
8.	N18° 22.622	W65° 34.369
9.	N18° 22.641	W65° 34.378
10.	N18° 22.621	W65° 34.400
11.	N18° 22.693	W65° 34.377
12.	N18° 22.698	W65° 34.388
13.	N18° 22.701	W65° 34.406
14.	N18° 22.705	W65° 34.413
15.	N18° 22.721	W65° 34.422
16.	N18° 22.727	W65° 34.407
17.	N18° 22.726	W65° 34.392
18.	N18° 22.728	W65° 34.380
19.	N18° 22.726	W65° 34.372
20.	N18° 22.724	W65° 34.354
21.	N18° 22.716	W65° 34.345
22.	N18° 22.636	W65° 34.380
23.	N18° 22.631	W65° 34.377
24.	N18° 22.626	W65° 34.382
25.	N18° 22.625	W65° 34.365
26.	N18° 22.631	W65° 34.364
27.	N18° 22.634	W65° 34.368
28.	N18° 22.639	W65° 34.363
29.	N18° 22.632	W65° 34.388
30.	N18° 22.613	W65° 34.418
31.	N18° 22.616	W65° 34.447
32.	N18° 22.579	W65° 34.458
33.	N18° 22.616	W65° 34.425
34.	N18° 22.619	W65° 34.415
35.	N18° 22.651	W65° 34.339

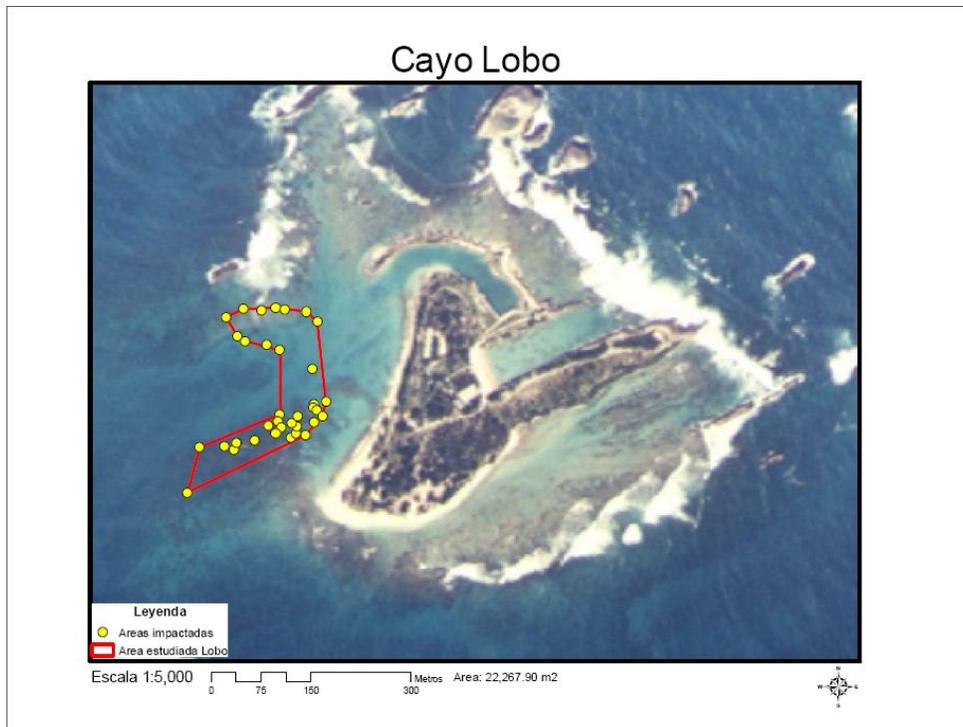


Figura 17. Foto aérea que delimita la zona estudiada con la ubicación de los puntos donde se encontró daño mecánico.

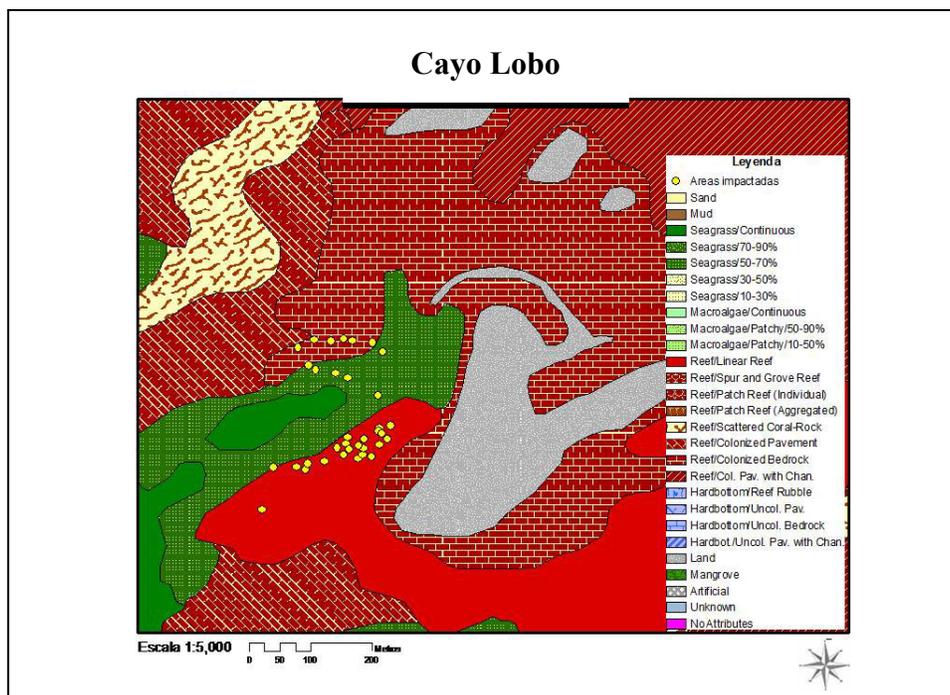


Figura 18. Mapa que identifica las diferentes zonas que componen el fondo marino alrededor de Cayo Lobo incluyendo los áreas impactadas donde se encontró daño mecánico.

Tabla 4. Coordenadas de los puntos donde se encontró daño mecánico en Palominito.

	Latitud	Longitud
1.	N18° 20.190	W65° 33.958
2.	N18° 20.194	W65° 33.969
3.	N18° 20.208	W65° 33.979
4.	N18° 20.257	W65° 33.933
5.	N18° 20.192	W65° 33.959
6.	N18° 20.210	W65° 33.994

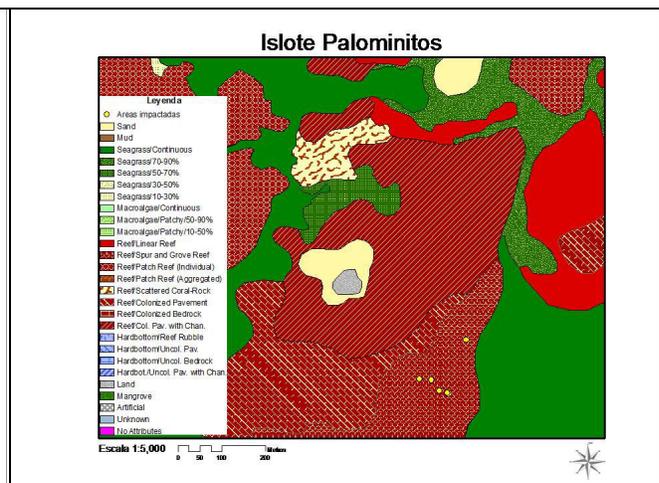
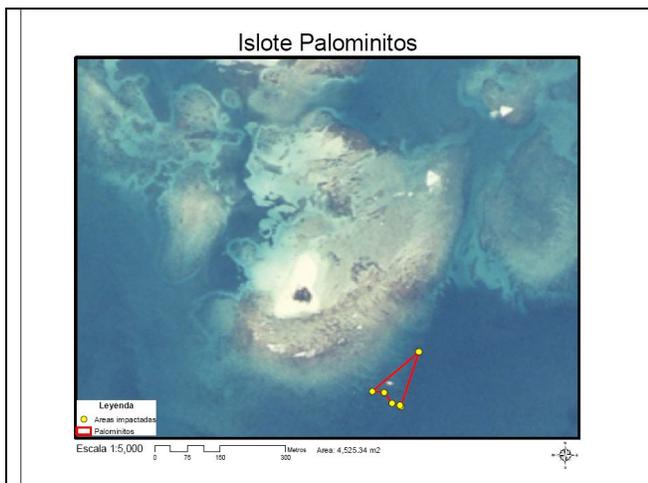
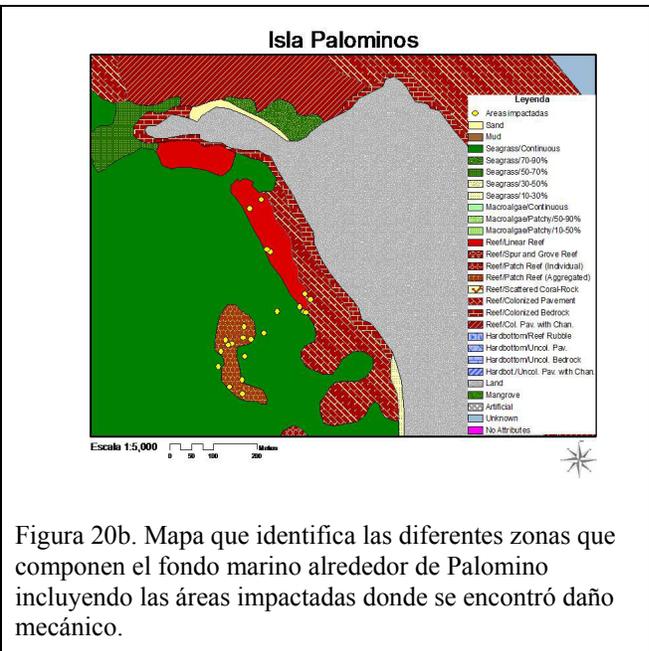


Tabla 5. Coordenadas de los puntos donde se encontró daño mecánico en Palomino.

	Latitud	Longitud
1.	N18° 20.907	W65° 34.321
2.	N18° 20.912	W65° 34.292
3.	N18° 20.906	W65° 34.287
4.	N18° 20.841	W65° 34.399
5.	N18° 20.905	W65° 34.284
6.	N18° 20.816	W65° 34.385
7.	N18° 20.921	W65° 34.278
8.	N18° 20.807	W65° 34.368
9.	N18° 20.928	W65° 34.285
10.	N18° 20.824	W65° 34.369
11.	N18° 20.981	W65° 34.329
12.	N18° 20.869	W65° 34.381
13.	N18° 20.984	W65° 34.333
14.	N18° 20.867	W65° 34.385
15.	N18° 21.034	W65° 34.354
16.	N18° 20.873	W65° 34.389
17.	N18° 21.045	W65° 34.339
18.	N18° 20.860	W65° 34.395
19.	N18° 20.874	W65° 34.356
20.	N18° 20.853	W65° 34.364
21.	N18° 20.876	W65° 34.366
22.	N18° 20.889	W65° 34.364
23.	N18° 20.881	W65° 34.339



## Discusión de los resultados y hallazgos

La información previamente adquirida por medio de los mapas béticos de NOAA no fue muy precisa ya que en las localidades donde se menciona hay arrecifes de coral, no necesariamente es correcta. Las zonas de arrecife de coral están inmediatas (justo al lado) a las zonas de impacto mecánico que se presentaron en la sección anterior. Donde se reflejan los impactos mecánicos es donde visitan los usuarios de estos recursos ya que son las únicas áreas protegidas marítimamente (por la formación natural de área) donde quedan colonias de corales vivas. Otras áreas han sido despojadas casi en su totalidad de la vida coralina. No obstante no se puede precisar si la mortandad de las colonias fuera de las áreas de impacto fue causada por daños mecánicos, exceso de sedimentación, brotes de alguna enfermedad, calentamiento del agua, o debido a algún factor natural.

Sin embargo, en los Cayos Diablo, Icacos y Lobos observamos la presencia activa de catamaranes de actividades turística comercial (Figuras 21a y b). En dos ocasiones tuvimos que hacer advertencia para que observaran que nuestros buzos tenían la bandera de buceo y sus embarcaciones se encontraban en un perímetro muy cercano a esta, no guardando los 150 pies de distancia requeridos. Solo una de estas embarcaciones lanzo el ancla con un tripulante observando donde caía la misma el resto lo hacían sin saber con certeza donde tiraban el ancla. Es notable señalar que donde observamos este comportamiento fue donde mayores impactos pudimos precisar. Para tratar de explicar esta observación se hizo un conteo de bollas de amarre para establecer una correlación entre el número de boyas y el número de impactos documentados, que a su vez se compararon con el % de cobertura (Figura 22 y 23)



Figura 21a. Catamaranes de compañías privadas que llevan turistas. Foto: Héctor J. Orta



Figura 21b. Catamarán de turistas anclando en área de yerbas marinas. Foto: Héctor J. Orta

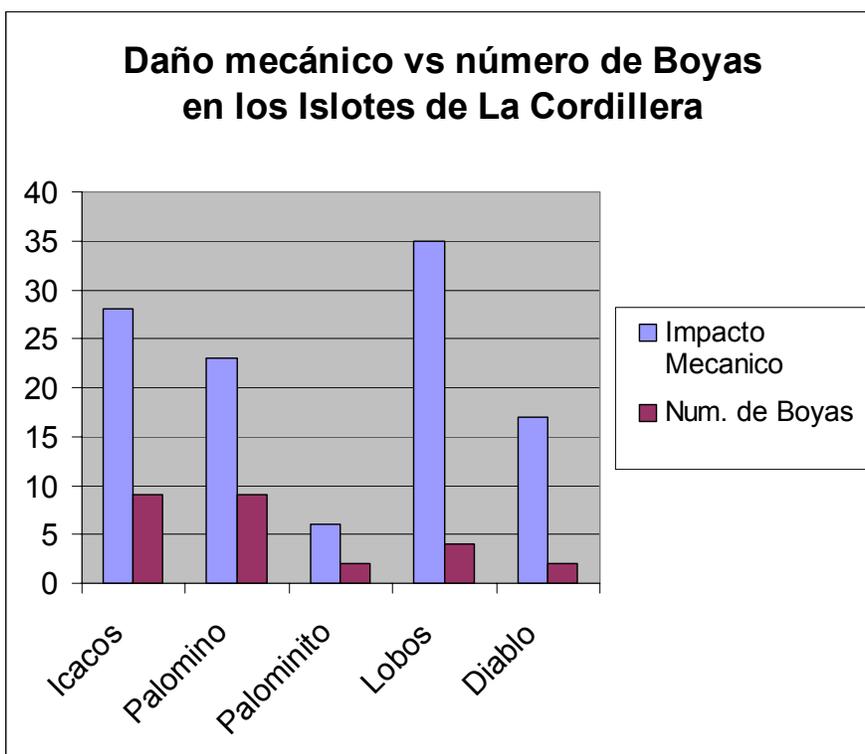


Figura 22. Gráfica que demuestra la cantidad de daño mecánico vs. el número de boyas en cada localidad.

**Correlación entre corales impactados vs % cobertura de coral**

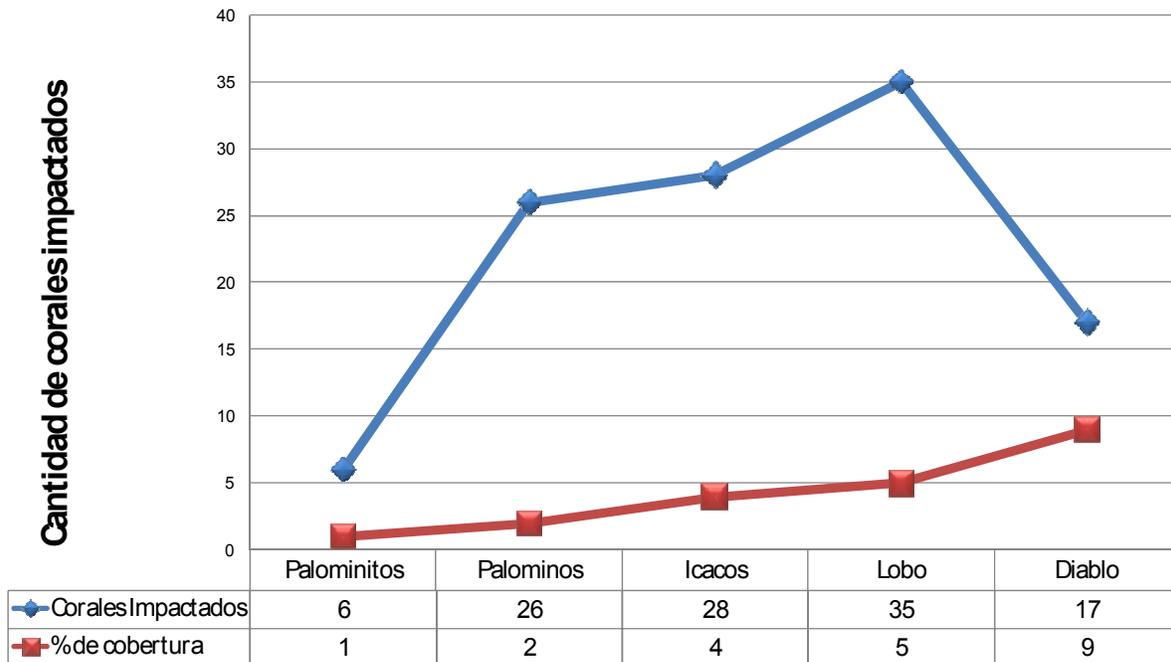


Figura 23. Gráfica de correlación entre cantidad de corales impactados y el porcentaje de cobertura de corales en cada localidad. Se observa que a mayor distancia de la costa de Fajardo, mayor es la cobertura de corales. También se observa un aumento en la cantidad de daño mecánico a los corales donde mayor abundancia de estos existe. Nótese la excepción en Cayo Diablo, donde existe un mayor porcentaje de cobertura de coral, pero un menor número de impactos.

El muestreo de impactos mecánicos a colonias de corales observados en los cayos nos proporcionó información necesaria para analizar y razonar sus causas en la Reserva y específicamente como lo presentaremos a continuación.

### Cayo Diablo

Aunque con solo 9% de cobertura, Cayo Diablos fue el arrecife de mayor porcentaje de cobertura. Es muy probable que al ser el cayo más distante de la costa de Fajardo sea el menos afectado por la contaminación de las escorrentías y sus desembocaduras. También observamos el paso localizado de un Carey (*Eretmochelys imbriocota*) durante un periodo largo de nuestra inmersión y en las repetidas visitas. La abundancia de especies tanto de peces como de corales,

especialmente de las recién enlistadas como amenazadas *A. cervicornis* y *A. palmata* señala sin lugar a dudas a Cayo Diablo como el más saludable de los cayos visitados (Figuras 24 y 25).



Figura 24. Abundancia de la especie *A. cervicornis* en la localidad Cayo Diablo.



Figura 25. Una colonia de *A. palmata*, nótese a los lados y al fondo otras colonias de gran tamaño en la localidad Cayo Diablo.

Aunque pudimos observar dos boyas de amarre, también observamos que la tendencia de las embarcaciones de buceo comercial es acercarse al arrecife lanzando ancla. Esta situación fue confirmada en el tipo de daño mecánico encontrado en el fondo. La mayoría de las colonias observadas recibieron impacto de ancla dejando las mismas al revés (Figura 26 y 27), con los pólipos en su mayoría enterrados en la arena. Los voluntarios de la SAM restauramos en su posición original las colonias impactadas que aun tenían pólipos vivos.



Figura 26. A. palmata fragmentado desde la base con área de mortandad reciente. Ocasiónada por marejada o por daño mecánico de un ancla. Localidad: Cayo Lobo



Figura 27. Coral de cerebro presentando diferentes etapas de mortandad y enfermedades después de ser volteado.

### Cayo Icacos

Siendo este uno de los cayos mas visitados y donde mayor cantidad de embarcaciones pudimos observar y constatar mediante fotografías aéreas, el impacto mayor causado por las embarcaciones se observa de manera alarmante en las praderas de hierbas marinas (ver Figura 21b). Aunque contamos nueve boyas de amarre, solo dos tenían sogas para poder utilizarlas, las otras al no tener la sogas de amarre (Figura 28 y 29), había que amarrar la boya a vuelta redonda o lanzarse al agua para poder utilizarla. La mala utilización y manejo de las anclas esta mermando las praderas de hierbas permitiendo que los sedimentos viajen libremente hasta el área de los corales, quienes a su vez mueren por asfixia (DRNA, 2004). Otro dato notable es que el área sobreviviente de corales no concuerda con la información béntica encontrada en la evaluación y revisión de literatura. Sin embargo, si hay una relación entre donde están los corales vivos y donde identificamos los corales con impacto mecánico y es que son las mismas áreas.



Figura 28. Boya sin sogas de amarre en Icacos.



Figura 29. Soga cortada de la boya de amarre, se desconoce si fue accidental o intencional en Icacos.

Las técnicas e incluso las anclas utilizadas por la mayoría de las embarcaciones son inapropiadas (Figuras 30a, b y c). Se observaron anclas de mayor tamaño que las necesitadas por la embarcación, anclas de menor tamaño haciendo surcos en el fondo por no poder sostener el gran tamaño de la embarcación.



Figura 30a. Ancla en el área de yerbas marinas arrancandolas y causando cicatrices.



Figura 30b. Ancla no fijada arrastrando la embarcación por la zona de arena, nótese algunas yerbas alrededor lo que indica que ya dejó marcas en la zona de yerbas.



Figura 30c. Ancla en área de yerbas marinas arrancándolas y causando cicatrices en Icacos.

### Cayo Lobos

Este cayo provee un área protegida de corrientes y marejadas muy deseable para muchos navegantes, pero a su vez un poco distante para navegantes principiantes. Observamos que la mayoría de las visitas recibidas en esta área eran embarcaciones comerciales turísticas. El servicio provisto por los Catamaranes para practicar la actividad de buceo en apnea es según sus usuarios uno que les satisface. Se deduce que esta actividad genera una fuente de ingresos económicos valiosos debido a la cantidad de catamaranes (ver foto 48) observados en esta área y que el promedio de turistas transportado en ninguna de las ocasiones fue menor de 50 participantes. Lo preocupante del asunto es si el arrecife soporta semejante estrés, cuando logramos percibir sobre 100 personas al mismo tiempo alrededor de los mismos corales y con suerte sobre algunas poblaciones de peces.

Fue sorprendente ver que solo uno de los mencionados Catamaranes tuvo la precaución de colocar el ancla en un área donde no afectara corales vivos. El resto de las embarcaciones no considero que si destruyen este recurso cada vez habrá que ir mas lejos, hasta que algún día, ya no haya donde ir. Este patrón desmedido de anclaje ha dejado su huella de manera permanente ya que las colonias con daño mecánico observadas no tenían muchas posibilidades de sobrevivir debido a los impactos recurrentes (Figura 31a, b, c y d). Si observamos la tabla de Coordenadas de daño mecánico en Cayo Lobos nos indica que el 39% de los daños mecánicos observados fueron uno próximo al otro en el área donde principalmente observamos anclarse estas grandes embarcaciones. La preocupación es mayor al observar varias colonias de *Acropora cervicornis* y *Acropora palmata* al igual que el paso de otra tortuga marina (*Eretmochelys imbricata*) en la zona, pudiendo ser establecida como hábitat crítico para especies en amenaza y en peligro de extinción.



Figura 31a. Fragmentado: Coral de cerebro con daño mecánico, fue partido en dos. Localidad: Cayo Lobo



Figura 31b. Daño Mecánico: Coral *Monstarea faveolata* con daño mecánico al ser volteado por un ancla. Localidad: Cayo Lobo



Figura 31c. Coral de cerebro muerto al ser volteado. Cómo sabemos que esta no es su posición original, nótese el gorgóneo a la izquierda en posición horizontal, estos crecen en forma vertical en dirección a la luz. Localidad: Cayo Lobo



Figura 31d. *Monstastrea annularis* presentando daño mecánico al ser volteado desde la base. Localidad: Cayo Lobo

### Palominito

Es uno de los lugares mas frecuentado por dueños de embarcaciones pequeñas. La mayoría de los usuarios de este cayo se anclan en la arena, ya que el mismo solo cuenta con dos boyas de amarre ubicadas en un área frecuentemente utilizada para actividades de buceo recreativo. Observar la cantidad de carricoche en el fondo sugiere que en el pasado Palominito gozaba de una abundancia coralina impresionante. Actualmente el Norte, Sur y Oeste del cayo no presenta vida coralina saludable. En el Este de la misma el escenario es diferente, mostrando una cobertura coralina mayor y albergando diversas especies de peces de valor comercial.

### Palominos

En la actualidad existe una gran actividad de carácter recreativo en dicha isla ya que aun siendo privada, los encantos y cercanía de la costa de Fajardo atraen a navegantes (en muchas ocasiones inexpertos) a las aguas tranquilas del oeste de Palomino. Contando con nueve boyas de amarre funcionales, el tránsito y cantidad de naves marítimas que visitan esta isla sobrepasan ese número (Figura 32) . La densidad de corales vivos de esta zona esta en crisis, si es cierto que es una de las

áreas en que menor daño mecánico se observó, también es correcto mencionar que es una de las áreas donde menor cobertura de coral vivo se encontró.



Figura 32. Los botes anclados y amarrados unos con otros.  
Nótese que hay más de 25 embarcaciones.  
Foto: Héctor J. Orta

## Conclusión:

La información obtenida en el Estudio del Impacto Mecánico de la Cordillera Marina, Fajardo, comprendiendo los siguientes islotes y cayos: Cayo Diablo, Icacos, Lobos, Palomino y Palominito, ha demostrado que áreas marcadas en los mapas béticos como compuestas de arrecifes de coral ya no lo están. Esto se puede deber a mortandad en los mismos, ya sea por causas naturales (huracanes, enfermedades, etc.) o daños mecánicos causados por el hombre.

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. Utilizando como transportación embarcaciones privadas o comerciales (catamaranes o porteadores).

La proporción boyas de anclaje en relación al número de usuarios es insuficiente. Causando que las embarcaciones tengan que anclar en suelo marino, afectando irrevocablemente las áreas de arrecifes de coral y de hierbazales marinos.

La muerte de los corales de la Cordillera no se puede atribuir completamente a daños antropogénicos según la información recopilada. Características naturales y humanas han dejado cicatrices en los arrecifes. Mientras más cercano a la costa de Fajardo y más visitas por el ser humano al área estudiada menor cobertura de corales se pudo encontrar.

## Recomendaciones:

Se recomienda una serie de medidas para eliminar o minimizar el impacto causado por las embarcaciones y pasajeros. Las medidas a seguir serían las siguientes:

Presupuesto: proveerle al Departamento de Recursos Naturales (DRNA) las herramientas necesarias (presupuesto, equipo y personal) para poder prestar la debida vigilancia en el

área, dándole énfasis a la disposición de basura, anclaje indebido y remoción segura de embarcaciones que accidentalmente encallen en el área.

Cantidad de usuarios: Controlar el número de personas que utilizan el área como medio de recreación.

Boyas de anclaje: Aumentar y/o maximizar el uso de las mismas. En la mayoría de los casos se pudo observar pocas boyas de anclaje y/o en buen estado (soga de amarre no adecuada o no existente) en relación al número de usuarios. Implantar los reglamentos ya existentes (limitar el tiempo de anclaje, no permitir más de una embarcación por cada boya, respetar el máximo de peso establecido para las mismas, entre otras). Boyas con la información necesaria (capacidad de anclaje, número telefónico en caso de que la misma necesite mantenimiento, etc.)

Desperdicios Sólidos: Mayor vigilancia y educación a los usuarios respecto a la disposición de los mismos ya sea producto de basura común (latas de aluminio, botellas de cristal, bolsas plásticas, sillas de playas, etc.), como partes de embarcaciones producto de encallamientos (baterías, costados de embarcación, timón, cables direccionales, pata propulsora con su hélice, bloques de motor) y del pescador recreacional (hilo de pescar).

Cursos de navegación y reglamentación referente a los mismos: Toda persona que maneje una embarcación marina debe poseer licencia de conducir embarcaciones marinas, la cual requiera de tomar un curso de navegación y evaluarse prácticamente para determinar si posee las destrezas necesarias. Dicha licencia debería tener una fecha de expiración la cual se podría renovar mediante cursos de educación continua (recomendable cada tres años). Estas educaciones deberían tener énfasis tanto en la mecánica de maniobrar una embarcación como el conocimiento de la vida marina existente en nuestras aguas para que

la persona tenga mayor responsabilidad y conocimiento al entrar en un área sensible al ser humano.

Debe considerarse implementar un calendario de adiestramientos de navegación y recursos costeros con visitas frecuentes a las marinas, para crear conciencia y dar valor a estos recursos, que cada día son menos. En estos cursos debe presentarse un plan efectivo de identificación de la rotulación que se vaya a implementar. Hacer campaña publicitaria masiva, efectiva enfocada y dirigida a los usuarios de los centros marinos para la utilización y conservación de las bollas de amarre. Que los usuarios sean ayudantes de los vigilantes en reportar las boyas desaparecidas o con necesidad de mantenimiento. Auspiciar la etiqueta en la navegación, un accidente en el mar tiene graves consecuencias, el manejo inadecuado deber ser sancionado.

Programas de monitoreo y restauración continuos: Favorecer programas de reestablecimiento de corales mediante cultivo (Low-tech community-based adaptive strategies to manage coral aquaculture and reef rehabilitation under climate change, Hernández, et al, 2007) y ayudar al ambiente marino en su proceso de recolonización mediante técnicas probadas de cultivo.

Referencias:

Burke L., Maidens J., Reefs at Risk in the Caribbean (WRI, Washington, DC, 2004).

Connell J.H. (1978) Diversity in Tropical Forest and Coral Reefs. *Science* 199 (1302-1308)

CSA, Group, Evaluación, delimitación y análisis de los usos en los habitáculos marinos dentro de la Reserva Natural de Arrecifes de la Cordillera, Febrero 2005 (REV.)

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Programa de Manejo de la Zona Costanera, Los arrecifes de coral, Agosto 2004.

García J.R., Morelock J., Castro R., Goenaga C., and Hernández E.A. (2001) *Puertorican Reefs: Research, Synthesis, Present Threats and Management Perspectives.*

Garcia JR, et al. (2003) *Puerto Rican Reefs.* Latin American Coral Reefs, J. Cortés, editor, Amsterdam: Elsevier Press.

Goenaga C. & Vicente V. (1990). Apéndice 4. Informe de observaciones de campo sobre corales y organismos asociados. 13 pp. In: *Suplemento técnico para la Plan de Manejo de la Reserva Natural La Cordillera, Fajardo.* Departamento de Recursos Naturales, San Juan, PR.

Hernández-Delgado E.A. (1992) *Coral Reef Status of the Northeastern and Eastern Puerto Rican Waters: Recommendations for Long-term Monitoring, Restoration, and Management.* Caribbean Fishery Management Council, Hato Rey, P.R.

Hernández-Delgado E.A., et al (2007) *Low-tech community-based adaptive strategies to manage coral aquaculture and reef rehabilitation under climate change.* Sociedad Ambiente Marino, San Juan, PR

Hernández-Delgado E.A. (1994) *Preliminary Inventory of the Coral Reef Systems and Hardground Communities from La Cordillera Natural Reserve, Puerto Rico.*

Hughes T.P. et al. (2003). "Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs."  
Science 301:929-933.

Hughes T.P., A.H. Baird, Bellwood D.R., M.Card, S.R. Connolly, C. Folke, R. Grosberg, O Hoegh-  
Gulberg, J.B.C. Jackson, J. Kleypas, J.M. Lough, P. Marshall, M. Nynström, S.R. Palumbi,  
J.M. Pandolfi B., Rosen J., Roughgarden (2003) Climate Change, Human Impacts, and the  
Resilience of Coral Reefs Science 301 (929-933)

Humann P. (1993) Reef creature identification: Florida, Caribbean, Bahamas. New World  
Publications, Inc., Florida: p344.

Humann, P. (1993) Reef coral identification: Florida, Caribbean, Bahamas: including marine  
plants. New World Publications, Inc., Florida.

Kaplan, E.H. (1982) A field guide to coral reefs: Caribbean and Florida. (Peterson field guides)  
Houghton Mifflin Co., Boston.

Ogden, J.C., (1997). Marine managers look upstream for connections. Science, Vol. 278, no. 5342,  
pp. 1414-1415.

Otero E, Carrubba L (2007) Chacaracterization of Mechanical Damage to Seagrass Beds in La  
Cordillera Reefs Natural Reserve. Conservation and Management of Puerto Rico's Coral  
Reefs.

Spalding MD (2004) Guide to the Coral Reefs of the Caribbean. University of California Press,  
Berkeley, California.

Springer Netherlands. "Stony coral diseases observed in southwestern Caribbean reefs" Volume  
460, Numbers 1-3 / septiembre 2001

The Ocean Concervancy.(2000) RECON Instructor Manual

Wilkinson C. (2004). Status of coral reefs on the world: summary of threats and remedial action.

Coral Reef Conservation, ed. Isabelle M. Côté and John D. Reynolds. Published by

Cambridge University Press. C\_ Zoological Society of London 2006.

Woodley J, K de Meyer P, Bush G, Ebanks-Petrie J, Garzón-Ferreira E, Klein LP, Pors JJ, Wilson

CM (1997) Status of coral reefs in the south central Caribbean. Proc. 8th Int. Coral Reef

Sym. 1: 357-362.

Apéndice:

Tablas:

Tabla 6. Nombre científico de las especies observadas

Green mermaid's wine glass	<i>Acetabularia calyculus</i>
Staghorn Coral	<i>Acropora cervicornis</i>
Elkhorn Coral	<i>Acropora palmata</i>
Brain Coral	<i>Colpophilia natans</i>
Pilar Coral	<i>Dendrogyra cylindrus</i>
Brain Coral	<i>Diploria labyrinthiformis</i>
Brain Coral	<i>Diploria strigosa</i>
Doughnut sea rod	<i>Eunicea fusca</i>
Venus sea fan	<i>Gorgona flabellum</i>
Fire Coral	<i>Millespora complanata</i>
Boulder star coral	<i>Montastraea annularis</i>
Giant star coral	<i>Montastrea cavernosa</i>
Spiny sea fan	<i>Muricea muricata</i>
Black sea rod	<i>Plexaura homomalla</i>
Finger coral	<i>Porites porites</i>
Porous sea rods	<i>Pseudoplexaura sp.</i>

Sergeant major	<i>Abudefduf saxatilis</i>
Ocean surgeonfish	<i>Acanthurus bahianus</i>
Blue Tang	<i>Acanthurus coeruleus</i>
Peacock Flounder	<i>Bothus lunatus</i>
Blue Chromis	<i>Chromis cyanea</i>
Brown Chromis	<i>Chromis multilineata</i>
Sharksucker	<i>Echeneis naucrates</i>
French grunt	<i>Haemulon flavolineatum</i>
Yellowhead wrasse	<i>Halichoeres garnoti</i>
Lane snaper	<i>Lutjanus synagris</i>
French Angelfish	<i>Pomacanthus paru</i>

Flamingo tongue	<i>Cyphoma gibbosum</i>
Giant anemone	<i>Sondylacties gigantea</i>
Sun Anemone	<i>Stichodactyla helianthus</i>
Long spine seaurchin	<i>Diadema antillarum</i>
Sea turtle	<i>Eretmochelys imbriocota</i>
Spotted spiny lobster	<i>Panulirus guttatus</i>
Magnificent feather duster	<i>Sabellastarte magnifica</i>
Banded coral shrimp	<i>Stenopus hispidus</i>

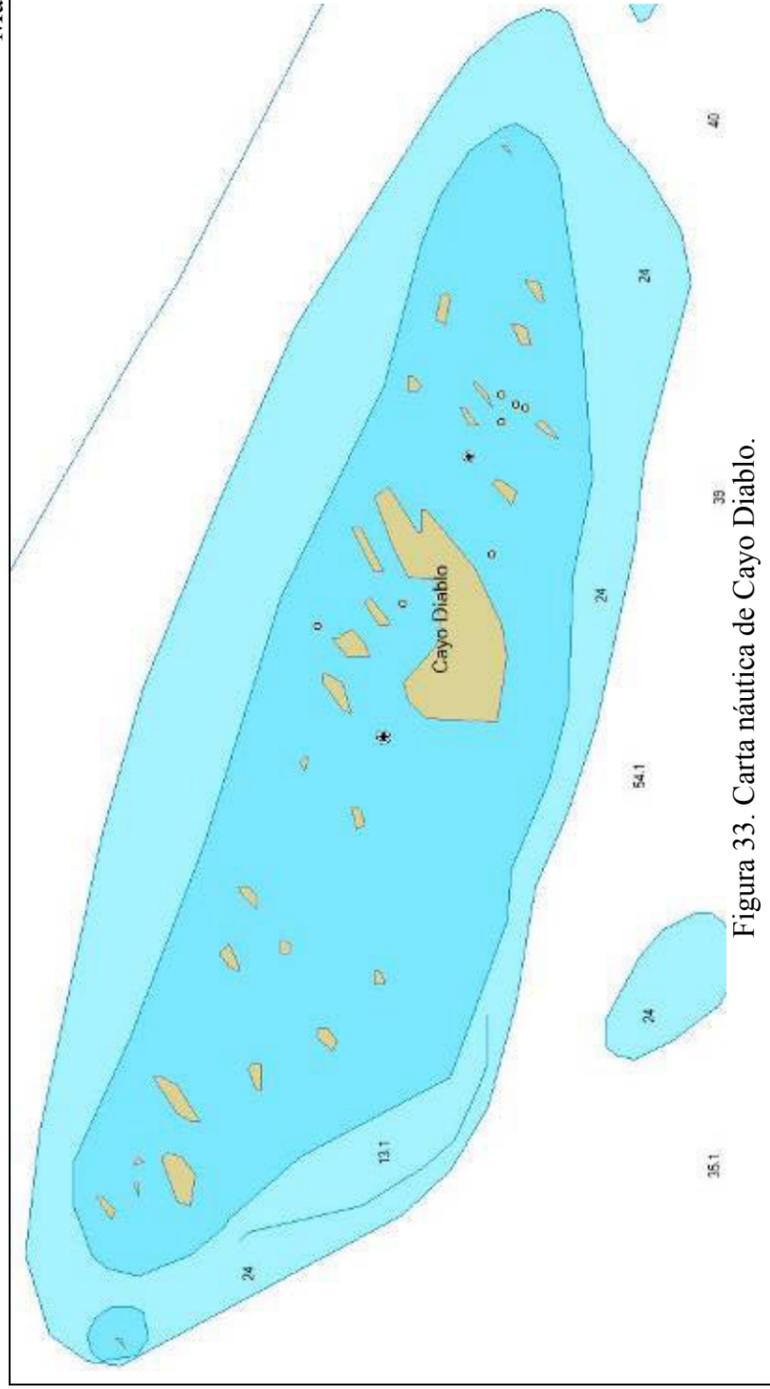


Figura 33. Carta náutica de Cayo Diablo.



Figura 34. Carta náutica de Cayo Diablo con los puntos de impacto.

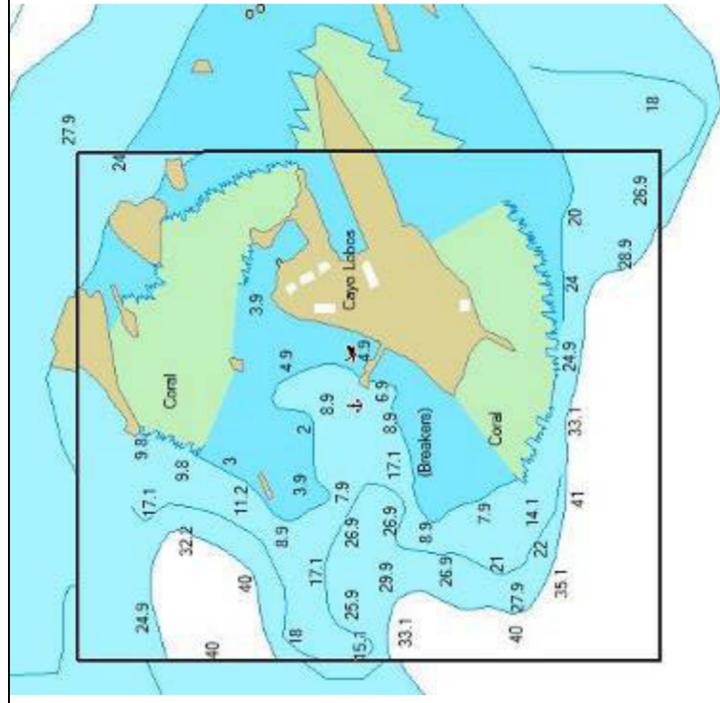


Figura 35. Carta náutica de Cayo Lobos.

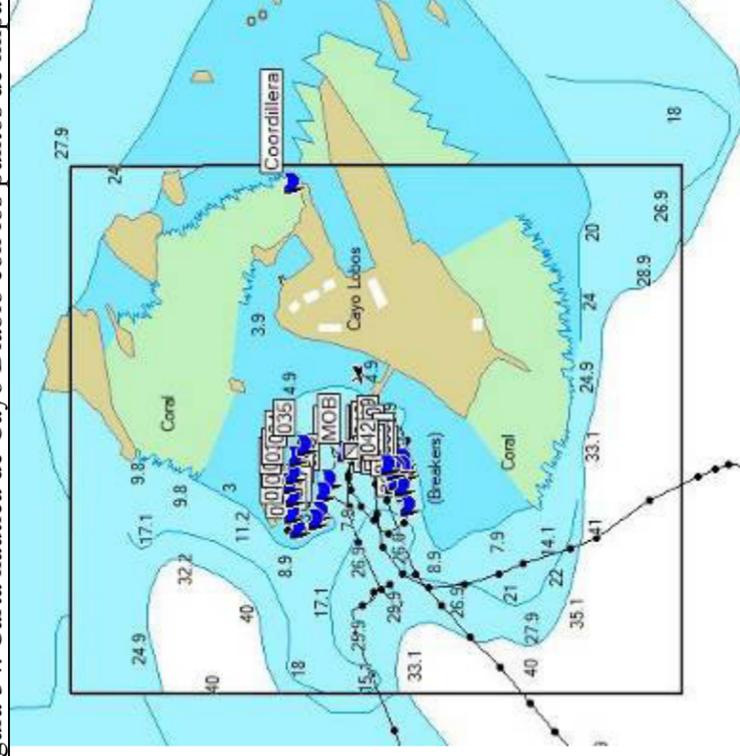


Figura 36. Carta náutica de Cayo Lobo con los puntos de impacto.

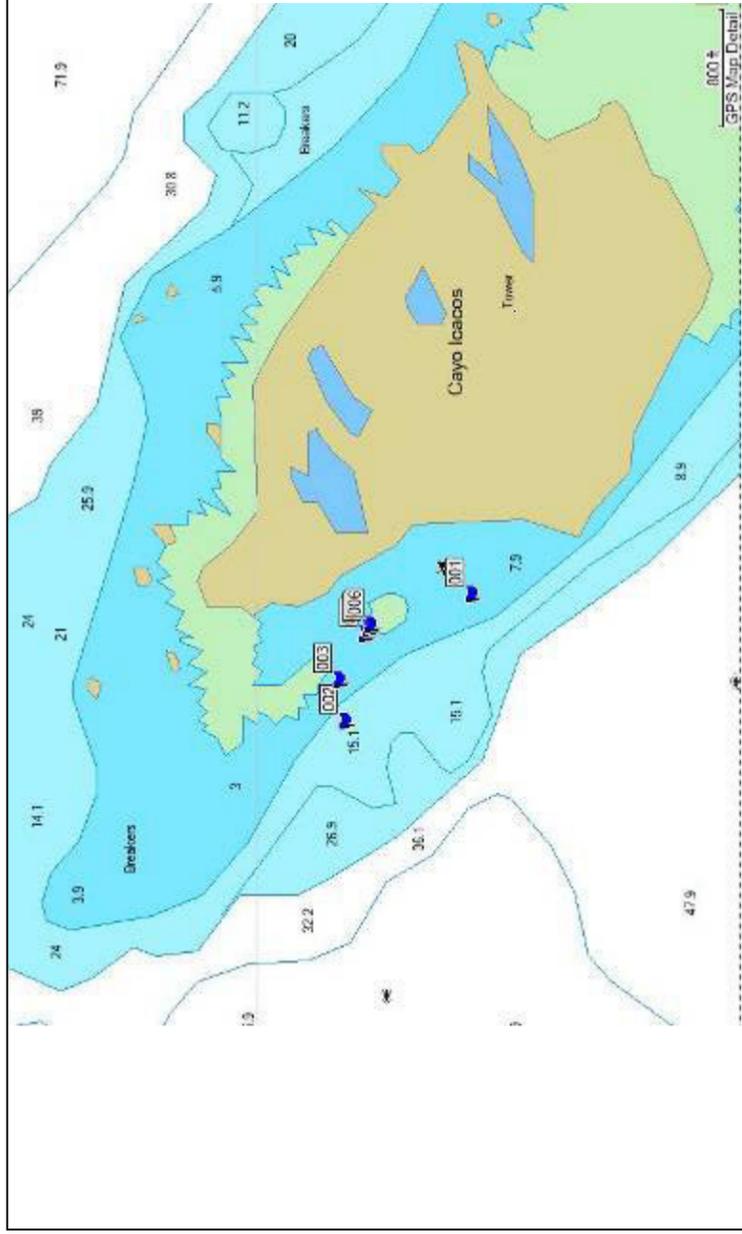


Figura 37 Carta náutica de Icacos.

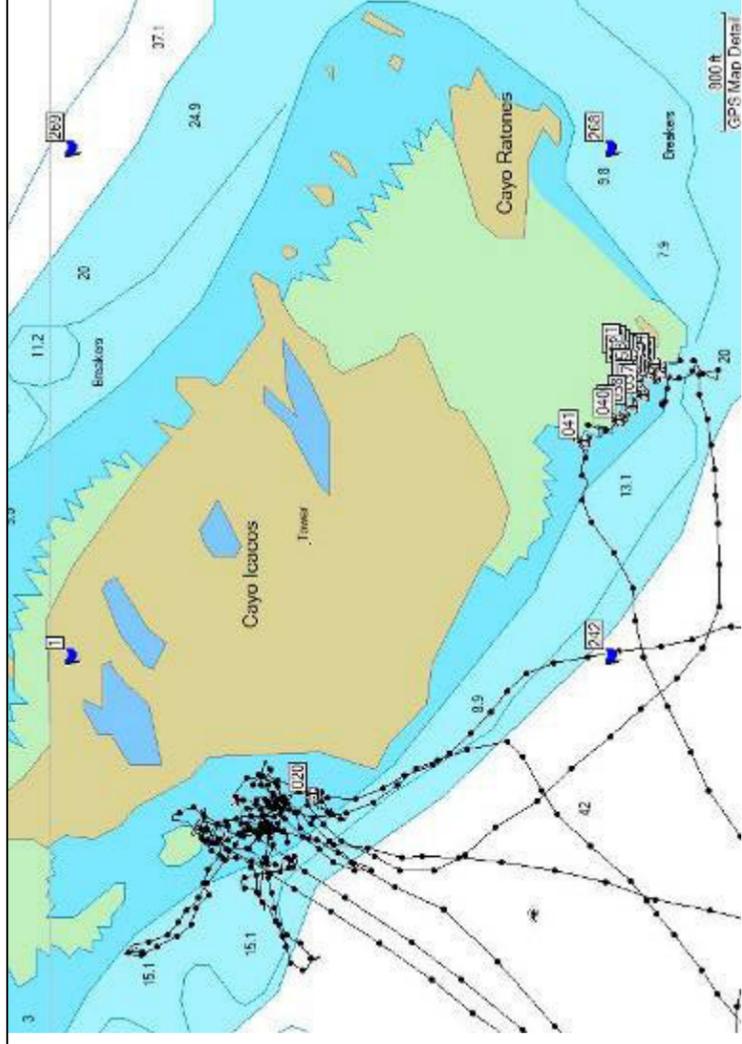


Figura 38. Carta náutica de Icacos con los puntos de impacto

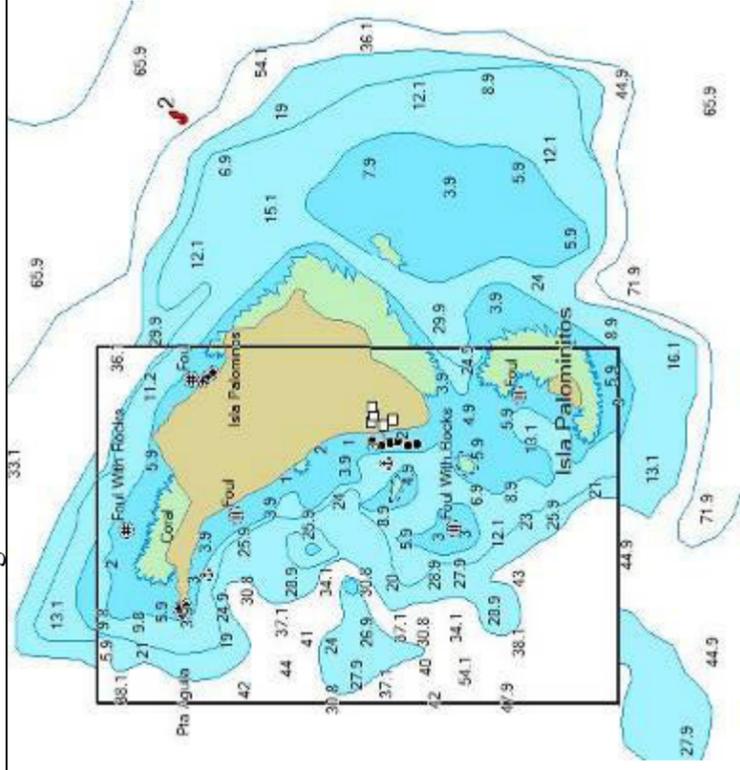


Figura 39. Carta náutica de Islas Palominos y Palominitos.

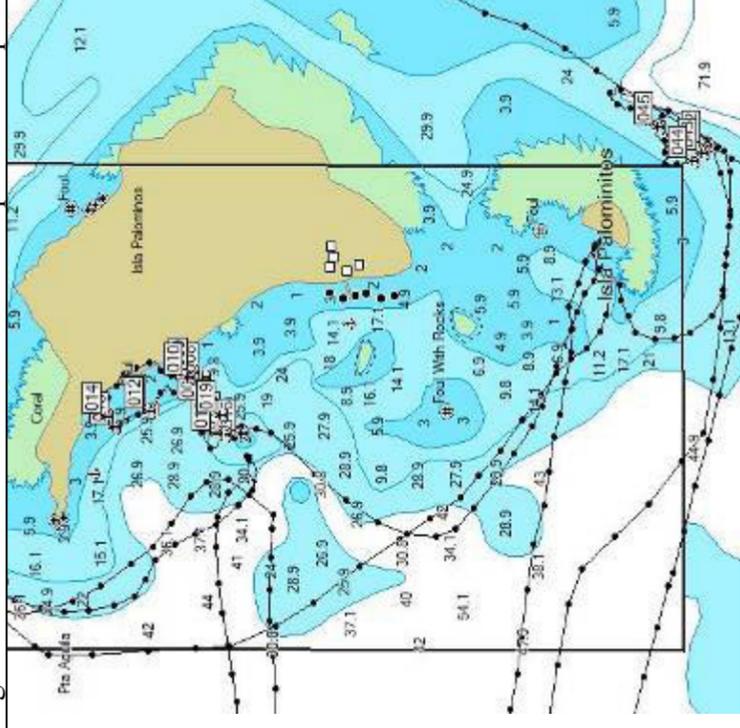


Figura 40. Carta náutica de Islas Palominos y Palominitos con los puntos de impacto.



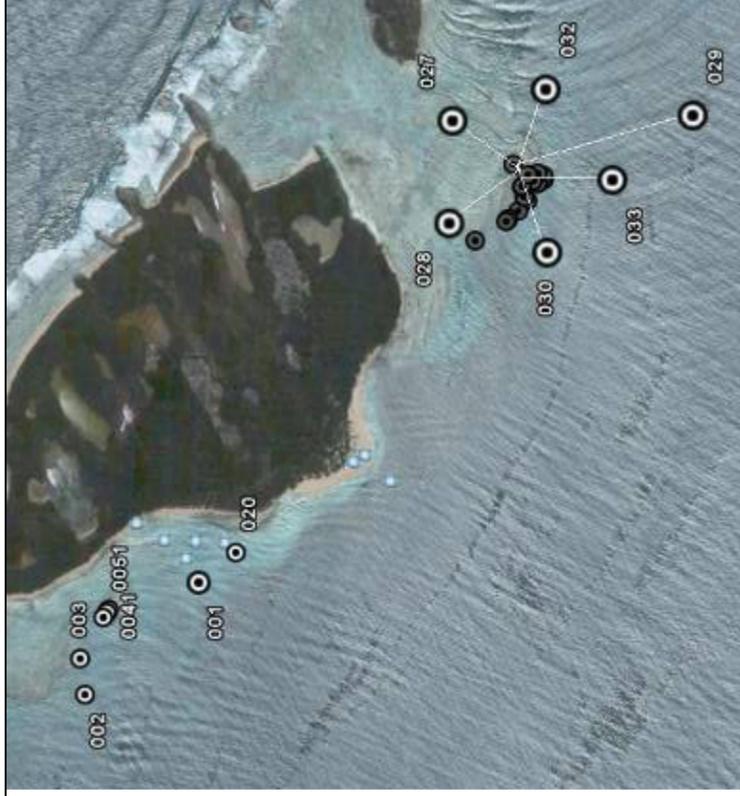


Figura 45. Foto de satélite en detalle de los puntos de impacto al Suroeste de Icacos

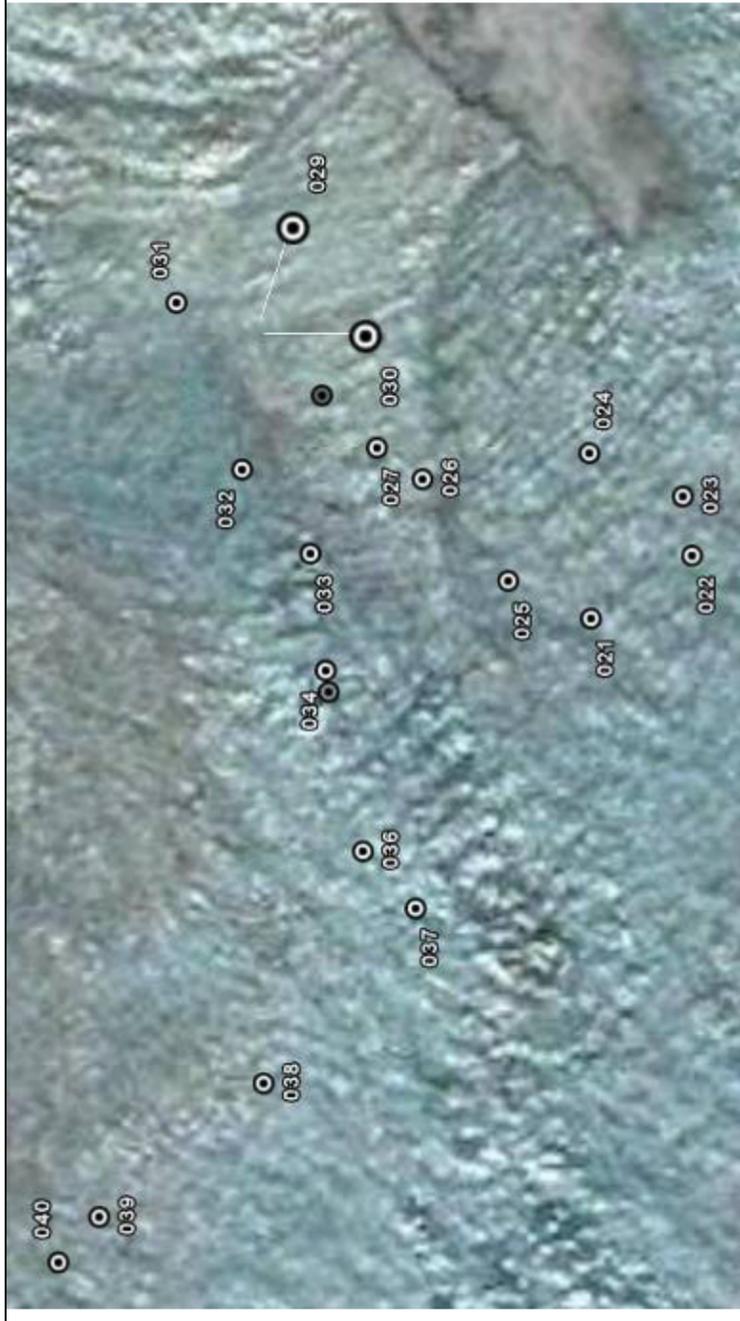


Figura 46. Foto de satélite en detalle de los puntos de impacto al Sur de Icacos

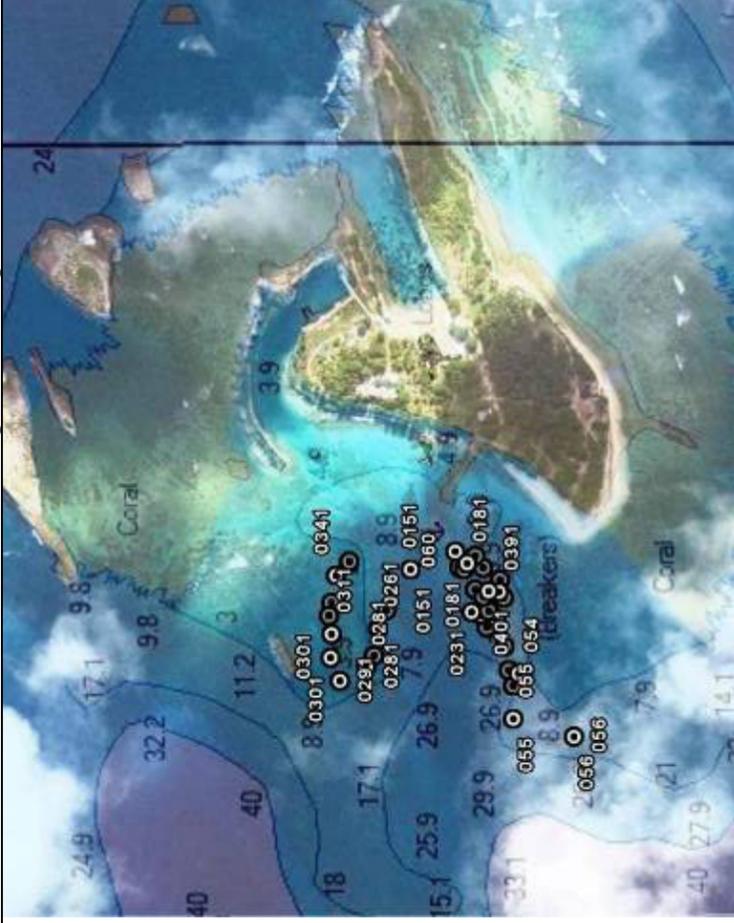


Figura 47. Carta náutica sobre impuesta a foto de satélite de Cayo Lobos.

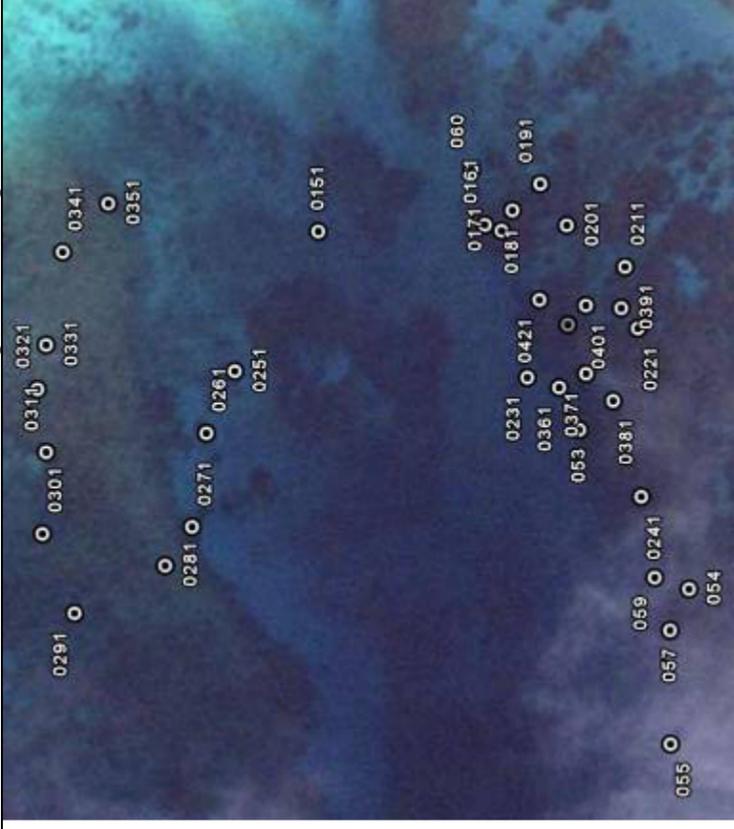


Figura 48. Foto de satélite en detalle de los puntos de impacto al Oeste de Cayo Lobos



**Cayo Icacos - oeste**

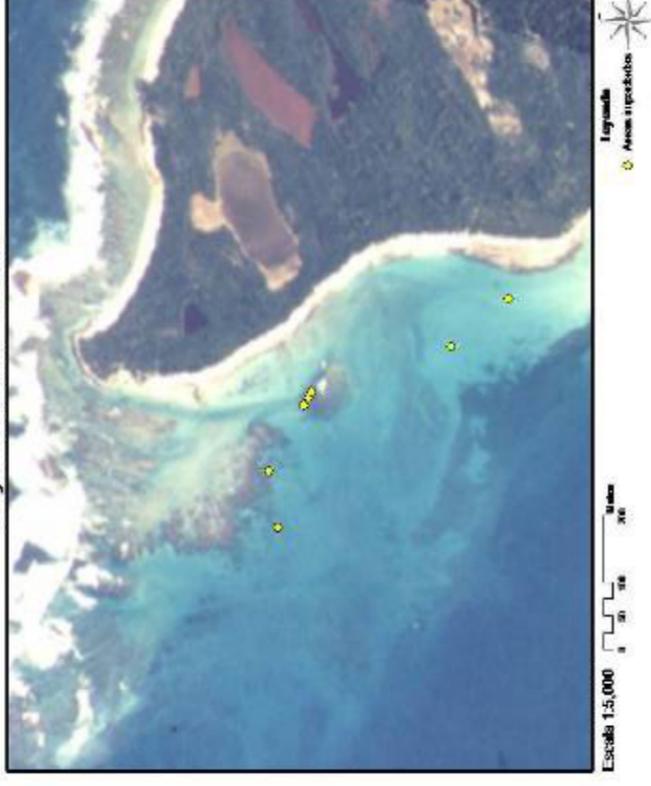


Figura 53. Foto aérea demarcada con puntos amarillos en áreas de daño mecánico en Cayo Icacos – Oeste.

**Cayo Icacos - este**

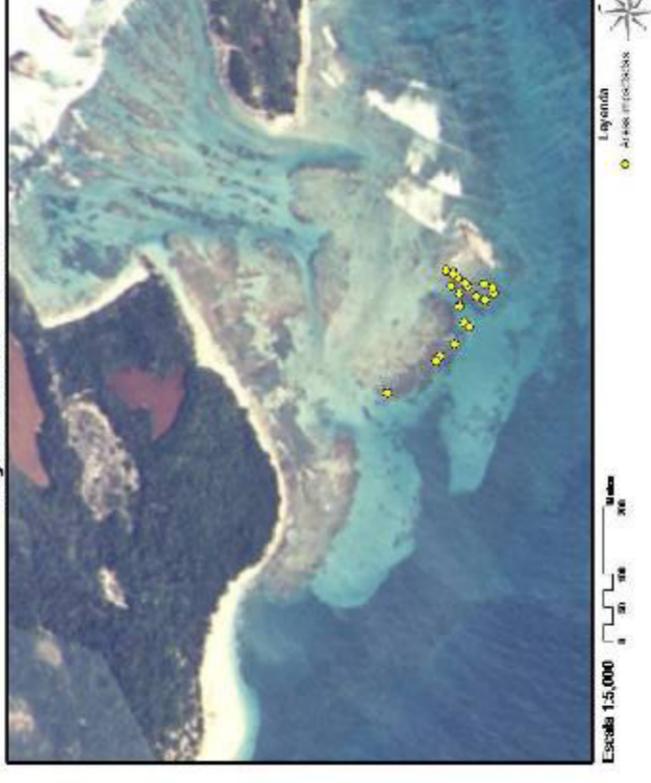


Figura 54. Foto aérea demarcada con puntos amarillos en áreas de daño mecánico en Cayo Icacos – Este.

**Cayo Diablo**



Figura 55. Foto aérea demarcada con puntos amarillos en áreas de daño mecánico en Cayo Diablo.

**Cayo Lobo - oeste**

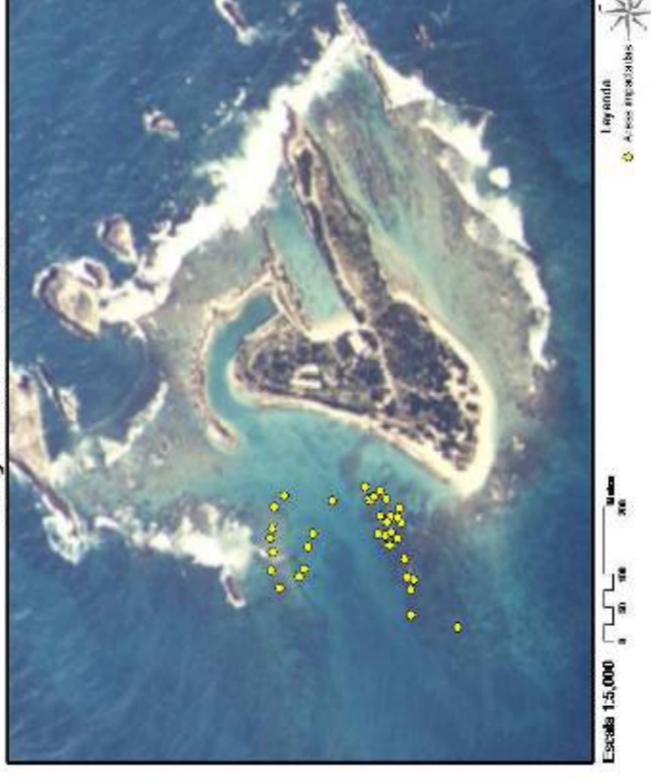


Figura 56. Foto aérea demarcada con puntos amarillos en áreas de daño mecánico en Cayo Lobo.

Isla Palominos

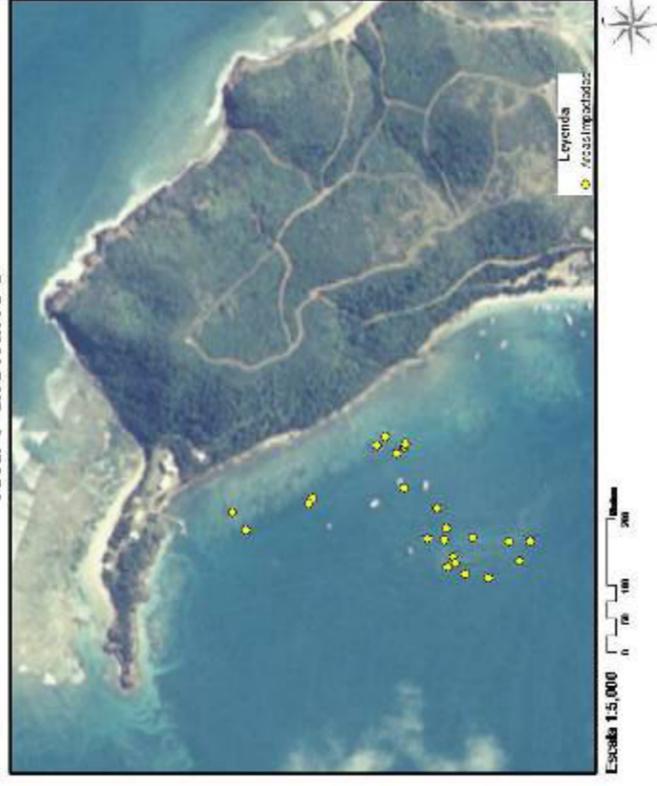


Figura 57. Foto aérea demarcada con puntos amarillos en áreas de daño mecánico en la Isla de Palominos.

Islote Palominitos

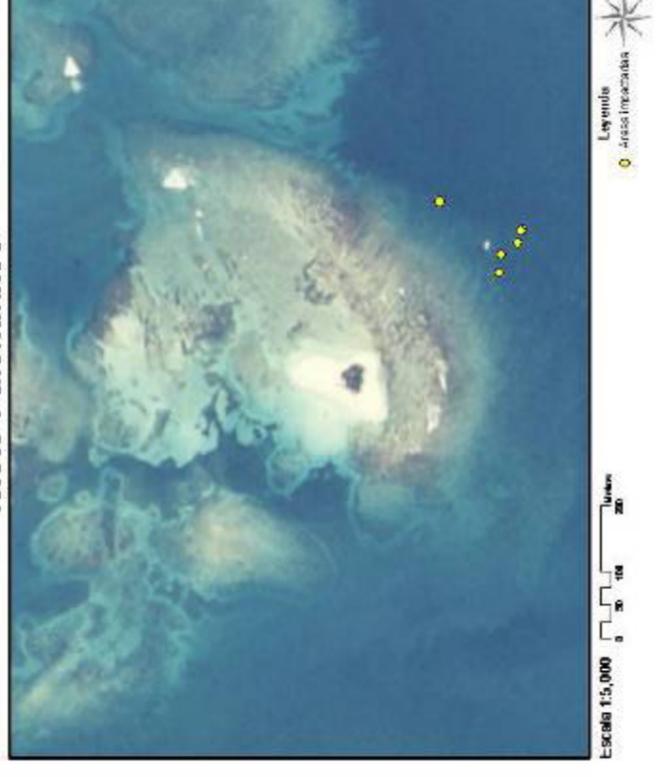


Figura 58. Foto aérea demarcada con puntos amarillos en áreas de daño mecánico en el Islote Palominitos.

Fotos



Figura 59. *A. cervicornis*: Detalle del coral y sus pólipos. Localidad: Cayo Diablo



Figura 60. Coral de fuego: *Millepora complanata* con sogas e hilos viejos enredados. Localidad: Cayo Lobo.



Figura 61. Daño Mecánico: el ancla esta colocada en un área de barrera donde ya no queda coral pero la cadena pasa justo encima de un coral vivo que presenta daño mecánico anterior. Localidad: Icacos.



Figura 62. Área abundante de la especie de coral duro *Porites porites*. Localidad: Cayo Lobo.



Figura 63. Coral de cerebro, *Diploria strigosa*, saludable.



Figura 64. Arrecife: Un arrecife saludable, nótese las diferentes especies de corales duros y blandos y los peces alrededor.



Figura 65. Annularis gigante: Una colonia de *M. annularis* de gran tamaño en proporción con el buzo a su lado.



Figura 66. Especies con temporadas específicas de pesca como la langosta: *Panulirus guttatus*.



Figura 67. Especies amenazadas o en peligro de extinción como el Carey: *Eretmochelys imbricata*.  
Localidad: Cayo Lobo.



Figura 68. Erizo: *Diadema antillarum*.



Figura 69. Anémona: *Condylactis gigantea*.



Figura 70. Timón y cablería de una embarcación encontrados en el fondo marino. Localidad: Cayo Lobo.



Figura 71. Marcando Punto: en el fondo cuando se encontraba un área que no se había avistado desde la superficie y se almacenaban las coordenadas en un GPS colocado en la bandera. Localidad: Cayo Diablo.



Figura 72. Línea de botes: los botes anclados y amarrados unos con otros, nótese en el fondo, las áreas de arena y praderas de yerbas marinas con los parchos y las cicatrices creadas por las anclas.



Figura 73. Una toma frontal de embarcaciones de motor amarradas una de otras. Localidad: Icacos.



Figura 74. Botes anclados en arena.



Figura 75. Turismo interno: Personas locales esperando en el muelle de la villa pesquera en las Croabas por un capitán que los llevara a alguno de los islotes.



Figura 76. Basura recogida de los islotes por operador de Las Croabas en medio día de playa.



Figura 77. Remoción basura: Voluntarios extraen una silla de playa encontrada en el fondo marino. Localidad: Isla Palominos.



Figura 78. Piezas mecánicas de embarcación, encontradas en el fondo marino. Localidad: Cayo Lobo.

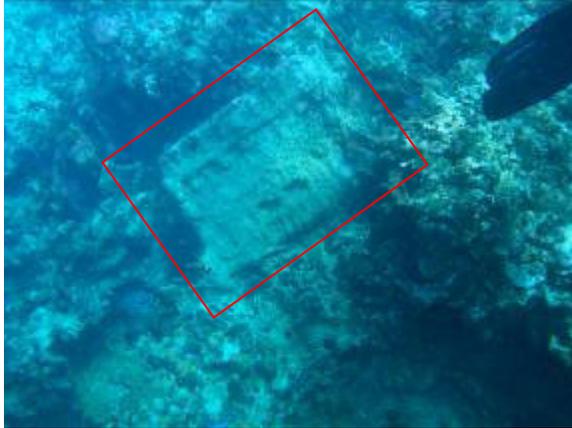


Figura 79. Parte de un motor encontrado en el fondo marino. Localidad: Icacos.



Figura 80. Parte de un motor encontrado en el fondo marino. Localidad: Icacos.



Figura 81. CD: Disco compacto encontrado en la zona monitoreada.



Figura 82. Gomas: encontradas en el fondo no tienen crecimiento a su alrededor, nótese en la esquina inferior derecha otro rastro de la presencia humana causando daño mecánico, un coral volteado por un ancla.



Figura 83. Batería: sobre un coral abanico.  
Localidad: Cayo Lobo.



Figura 84. Rampa encontrada en Cayo Diablo

Hoja sumergible de colección de datos de transecto.

RECON Data Card



Diver Name: \_\_\_\_\_ Diver RECON ID #: \_\_\_\_\_  
 Buddy Name: \_\_\_\_\_ Buddy RECON ID #: \_\_\_\_\_  
 RECON Instructor - if applicable: \_\_\_\_\_ Date: Month \_\_\_\_\_ Day \_\_\_\_\_ Year \_\_\_\_\_  
 Dive Site Name(s): \_\_\_\_\_  
 Geographic Location: \_\_\_\_\_ Survey Site ID#: \_\_\_\_\_  
 Mooring Buoy (name/#) - if applicable: \_\_\_\_\_ Check f:  boat dive  shore dive

Directions to the survey site (include depth; remember to note stony coral name below):

Be sure to complete this section BEFORE the dive:  
 Sky:  clear  partly cloudy  cloudy/overcast Present Wind Direction: \_\_\_\_\_ ° OR From: \_\_\_\_\_  
 Water:  blue/dear  green  other \_\_\_\_\_ Waves:  <1/3 m (<1 ft)  1/3-1m (1-3 ft)  >1m (>3 ft)  
 If boat dive, Bottom Depth: \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ ft Bottom visible from boat?  yes  no  
 Surface Water Temp: \_\_\_\_\_ °C \_\_\_\_\_ °F Water Temp. recorded by:  computer  dive watch

Be sure to complete this section BY THE END of the dive:  
 Survey Start: \_\_\_\_\_ AM Survey End: \_\_\_\_\_ PM Survey Depth Range: \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ ft  
 Surface Current:  none  weak  moderate Bottom Current:  none  weak  moderate  
 Bottom Surge:  none  weak  moderate Bottom Water Temp: \_\_\_\_\_ °C \_\_\_\_\_ °F

Stony Coral Name: \_\_\_\_\_ Is your dive buddy scoring the same colonies?  yes  no  
 At the predetermined survey depth, swim 4 kick cycles and examine the closest colony ahead of you that is at least 25 cm long, has some live polyps when seen from above, and distinct borders. Repeat for a maximum of 10 colonies. Keep at least four body lengths from other divers. Stay within the site; vary bottom depth by no more than 3 m/10 ft. Spend no more than 1/2 of dive time or 1/2 of air on this section.

Colony from above:		Entire Colony:													
Depth OR ft	Size (cm) Max. Length Max. Width	Condition % DEAD % BLEACHED	Recent death from: (Check if not apply)					Tally if seen:					General Observations (Note if photos taken)		
			MECH	PAR	DAM	BBD	OTHER (describe)	PC Corals (Pocillopora)	SLM (Solenastrea)	LS	LS	LS			

\*MECH = mechanical damage PAR = parrotfish bite DAM = damaged bleached/grow BBD = black band disease OTHER = other disease, predation or competition  
 © 2003 The Ocean Conservancy

Figura 85a. Recopilación de información de las condiciones física de la localidad de buceo, medidas y condiciones de las colonias.

Turn around. Make 8 kick cycles in the "return" direction. Stay within the survey depth range. Carefully set the 10-m line on the reef. If necessary, move to the right or left to avoid entanglement. Approx. Horizontal Visibility: \_\_\_\_\_ m (use 10-m line for scale)

Under the 10-m line, approximate:  
 mud/sand patches: \_\_\_\_\_ cm live stony corals: \_\_\_\_\_ cm macros: \_\_\_\_\_ cm

Swim along the right side of the line, examining a 1-m wide belt as you go. Repeat on the other side.

In this ~ 20m<sup>2</sup> area, identify or describe:  
 Algal groups with greatest surface cover: #1  macros  turfs  cyans  pink cements  
 #2  macros  turfs  cyans  pink cements  
 Most common macro:  
 #1  y-branched (*Dictyota*)  watercress (*Halimeda*)  other \_\_\_\_\_  
 #2  y-branched (*Dictyota*)  watercress (*Halimeda*)  other \_\_\_\_\_ NA  
 Macro conspicuous on (✓ all that apply):  the bottom  macros  stony corals  other animals  
 Common cyan types:  film  mat  ball  fuzzy mass  other \_\_\_\_\_  
 Cyans conspicuous on (✓ all that apply):  the bottom  macros  stony corals  other animals

Sedentary Animals	BLEACHED			DISEASED			STONY CORALS*					Comments or Descriptions *Identify if you can, by name or shape (e.g., fan, branch, crust, mound, plate, tube, cup).	
	stony corals	sea urchins	other	stony corals	sea urchins	other	MECH	PAR	DAM	BBD	OTHER		
CHECK if seen in this ~ 20m <sup>2</sup> area													
Approximate %													
✓ if seen elsewhere in survey site													

Mobile Animals	sea urchins (Diadema)	sea cucumbers (Cuthbertson)	fish	shrimp	sponges	other	mollusks	marine invertebrates	mammals	Comments or Descriptions *Identify if you can, by name or shape
TALLY if seen in this ~ 20m <sup>2</sup> area										
✓ if seen elsewhere in survey site										

Human Effects	boat	anchors, chains, floats	fish traps/pots	fishing line	other trash	steel fishers or other fishers	diving equipment	other	Comments or Descriptions *Specify in use or abandoned
TALLY if seen in this ~ 20m <sup>2</sup> area									
✓ if seen elsewhere in survey site									

© 2002 The Ocean Conservancy

Figura 85b. Información de transecto lineal de 10m, 20 m<sup>2</sup>, tipo de macro alga abundante, cobertura de coral vivo, microalgas y parchos de arena.

### Participantes voluntarios de muestreo de campo

1. Alejandro Camis, Pedro J.
2. Candelas Sánchez, Frances
3. Castro, Carlos
4. Colón López, Johanna
5. Escalera Guzmán, Anthony J.
6. Fonseca, Jaime S.
7. Guzmán Rivera, Exor A.
8. Mercado Molina, Alex E.
9. Olivo Maldonado, Iván
10. Ortiz Maldonado, Coralys Delmar
11. Otaño Vega, Juan
12. Ramírez Valentín, Oscar
13. Rivera Rivera, Carlos J.
14. Rivera Rivera, José E.
15. Saade, Omar
16. Suleimán Ramos, Samuel E
17. Suleimán Orozco, David
18. Suleimán Orozco, Samiris

### Fotografía Submarina

1. Candelas Sánchez, Frances
2. Olivo Maldonado, Iván
3. Otaño Vega, Juan
4. Ramírez Valentín, Oscar
5. Rivera Rivera, José E.
6. Suleimán Ramos, Samuel E
7. Suleimán Orozco, David

### Participantes reporte

1. Alejandro Camis, Pedro J.
2. Berrios, Angel
3. Candelas Sánchez, Frances
4. Guzmán Rivera, Exor A.
5. Hernández Delgado, Edwin A.
6. Olivo Maldonado, Iván
7. Mendosa, Annete
8. Mercado Molina, Alex E.
9. Ramírez Valentín, Oscar
10. Rodríguez Inoa, Evelyn A.
11. Suleimán Ramos, Samuel E
12. Suleimán Orozco, David E.