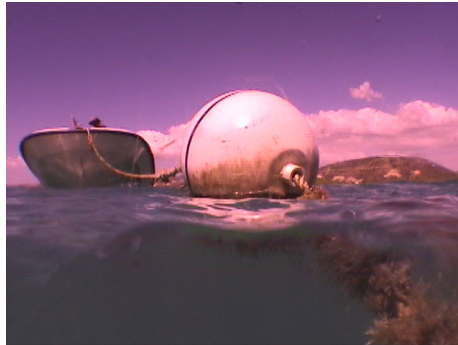


ESTUDIO DE BOYAS DE AMARRE LOCALIZADAS EN LAS RESERVAS
NATURALES DE GUÁNICA, PARGUERA Y CAJA DE MUERTOS,
COSTA SUR DE PUERTO RICO

INVENTARIO, EVALUACION AMBIENTAL Y RECOMENDACIONES

Proyecto:

Coral Reef Initiative NA06NOS4190108
Tarea CRI-13



Preparado Por:



Vance P. Vicente, Ph.D.
Presidente

Rolando Santos, M.S. Candidate. Nova Southeastern University
Especialista GIS
Vicente & Associates, Inc.

Preparado Para:

Javier Vélez Arocho
Secretario

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

Líder del Proyecto:

Dr. Craig Lilyestrom
Director

División de Recursos Marinos
Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

7 de Mayo de 2008

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE TABLAS	3
LISTADO DE FIGURAS	6
1.0 INTRODUCCION	11
2.0 METODOLOGIA	16
2.1 Análisis de Material Gráfico.....	16
2.2 Estudios e Inventario de Campo por Vicente & Assoc.	18
3.0 RESULTADOS.....	20
3.1 Análisis de Material Histórico-Grafico	20
3.1.1 La Parguera.....	20
3.1.2 Guánica	21
3.1.3 Caja de Muertos	22
3.2 Estudios e Inventario de Campo por Vicente & Assoc. (2008).....	43
3.2.1 La Parguera.....	43
3.2.2 Extensión Marina del Bosque de Guánica.....	49
3.2.3 La Reserva Natural Caja de Muertos	103
4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
5.0 REFERENCIAS.....	128
ANEJO 1 AREAS SUSCEPTIBLES PARA EL ANCLAJE SEGURO CON METODOS TRADICIONALES DENTRO DE LAS RESERVAS NATURALES DE GUÁNICA, PARGUERA, Y CAJA DE MUERTOS.	
ANEJO 2 AREAS RECOMENDADAS PARA LA UBICACIÓN DE BOYAS DE AMARRE DENTRO DE LAS RESERVAS NATURALES DE GUÁNICA, PARGUERA, Y CAJA DE MUERTOS SEGÚN EL MODELO DE SUSCEPTIBILIDAD.	

LISTADO DE TABLAS

Tabla	Contenido	Página
1	Lista y descripción de capas de información obtenidas en la reunión con DRNA (10/29/2007) entre Rolando O. Santos (especialista en GIS de Vicente & Associates, Inc.) y Coralys Ortiz, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).	38
2	Ubicación (latitud y longitud) de las boyas de amarre en la Reserva Natural La Parguera , el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía, buceo), y la composición del fondo o bentos, según: 1. El inventario de boyas del DRNA (2005), 2. Los mapas bénticos de la NOAA (2001) y 3. Los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA).	39
3	Tablas de contingencia utilizadas para cuantificar diferencias en las clasificaciones bénticas realizadas por el inventario de boyas del DRNA (DRNA, 2005) utilizando el mapa béntico del programa de biogeografía (NOAA BENTHIC HABITATS 2001); y el índice de ambientes sensitivos (NOAA ESI ATLAS 2001) en la reservas naturales de La Parguera, Guánica y Caja de Muertos.	40
4	Ubicación (latitud y longitud) de boyas de amarre en la Extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica , el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía, buceo), y la composición del fondo o bentos, según el inventario de boyas del DRNA (2005), los mapas bénticos de la NOAA (2001) y los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA).	41
5	Ubicación (latitud y longitud) de boyas de amarre en la Reserva Natural de Caja de Muertos , el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía, buceo), y la composición del fondo o bentos, según el inventario de boyas del DRNA (2005), los mapas bénticos de la NOAA (2001) y los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA).	42

Tabla	Contenido	Página
6	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Reserva Natural La Parguera. CARACOLES (DÍA #1: FEBRERO 15 DE 2008).	52
7	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Reserva Natural La Parguera. CAYO ENRIQUE (DÍA #1: FEBRERO 15 DE 2008).	55
8	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Reserva Natural La Parguera. MARIO (DÍA #1: FEBRERO 15 DE 2008).	57
9	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Reserva Natural La Parguera. TURRUMOTE (DÍA #2: FEBRERO 16 DE 2008).	58
10	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Reserva Natural La Parguera. LAUREL (DÍA #2: FEBRERO 16 DE 2008).	59
11	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Reserva Natural La Parguera. COLLADO (DÍA #3: FEBRERO 22 DE 2008).	60
12	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Reserva Natural La Parguera. SAN CRISTOBAL (DÍA #3: FEBRERO 22 DE 2008).	61
13	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Reserva Natural La Parguera. MEDIA LUNA (DÍA #3: FEBRERO 22 DE 2008).	62
14	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Extensión marina del Bosque Estatal de Gúanica. GUANICA: CAYO CORAL. (DÍA: FEBRERO 13 DE 2008).	96
15	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de la Extensión marina del Bosque Estatal de Gúanica. GUANICA: GUILLIGAN. (DÍA: FEBRERO 13 DE 2008).	97

Tabla	Contenido	Página
16	Inventario de boyas de amarre realizado por Vicente & Associates, Inc. (2008) dentro de La Reserva Natural Caja de Muertos , Ponce. (DÍA: FEBRERO 12 DE 2008).	106

LISTADO DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Ubicación de las reservas naturales evaluadas: La Extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica, La Reserva Natural La Parguera, y La Reserva Natural Caja de Muertos.	24
2	Esquema de la construcción del modelo de susceptibilidad usado para creación de los mapas de áreas susceptible para ubicar boyas de amarre.	25
3	Lugares de las treinta y ocho (38) boyas de amarre dentro de La Reserva Natural La Parguera . De acuerdo al DRNA (2005) veinte y siete (27) boyas han sido destinadas con propósito de pasadía (71%) y las restantes con propósitos de buceo (SCUBA). Las fotos aéreas geo-referenciadas y utilizadas en esta figura fueron tomada en el 2007.	26
4	Lugares de las treinta y ocho (38) boyas de amarre dentro de La Reserva Natural La Parguera . Se ilustran las ubicaciones de estas boyas en relación a las designaciones de hábitáculos bénticos <i>sensu</i> NOAA Biogeography Maps (NOAA, 2001).	27
5	Lugares de las treinta y ocho (38) boyas de amarre dentro de La Reserva Natural La Parguera . Los puntos donde se ubicaron estas boyas se ilustran en relación a las designaciones de hábitáculos bénticos <i>sensu</i> la NOAA Sensitivity Index Map (NOAA, 2001).	28
6	Ubicación de las quince boyas (15) de amarre dentro de la Extensión Marina del Bosque de Guánica . Trece (13) de estas (87%) están amalgamadas en la Isla Guilligan, lugar popular de esta región para pasadías. La ubicación de boyas están ilustradas sobre fotos aéreas tomadas durante el 2007 y geo-referenciadas.	29
7	Ubicaciones de las quince boyas (15) de amarre dentro de la Extensión Marina del Bosque de Guánica en relación a las comunidades bentónicas establecidas por los mapas bénticos biogeográficos de la NOAA (NOAA, 2001).	30

Figura	Contenido	Página
8	Ubicaciones de las quince boyas (15) de amarre dentro de la Extensión Marina del Bosque de Guánica en relación a las comunidades bentónicas establecidas por la NOAA (i.e. Sensitivity Index Maps, NOAA, 2001).	31
9	Ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de La Reserva Natural Caja de Muertos . Once (11) o 79% de estas boyas están ubicadas en la costa norte de la isla. La distribución de las boyas es agregada. (Foto aérea del 2007).	32
10	Ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de La Reserva Natural Caja de Muertos . Se ilustran las ubicaciones de estas boyas en relación a las designaciones de hábitáculos bénticos <i>sensu</i> la NOAA Biogeography Maps (2001).	33
11	Ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de La Reserva Natural Caja de Muertos . Se ilustran las ubicaciones de estas boyas en relación a las designaciones de hábitáculos bénticos <i>sensu</i> la NOAA Sensitivity Index Map (2001).	34
12	Porcentaje de hábitats interceptados por boyas en La Reserva Natural de La Parguera, La Extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica y en La Reserva Natural de Caja de Muertos según el inventario de boyas del DRNA (2005), los mapas bénticos de la NOAA y los mapas de índice de ambientes sensitivos (ver DRNA, 2005; NOAA 2001a; NOAA 2001 b).	35
13A -13C	Comparación de hábitats bénticos (tipo y frecuencia) interceptados por las boyas de amarre según el inventario de boyas del DRNA (2005), y los mapas bénticos de la NOAA (2001a; 2001b) en las reservas de La Parguera, Guánica y Caja de Muertos.	36 y 37
14	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área recreativa de CARACOLE en febrero 15 de 2008 por Vicente & Associates, Inc. Estas fotos fueron fijadas del video submarino tomado en La Parguera.	63

Figura	Contenido	Página
15	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área de recreación y de buceo (Skin Diving y SCUBA) de CAYO ENRIQUE . Esta área fue inspeccionada en febrero 15 de 2008 por Vicente & Associates, Inc. Las fotos fueron fijadas del video submarino tomado en Cayo Enrique.	68
16	Las fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y de sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área de buceo (Skin Diving y SCUBA) de EL MARIO . Esta área fue inspeccionada en febrero 15 de 2008 por Vicente & Associates, Inc.	71
17	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área de buceo (Skin Diving y SCUBA) de CAYO TURRUMOTE . Esta área fue inspeccionada en febrero 16 de 2008 por Vicente & Associates, Inc. Las fotos fueron fijadas del video submarino.	72
18	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área de pasadía de CAYO LAUREL . Esta área fue inspeccionada en febrero 16 de 2008 por Vicente & Associates, Inc. Las fotos fueron fijadas del video submarino tomado en Laurel.	74
19	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área recreativa (pasadía) de COLLADO . Esta área fue inspeccionada en febrero 22 de 2008 por Vicente & Associates, Inc. Las fotos fueron fijadas del video submarino tomado en Collado en febrero 22 de 2008.	76
20	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área designada para buceo (Skin Diving y SCUBA Diving) en SAN CRISTOBAL . Esta área fue inspeccionada en febrero 22 de 2008 por Vicente & Associates, Inc. Las fotos fueron fijadas del video submarino tomado en este arrecife en esa misma fecha (febrero 22 de 2008).	79

Figura	Contenido	Página
21	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área designada para pasadía en MEDIA LUNA . Esta área fue inspeccionada en febrero 22 de 2008 por Vicente & Associates, Inc. Las fotos fueron fijadas del video submarino tomado en este arrecife en esa misma fecha (febrero 22 de 2008).	82
22	Tipos de sustratos interceptados por los puntos de muestreo (boyas de amarre y puntos de referencia) en la Reserva Natural La Parguera. Calcareous sand = arena calcárea, silt = cieno, rubble = carricoche.	84
23	Epibentos dominantes y sustratos interceptados por los puntos de muestreo (boyas y puntos de referencia) en la Reserva Natural La Parguera.	85
24	Profundidad promedio de los puntos de muestreos (boyas y puntos de referencia) por área de uso en la Reserva Natural La Parguera.	86
25	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y de sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área de buceo de CAYO CORAL en la extensión marina del bosque seco de Guánica . Esta área fue inspeccionada en febrero 13 de 2008 por Vicente & Associates, Inc.	87
26	Fotos submarinas tomadas de cada boya de amarre y de sus alrededores (“interbuoy habitats”) en el área de pasadía de la isla GULLIGAN en la extensión marina del bosque seco de Guánica . Esta área fue inspeccionada en febrero 13 de 2008 por Vicente & Associates, Inc.	89
27	Sustratos interceptados por los puntos de muestreo (boyas y puntos de referencia) en la extensión marina del Bosque Estatal de Guánica. Calcareous sand = arena calcárea, silt = cieno, rubble = carricoche.	100
28	Epibentos dominantes interceptados por los puntos de muestreo (boyas y puntos de referencia) en la extensión marina del Bosque Estatal de Guánica.	101
29	Profundidad promedio de los puntos de muestreo (boyas y puntos de referencia) por área de uso en la extensión marina del Bosque Estatal de Guánica.	102

Figura	Contenido	Página
30	Fotos submarinas tomadas de los lugares de las boyas de amarre y de sus alrededores (“interbuoy habitats”) en la Reserva Natural de Caja de Muertos . Esta área fue inspeccionada en febrero 12 de 2008 por Vicente & Associates, Inc.	108
31	Substratos interceptados por los puntos de muestreo (lugares previos de boyas de anclaje y puntos de referencia) en la Reserva Natural Caja de Muertos. Pavement = pavimento, fine calcareous sand = arena calcárea fina, silt = cieno.	119
32	Profundidad promedio de los puntos de muestreo (lugares previos con boyas de amarre y puntos de referencia) por área de uso en la Reserva Natural Caja de Muertos.	120

1.0 INTRODUCCION

El objetivo de este estudio es proveerle recomendaciones al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) sobre el establecimiento de boyas de amarre en las áreas protegidas de La Parguera, Guánica y Caja de Muertos. Para lograr este objetivo fue necesario realizar varias tareas dentro de las Reservas Naturales marinas, descritas en la propuesta del Coral Reef Initiative NA06NO S4190108, Tarea CRI-13. Las reservas naturales en inspeccionadas, están ubicadas en la costa sur de Puerto Rico y son las siguientes (Figura 1):

1. **La Reserva Natural de La Parguera.** Esta reserva comprende una amplia diversidad de ecosistemas que han hecho de ella el lugar favorito de miles de visitantes y científicos de Europa, Canadá, islas vecinas y de Puerto Rico. Esta área fue reconocida internacionalmente a través del artículo publicado por el Dr. Paul Zahl titulado "Sailing a Sea of Fire" de La Reserva Natural de La Parguera en la revista National Geographic en el 1960, refiriéndose a la Bahía Bioluminiscente. Estas aguas costeras han sido clasificadas como clase SA. Dichos ecosistemas han sido científicamente estudiados desde el 1950 e incluyen tres tipos de arrecifes de coral, praderas compuestas por diversas fanerógamas marinas, bosques de manglar rojo, blanco y negro, bahías bioluminiscentes, y salitrales entre otros. Según Padró et al. (2003) los límites espaciales de esta reserva también fueron expandidos mediante la Segunda Extensión de la Resolución JP-PU-002 del 20 de septiembre de 1979. La Reserva Natural La Parguera comprende un complemento de sistemas geológicos y ecológicos únicos en la costa sur de Puerto Rico. Esta reserva también alberga especies en peligro de extinción como la mariquita (*Agelaius xanthomus*), manatíes (*Trichechus manatus*) y tortugas marinas (i.e. *Eretmochelys imbricata* y *Chelonia mydas*) entre otras.
2. **La Extensión Marina del Bosque de Guánica.** Esta reserva ubica en la costa sur de Puerto Rico. Comprende parte de las zonas costaneras de tres municipios: Guánica, Yauco y Guayanilla. Esta extensión también incorpora ecosistemas críticos como son las praderas de *Thalassia testudinum* y de otras fanerógamas, los arrecifes de coral de franja y de plataforma, y bosques de manglar entre otros. Dentro de estos ecosistemas se encuentran habitats para la vida silvestre de especies listadas por el sistema TESS del Servicio de Pesca y Vida Silvestre federal (Threatened and Endangered Species System of the U.S. Fish and Wildlife Service, USDOJ), y de especies listadas como vulnerables y/o en peligro de extinción por el ELA (Reglamento 6766). También se encuentran habitats para diferentes etapas de desarrollo de los recursos pesqueros de esta zona. Es importante elucidar que las aguas costeras de Guánica, en la costa sur de Puerto Rico, son de las más utilizadas por el manatí antillano (Mignucci-Giannoni, 2006). Según Padró et al. (2003) los límites espaciales de esta reserva fueron expandidos mediante la Ley Núm. 150 del 4 de agosto de 1988.

- 3. La Reserva Natural de Caja de Muertos.** Esta reserva fue designada por medio de la Tercera Extensión de la Resolución JP PU-002 del 2 de enero de 1980. Según Padró et al. (2003) esta reserva está compuesta por la isla de Caja de Muertos, Cayo Morcillito, Cayo Berbería y las aguas del Mar Caribe que las rodean. Incluye una alta biodiversidad de vida silvestre terrestre y marina: bosque de cactus, bosque seco, cuevas, áreas de anidaje de aves y tortugas marinas, arrecifes de coral, playas rocosas y de arena entre otros hábitáculos. Por su distancia de la línea de costa, sus aguas son prístinas, no están sujetas a descargas de ríos o riachuelos, y están menos sujetas a disturbios asociados a actividades antropogénicas.

Las aguas costeras de estas reservas están designadas como Clase SA o SB, por la Junta de Calidad Ambiental del Estado Libre Asociado de Puerto Rico (JCA, 2003). Lo que significa que las características de estos cuerpos de agua clasificados como SA y/o SB no pueden ser alteradas, excepto por causas naturales. Su destino es meramente para uso recreativo primario o secundario, y para la propagación y preservación de la vida silvestre.

El concepto de boyas de amarre responden al impacto directo, indirecto y acumulativo que inevitablemente han causado las anclas al “bentos” o fondo marino, que en lugares tropicales llanos consisten de arrecifes de coral, praderas de yerbas marinas, praderas de macroalgas u otro tipo de comunidad necesaria para mantener la integridad ecológica de nuestra zona costanera. Irrespectivamente de que tipo de ancla se utilice (e.g. Almirantazgo, Danforth, C.Q.R., Bruce, Rezon, “Grapín” o “garrapín”) todas conllevan un impacto directo a los componentes físicos y biológicos del bentos.

Previo al programa de boyas de amarre, implementado por el DRNA, muchos de los arrecifes de coral, comunidades de coral y fondos con vegetación submarina (praderas de yerbas marinas y praderas de macroalgas) fueron afectados y o localmente destruidos en áreas marinas protegidas (e.g. reservas marinas, Marine Protected Areas o MPA) y quizás también en áreas no especialmente protegidas. Para contrarrestar (mitigar) impactos en áreas ecológicamente sensitivas, muchas reservas marinas o MPAs (Marine Protected Areas) globalmente, han implementado el uso de boyas de amarre o “Mooring Buoys”.

Las boyas de amarre consisten de tres componentes estructurales primordiales: una estructura empotrada en el fondo marino, una boya, y una línea conectando estas dos estructuras. Entre estos tres componentes pueden utilizarse distintos tipos de sub-componentes para servir distintos propósitos. Existen también diferentes tipos y dimensiones de boyas de amarre. Para tomar una decisión sobre el tipo de boya de amarre más efectivo y para un lugar específico, favor referirse al “Mooring Planning Guide”, entre otras fuentes de información, que puede ser accedido en: <http://www.projectaware.org/americas/english/pdfs/moorbuoy.pdf>.

Las boyas de amarre no solo pueden evitar el impacto directo del anclaje tradicional, ya que aunque existan boyas de amarre en un área se anclan embarcaciones aunque estén o no disponibles dichas boyas, pero también ofrecen un signo visual (*sensu B. Causey*) de que se están tomando medidas de manejo para proteger áreas sensitivas como son las praderas de yerbas marinas y arrecifes de coral entre otros sistemas naturales.

También el uso de boyas de amarre ayuda a evitar conflictos cuando hay una designación de uso para estas (e.g. pasadía, SCUBA, pernoctar, áreas de no extracción etc.). Estas designaciones son de suma importancia ya que por ejemplo no se debe arponear/pescar en un lugar designado para bañistas, “snorkeling” u otra actividad pacífica no extractiva (ver MPA News, 2005). La utilización de boyas de amarre también ha tenido mucho éxito en santuarios marinos (i.e. Florida Keys National Marine Sanctuary) desde el 1981 como producto de una interfase de educación, alcance (outreach) investigación y monitoreo (NOAA, 2005).

No obstante, la utilización de boyas de amarre como medida de manejo para proteger sistemas marinos sensitivos no deja de tener consecuencias desventajosas si no existen recursos económicos disponibles, si no se integra un programa de educación y alcance para los grupos de interés sobre estas, si no se instalan y se mantienen adecuadamente, o si no se evalúan y corrigen o minimizan impactos directos, indirectos o acumulativos. Por ejemplo:

1. La base de una boya de amarre puede ser arrancada y luego arrastrada por el fondo causando daños físicos al medio ambiente.
2. El costo de mantenimiento de una boya de amarre puede ser de \$500 al año (Mooring Buoy Planning Guide).
3. Las áreas donde se ubican las boyas de amarre están expuestas a actividades acumulativas causadas por los usuarios que resultan en perturbación del fondo y de sus comunidades (e.g. caminar, “Wading” o pararse continuamente sobre el fondo y sobre su vegetación acuática, resuspensión de sedimentos por chapaletas, chanclas u otro tipo de calzado, efecto de sombra de las embarcaciones, etc.).
4. Daños relacionados a la ubicación de boyas amalgamadas (o “clústeres”) que no protegen habitats entre boyas (inter-buoy habitats), por su densidad;
5. Las boyas de amarre tienen un efecto “magnético” que resultan frecuentemente en la destrucción del fondo marino, el cual se pretende proteger, si no se manejan adecuadamente. Por ejemplo, se puede limitar el uso (capacidad de acarreo) del lugar en cuestión, limitar el número de boyas a utilizarse, y rotar la utilización de las boyas o implementar otras medidas que resulten en un bien común.
6. La falta de mantenimiento de las boyas de amarre resultan perjudiciales al fondo marino que se pretende proteger.

7. Los lugares donde se instalan las boyas de amarre pueden resultar en áreas sacrificables (“sacrificial areas”) sin necesidad.
8. Áreas de boyas de amarre perdidas o vandalizadas vuelven a ser utilizadas como áreas de anclaje resultando en impactos negativos en fondos restaurados.

El Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico requiere, que para la designación de los lugares de boyas de amarre en las reservas anteriormente mencionadas, se realicen las siguientes tareas. Estas tareas han sido ampliadas por Vicente & Associates, Inc., en particular, para incluir una evaluación de todas las boyas (n = + 67) con sus puntos de fijación al sustrato y áreas adyacentes (e.g. áreas entre boyas) que, por sus cualidades, pudieran ser consideradas como lugares alternos o simultáneos de boyas de amarre:

1. Analizar fotos aéreas existentes e imágenes de satélite tomadas sobre las tres reservas mencionadas.
2. Analizar mapas de hábitáculos benthicos para determinar los tipos y sus funciones en áreas con boyas de amarre existentes y propuestas.
3. Producir fotos aéreas adicionales de las tres reservas naturales mencionadas, si se requiere.
4. Utilizar archivos geográficos existentes al máximo en el proceso de selección de nuevas áreas de anclaje o de ubicación de boyas de amarre adicionales en las reservas mencionadas anteriormente.
5. Entrevistar al Oficial de Manejo del DRNA a cargo de **la Extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica** sobre la selección de lugares de anclaje, o de lugares potenciales para la ubicación de boyas de amarre adicionales.
6. Entrevistar al Oficial de Manejo del DRNA a cargo de **La Reserva Natural de La Parguera** sobre la selección de lugares de anclaje, o de lugares potenciales para la ubicación de boyas de amarre adicionales.
7. Entrevistar al Oficial de Manejo del DRNA a cargo de **La Reserva Natural de Caja de Muertos** sobre la selección de lugares de anclaje, o de lugares potenciales para la ubicación de boyas de amarre adicionales.
8. Realizar inspecciones en el lugar (in situ) y tomar videos de los fondos marinos donde actualmente ubican las boyas de amarre en las tres reservas anteriormente mencionadas.
9. Realizar inspecciones en el lugar (in situ) y tomar videos de los fondos marinos donde pudieran ubicarse las boyas de amarre adicionales o áreas de anclaje tradicional en las tres reservas anteriormente mencionadas,
10. Generar mapas o imágenes utilizando un Sistema de Información Geográfico (GIS, por sus siglas en inglés) que indiquen áreas de anclaje existentes.
11. Generar mapas o imágenes utilizando un Sistema de Información Geográfico (GIS o Geographical Information System) que indiquen áreas de anclaje

propuestas, o de lugares potenciales para la ubicación de boyas de amarre adicionales en cada una de las tres reservas naturales mencionadas anteriormente, las coordenadas del centro de cada área, y una foto aérea de dichos lugares.

12. Desarrollar criterios que sean útiles para designaciones de áreas de anclaje apropiadas o de lugares potenciales para la ubicación de boyas de amarre adicionales para otras Reservas Naturales o Reservas Marinas.
13. Someter un informe final (informe gráfico) al DRNA, en o antes del 28 de febrero de 2008.

2.0 METODOLOGÍA

2.1 Análisis de Material Gráfico

En este estudio se utilizaron varias fuentes de información para realizar el inventario y generar recomendaciones dirigidas al establecimiento de áreas de anclaje (o de áreas donde se pudieran ubicar nuevas boyas de amarre) en tres reservas naturales (La Extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica, La Reserva Natural La Parguera, y La Reserva Natural Caja de Muertos). Las fuentes principales de información (i.e. Capas de Información en GIS) se obtuvieron en el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales en octubre 29 de 2007. Estas capas de información están basadas en:

1. Imágenes de Satélite IKONOS 2004,
2. Fotos aéreas del 2004,
3. Fotos aéreas del 2007 en formato Raster,
4. Cartas náuticas (NOAA ENC y en otras descritas en la Tabla 1).

Se analizó la distribución de las boyas de amarre con respecto a los mapas béticos del programa de biogeografía de la NOAA (NOAA, 2001b) y los mapas de índice de ambientes sensitivos (EIS, por sus siglas en inglés) creados por la División de Respuesta de Emergencia de la NOAA (NOAA, 2001a). La información provista en estos dos (2) mapas se analizó para cada una de las reservas asignadas:

1. Reserva Natural de la Parguera.
2. Reserva Natural de Caja de Muerto.
3. La extensión marina del Bosque Estatal de Guánica.

Se crearon mapas béticos y tablas utilizando:

1. Las capas de información del inventario de boyas 2005 del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.
2. Los mapas béticos, producidos por el programa de biogeografía de la NOAA (NOAA, 2001b).
3. Los mapas de índice de ambientes sensitivos, creados por la División de Respuesta de Emergencia de la NOAA (NOAA, 2001a).

Para realizar el análisis de la información provista en estos mapas, se utilizó la herramienta de intersección dentro del “toolbox” de ArcMap 9.1 de Vicente & Associates, Inc. Esta herramienta de análisis espacial calcula la intersección geométrica de las capas de información que están sobre-impuestas y genera una capa de información que combina los atributos de las áreas sobre-impuestas. De esta manera se generaron las tablas con la información de las boyas y de la NOAA. Los mapas y la información provista por este análisis se utilizaron para diseñar y guiar la

inspección de boyas, la evaluación de campo y los criterios a utilizarse para las recomendaciones finales.

Además, se han realizado entrevistas o se han establecido contactos con personal del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales para obtener insumo de estos sobre el programa de boyas de amarre en las reservas anteriormente mencionadas y sobre el desarrollo de recomendaciones para el establecimiento de las mismas en nuevos lugares. El personal entrevistado por medio de reuniones y/o llamadas telefónicas consistió de:

1. Ernesto Díaz, Director del Programa de Manejo de la Zona Costanera (DRNA).
2. Coralys Ortiz, Especialista en GIS del Programa de Manejo de la Zona Costanera del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).
3. Damaris Delgado, Directora del Negociado de Costas, Reservas y Refugios (DRNA).
4. Miguel Canales, Oficial de Manejo del DRNA a cargo de La Reserva Natural del Bosque de Guánica; sobre la selección de lugares de anclaje o de áreas donde se pudieran establecer boyas de amarre adicionales.
5. Carmen Guzmán, Oficial de Manejo del DRNA a cargo de La Reserva Natural La Parguera; sobre la selección de lugares de anclaje, o de lugares potenciales para la ubicación de boyas de amarre adicionales.
6. Oficial de Manejo del DRNA a cargo de La Reserva Natural Caja de Muertos; sobre la selección de lugares de anclaje o de lugares potenciales para la ubicación de boyas de amarre adicionales.
7. Héctor Horta, Oficial de Manejo del DRNA a cargo de La Reserva Natural Arrecifes de La Cordillera.
8. Robert Matos, Director de las Reservas Naturales y Refugios de Vida Silvestre.
9. Edwin Rodríguez y Maribel Rodríguez, Proyecto de Boyas de Amarre, División de Recursos Marinos (DRNA).

Por último, se construyó un modelo de susceptibilidad para crear mapas con áreas susceptibles para ubicar boyas de amarre. El modelo es uno simple, el cual consiste en la combinación de diferentes capas de información con pesos asignados. Los pesos se le asignaron a dos capas de información: capa de batimetría y la capa de información béntica de NOAA Biogeography Maps. Los pesos se asignaron según los criterios y necesidades de recreación y conservación dentro de las áreas de uso en las reservas naturales evaluadas. Todas las fases de la creación del modelo de susceptibilidad se llevaron a cabo con Spatial Analyst Extensión de ArcGIS 9.1 de Vicente & Associates, Inc.

La Figura 2 presenta la serie de manipulaciones utilizadas para crear y combinar las capas de información. La primera fase consistió en convertir la capa de información béntica (NOAA Biogeography Maps, 2001) y puntos de profundidad en un formato raster. Se llevó a cabo esta transformación para poder manipular y almacenar la información a nivel de píxel haciendo posible la creación de datos distribuidos continuamente. Es decir, cada píxel obtendrá un valor relacionado al tipo de información descrito por la capa de información inicial. Para transformar la capa de información béntica se utilizó el “Spatial Analyst Extension” y la capa de información de puntos de profundidad se creó a través de una interpolación Spline. La segunda fase consistió en reclasificar los datos continuos. La reclasificación consiste en agrupar los datos según los criterios de recreación y conservación, y asignarles un peso de susceptibilidad. La tercera fase consistió en la combinación de las capas de información reclasificadas con los pesos de susceptibilidad. La combinación consistió en la suma de los pesos de susceptibilidad en cada uno de los píxeles, resultando en una superficie de susceptibilidad. Por último, la cuarta fase consistió en convertir la superficie de susceptibilidad a formato shapefile para seleccionar las áreas con los pesos deseados y asignarle puntos con coordenadas geográficas.

El producto de la cuarta fase será filtrado para obtener lugares consonos con las especificaciones y recomendaciones de los manejadores. Este será filtrado con la información del inventario de embarcaciones de recreación y la información obtenida en las visitas de campo, la eliminación de puntos en áreas no susceptibles y la eliminación del ruido inherente de la precisión de las capas de información; y cualquier *feedback* del grupo de trabajo. Como producto final, se presentarán las áreas susceptibles y recomendadas para la ubicación de áreas de anclaje o de lugares potenciales para la ubicación de boyas de amarre adicionales.

2.2 Estudios e Inventario de Campo Realizados por Vicente & Associates

Entre las tareas previamente descritas se incluye la inspección de las boyas y la evaluación de campo, las cuales se llevaron a cabo entre el 11 y el 22 de febrero del 2008. Específicamente, los días de investigación en el campo fueron los siguientes:

1. Febrero 12 de 2008, Caja de Muertos.
2. Febrero 13 de 2008, Guánica.
3. Febrero 15 de 2008, Parguera (Primer Día).
4. Febrero 16 de 2008, Parguera (Segundo Día).
5. Febrero 22 de 2008, Parguera (Tercer Día).

En este estudio de campo se identificó y se marcó la posición de cada boya de amarre. Además se identificó el tipo de sustrato, la flora y la fauna dominante, bentos dominantes, y las condiciones generales de las boyas y de sus alrededores. También se identificaron áreas susceptibles para anclaje o de lugares potenciales para la

ubicación de boyas de amarre adicionales. El protocolo establecido para el estudio de campo consistió de los siguientes 10 pasos, listados en orden ascendente.

1. Coordinación con el oficial de manejo o representante de la reserva donde se realizaría el trabajo de campo.
2. Coordinación para la utilización de las embarcaciones marinas y seguros necesarios para realizar el trabajo de campo.
3. Preparación del equipo y material de campo necesario para el estudio. Extiéndase; equipo SCUBA, unidades de GPS, cámaras de video submarinas, mapas y formatos de campo entre otros.
4. Movilización por vía terrestre del personal de “Vicente & Associates” al punto mas cercano a la reserva a ser estudiada (San Juan-Caja de Muertos, San Juan–Guánica o San Juan-Parguera).
5. Mobilización por vía marítima del personal de “Vicente & Associates” a las áreas de boyas de amarre a la reserva a ser estudiada (San Juan-Caja de Muertos, San Juan–Guánica o San Juan-Parguera).
6. Identificación de cada boya, excepto cuando estas no estaban presentes. La identificación consistió en anotar el número de placa asignado por el DRNA.
7. Determinación de la posición actual de cada boya utilizando como referencia el punto de la boya que estaba fijo al sustrato. Para esto se utilizó una de tres unidades de GPS, con un margen de error de posición que varió de entre 10 a 20 pies.
8. Determinación de la profundidad de cada boya, luego de ser identificada, utilizando una consola electrónica submarina con un margen de error de ± 1 pie.
9. Determinación del tipo de sustrato, fauna y flora dominante en el punto fijo de la boya y sus alrededores. Notas de campo fueron tomadas in situ.
10. Filmación submarina del área fija (anclaje permanente) de la boya, de la flora y fauna dominante y de las áreas adyacentes a la boya en un radio aproximado de 5m o más, dependiendo de la visibilidad en ese momento, entre otros factores. (Esta filmación se llevo a cabo utilizando una SONY Handycam de 1.5 Megapixeles, colocada dentro de un módulo GATES submarino).

3.0 RESULTADOS

3.1 Análisis de Material Histórico-Gráfico

3.1.1 Parguera

En la Figura 3 se ilustran los lugares de las treinta y ocho (38) boyas de amarre dentro de La Reserva Natural La Parguera. De acuerdo al DRNA (2005), veinte y siete (27) boyas han sido destinadas con propósito de pasadía (71%) y las restantes con propósitos de buceo (SCUBA, buceo con escafandra y/o Skin Diving). Las fotos aéreas geo-referenciadas y utilizadas en esta figura fueron tomadas en el 2007. En las Figuras 4 y 5 también se muestran los puntos de ubicación de las treinta y ocho (38) boyas de amarre dentro de La Reserva Natural La Parguera en relación a las designaciones de hábitáculos bénticos *sensu* NOAA Biogeography Maps (NOAA, 2001). Los puntos donde se ubicaron estas boyas se ilustran en relación a las designaciones de hábitáculos bénticos *sensu* la NOAA Sensitivity Index Map (NOAA, 2001).

Utilizando el análisis de intersección descrito anteriormente se observó que de las 38 boyas de amarre reportadas en el 2005 y según el mapa béntico del programa de biogeografía de la NOAA (2001b):

1. Trece (13) fueron instaladas sobre arrecifes de coral y/o sobre fondo colonizado.
2. Veinte y dos (22) fueron instaladas sobre vegetación sumergida (praderas de hierba marinas o SAV por sus siglas en inglés).
3. Tres (3) fueron instaladas en sustratos sin identificar.

Por otro lado, se observó que según el mapa de índice de ambientes sensitivos:

1. Diez y ocho (18) estaban en arrecifes de coral y/o fondo colonizado, y,
2. Veinte (20) estaban en vegetación sumergida.

La Tabla 2 indica la ubicación (latitud y longitud) de boyas de amarre en la Reserva Natural La Parguera, el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía o buceo) y la composición del fondo o bentos, según el inventario de boyas del DRNA (2005), los mapas bénticos de la NOAA (2001) y los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA).

Se observó que el inventario del DRNA (DRNA, 2005) de boyas discrepó en la clasificación de hábitat en ciertas áreas con boyas de amarre. Por ejemplo, según la tabla de contingencia (Tabla 3), se observó que con respecto al inventario del DRNA la intersección de boyas en arrecifes de coral y/o fondo colonizado discrepó un 16.7% y 33.3% respectivamente con el mapa béntico del programa de biogeografía e índice de ambientes sensitivos. Igualmente para la intersección de boyas con vegetación

sumergida discrepó un 25.0% y 43.8% respectivamente con el mapa béntico del programa de biogeografía e índice de ambiente sensitivo.

3.1.2 Guánica

La Figura 6 ilustra la ubicación de las quince (15) boyas de amarre dentro de la Extensión Marina del Bosque de Guánica. Trece (13) de estas (87%) están amalgamadas en la Isla Guilligan, lugar popular de esta región para pasadías. La ubicación de boyas están ilustradas sobre fotos aéreas tomadas durante el 2007 y geo-referenciadas. En la Figura 7 se ilustran las ubicaciones de las quince (n=15) boyas de amarre dentro de la **Extensión Marina del Bosque de Guánica** en relación a las comunidades bentónicas establecidas por los mapas bénticos biogeográficos de la NOAA (NOAA, 2001). En la Figura 8 se ilustran las ubicaciones de las quince (15) boyas de amarre dentro de la **Extensión Marina del Bosque de Guánica** en relación a las comunidades bentónicas establecidas por la NOAA (i.e. Sensitivity Index Maps, NOAA, 2001).

Utilizando el análisis de intersección se observó que de las quince (15) boyas de amarre reportadas en el 2005 (MAPA 4) y según el mapa béntico del programa de biogeografía de la NOAA:

1. Una (1) estaba en arrecifes de coral y/o fondo colonizado.
2. Trece (13) estaban en vegetación sumergida (praderas de hierba marinas).
3. Una (1) se ubicó cerca de manglares.

La Tabla 4 indica la ubicación (latitud y longitud) de boyas de amarre en la **extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica**, el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía, buceo), y la composición del fondo o bentos, según el inventario de boyas del DRNA (2005), los mapas bénticos de la NOAA (2001) y los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA). El inventario de boyas del DRNA reportó que todas las boyas estaban ubicadas sobre vegetación acuática sumergida. No obstante, la discrepancia entre el inventario del DRNA y el mapa béntico de la NOAA no fue tan marcada como en La Parguera. Según la tabla de contingencia, de las quince (15) boyas clasificadas como estar sobre vegetación sumergida en el inventario de boyas del 2005, solamente 2 interceptaron diferentes tipos de hábitats según el mapa béntico de la NOAA, lo que representa un 13.3% de discrepancia entre el inventario y la NOAA para esta clasificación béntica.

Sin embargo, la discrepancia entre el inventario del DRNA y el mapa de índice de ambientes sensitivos fue significativa (93.3% de discrepancia). Quizás gran parte de esta discrepancia se debe a que los mapas creados por la NOAA (i.e. Environmental Sensitivity Index Maps) no son lo suficientemente específicos para la clasificación de fondos marinos. Sin embargo, estos mapas son utilizados por agencias reguladoras en la toma de decisiones de proyectos propuestos que envuelven el contorno marino de Puerto Rico.

3.1.3 Caja de Muertos

La ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural Caja de Muertos** están ilustradas sobre una foto aérea del 2007 en la Figura 9. Once (11) o 79% de estas boyas están ubicadas en la costa norte de la isla. La distribución de las boyas es agregada. La ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural Caja de Muertos** están ilustradas sobre las designaciones de hábitculos bénticos en la Figura 10 según descritos por la NOAA (i.e. Biogeography Maps del 2001). La ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural Caja de Muertos** se ilustran sobre las designaciones de hábitculos bénticos *sensu* la NOAA Sensitivity Index Map (2001) en la Figura 11. En la Tabla 5 se indica la ubicación (latitud y longitud) de boyas de amarre en **la Reserva Natural de Caja de Muertos**, el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía, buceo), y la composición del fondo o bentos, según:

1. El inventario de boyas del DRNA (2005).
2. Los mapas bénticos de la NOAA (2001).
3. Los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA).

El análisis de intersección reveló que de las catorce (14) boyas de amarre reportadas en el 2005 en la **Reserva Natural de Caja de Muertos** por el DRNA basado en el mapa béntico-biogeográfico de la NOAA:

1. Dos (2) interceptaron arrecifes de coral y/o fondo colonizado.
2. Nueve (9) estaban en vegetación sumergida (praderas de hierbas marinas).
3. Dos (2) se localizaron sobre sedimento no consolidado (arena).
4. Una (1) estaba en áreas sin identificar.

Por otro lado según el índice de ambientes sensitivos de la NOAA, de las 14 boyas:

1. Tres (3) interceptaron arrecifes de coral y/o fondo colonizado.
2. Ocho (8) se observaron sobre vegetación sumergida.
3. tres (3) fueron localizadas en áreas sin identificar.

El inventario de boyas del DRNA observó que la mayoría de las boyas (79% o 11 de 14 boyas) ubicaban sobre vegetación acuática sumergida (SAV).

Según la tabla de contingencia (Tabla 3), de las 11 boyas clasificadas como ubicadas sobre vegetación sumergida en el inventario de boyas del 2005, tres (3) interceptaron tipos de hábitats diferentes según el mapa béntico de la NOAA o un 27.3% de discrepancia con el inventario y la NOAA para esta clasificación béntica.

Además de tres (3) boyas identificadas en arrecifes de coral y/o fondo colonizado por el inventario del DRNA, solamente una boya cayó fuera de esta clasificación según el mapa béntico de la NOAA. La discrepancia entre el inventario del DRNA y el mapa de índice de ambiente sensitivo tuvo valores similares al mapa béntico de la NOAA. Por ejemplo, al igual que el mapa béntico de la NOAA, el mapa de índice de ambientes sensitivos contiene un 27.3% de discrepancia en la clasificación de vegetación sumergida.

Como se pudo observar en los mapas, gráficas y tablas creadas utilizando las fuentes de información mencionadas (inventario de boyas del DRNA 2005 y los mapas bénticos y de sensibilidad de la NOAA) la gran mayoría de las boyas se encontraron en praderas marinas (Ver Figuras 12 y 13A-C).

Por ejemplo, según el inventario del DRNA (2005), 84.2%, 100% y un 78.6% de las boyas en la Parguera, Guánica y Caja de Muertos, respectivamente, estaban sobre praderas marinas. Esto se debe a que las praderas se encuentran en áreas llanas, protegidas y también favorables para el anclaje de embarcaciones de recreación. Por esta razón y debido a que gran por ciento de las boyas fueron designadas para el uso de pasadía, gran parte del esfuerzo de la inspección de campo, análisis espaciales y consideraciones se concentraron en este tipo de hábitat sensitivo. Los resultados de este análisis, de los análisis de los datos de campo y del modelo de susceptibilidad serán utilizados para proponer las recomendaciones finales.

FIGURA 1. Ubicación de las reservas naturales evaluadas: La Extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica, La Reserva Natural La Parguera, y La Reserva Natural Caja de Muertos.

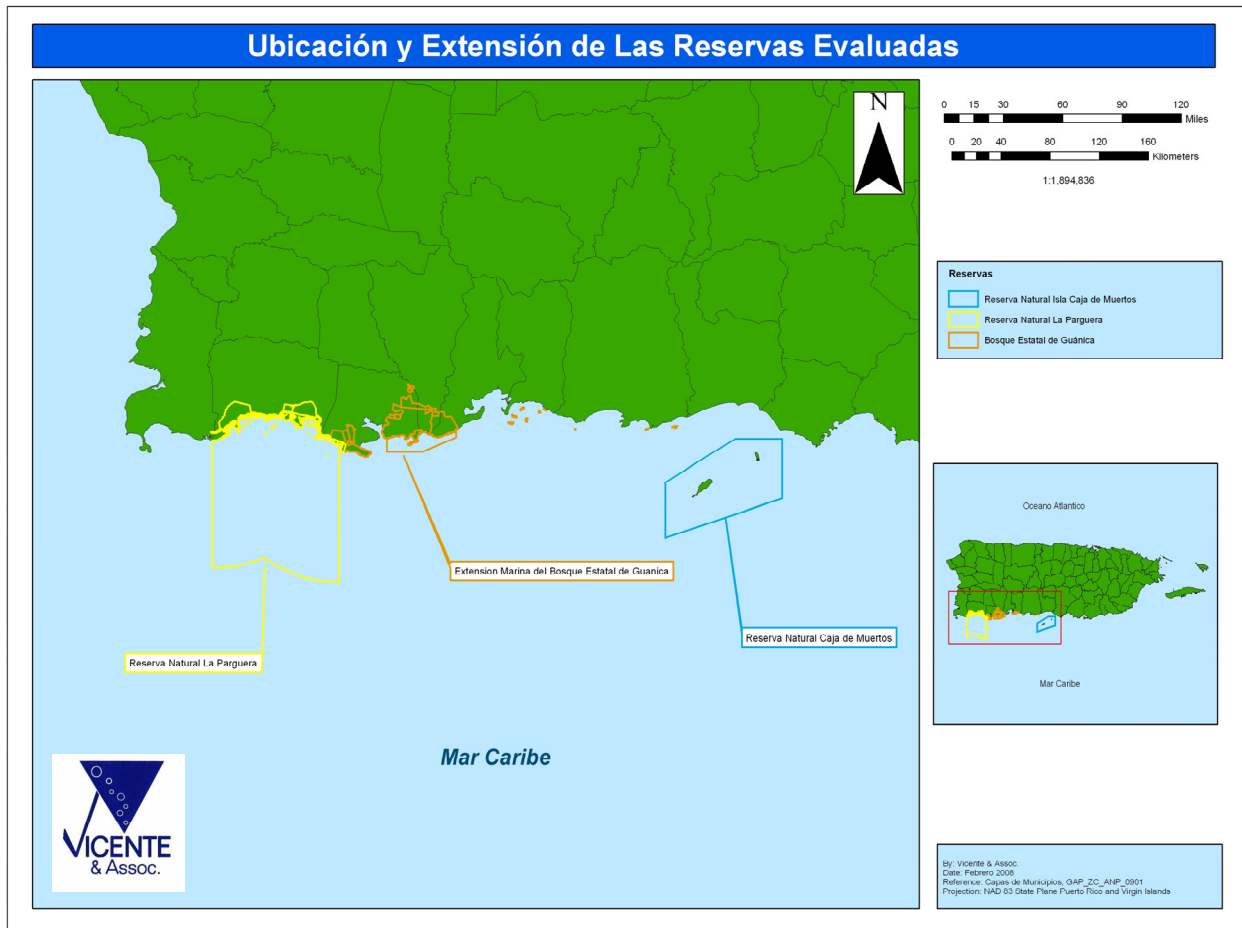


FIGURA 2. Esquema de la construcción del modelo de susceptibilidad usado para la creación de los mapas de áreas susceptibles para ubicar boyas de amarre.

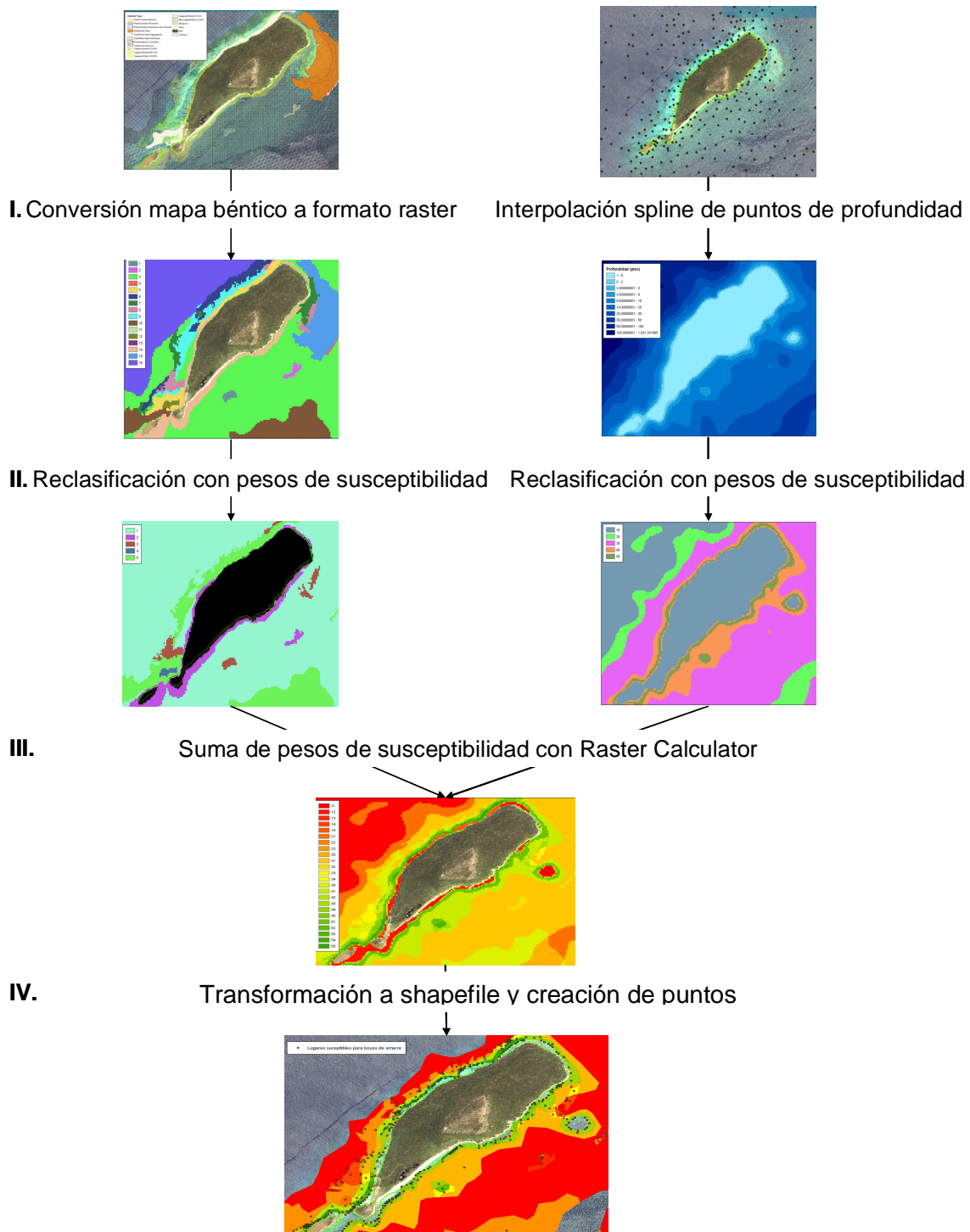


FIGURA 3. Lugares de las treinta y ocho (38) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural La Parguera**. De acuerdo al DRNA (2005), veinte y siete (27) boyas o el 71% han sido destinadas con propósito de pasadía y las restantes con propósitos de buceo (SCUBA). Las fotos aéreas geo-referenciadas y utilizadas en esta figura fueron tomadas en el 2007.

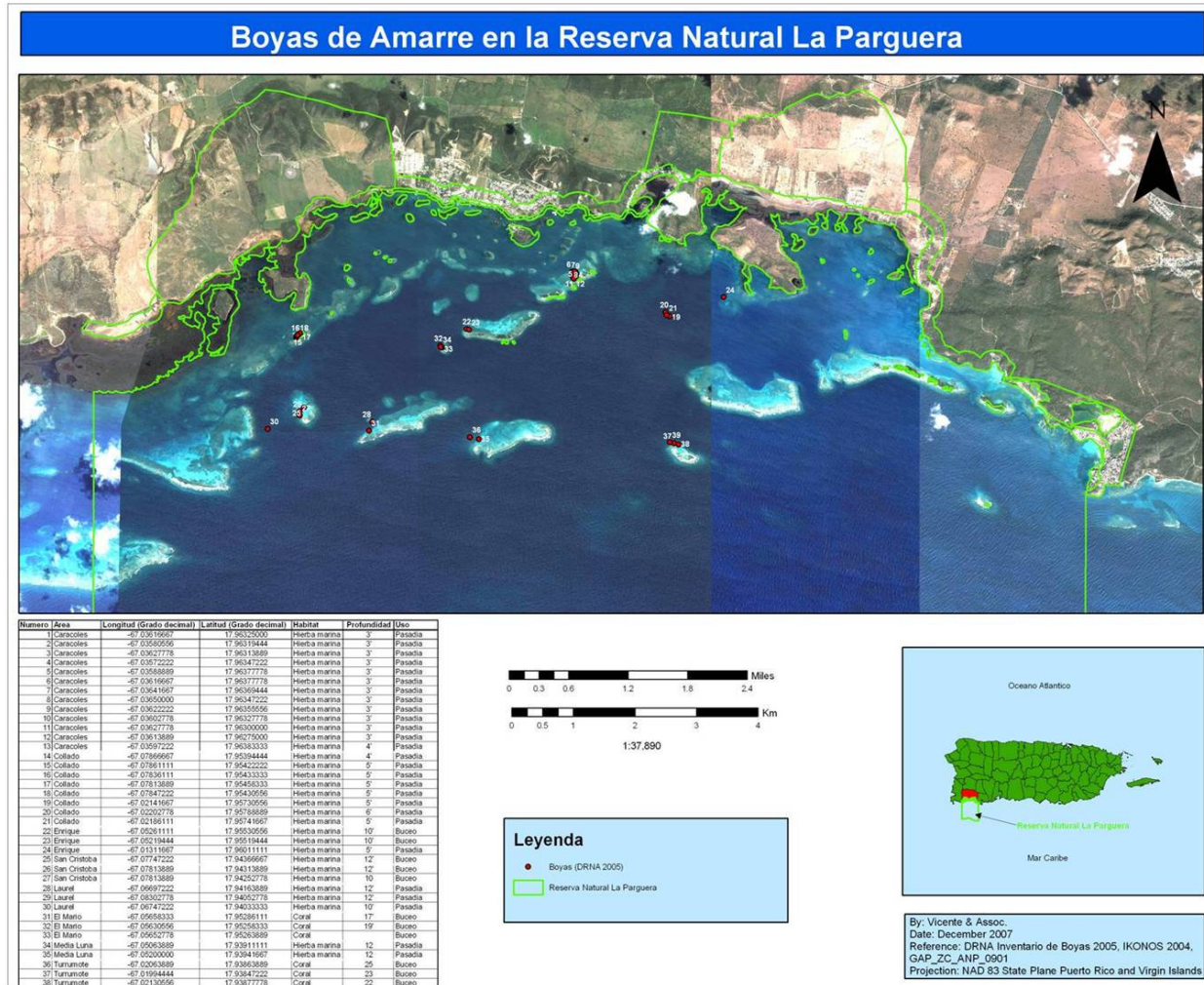


FIGURA 4. Lugares de las treinta y ocho (38) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural La Parguera**. Se ilustran las ubicaciones de estas boyas en relación a las designaciones de hábitculos bénticos *sensu* NOAA Biogeography Maps (NOAA, 2001).

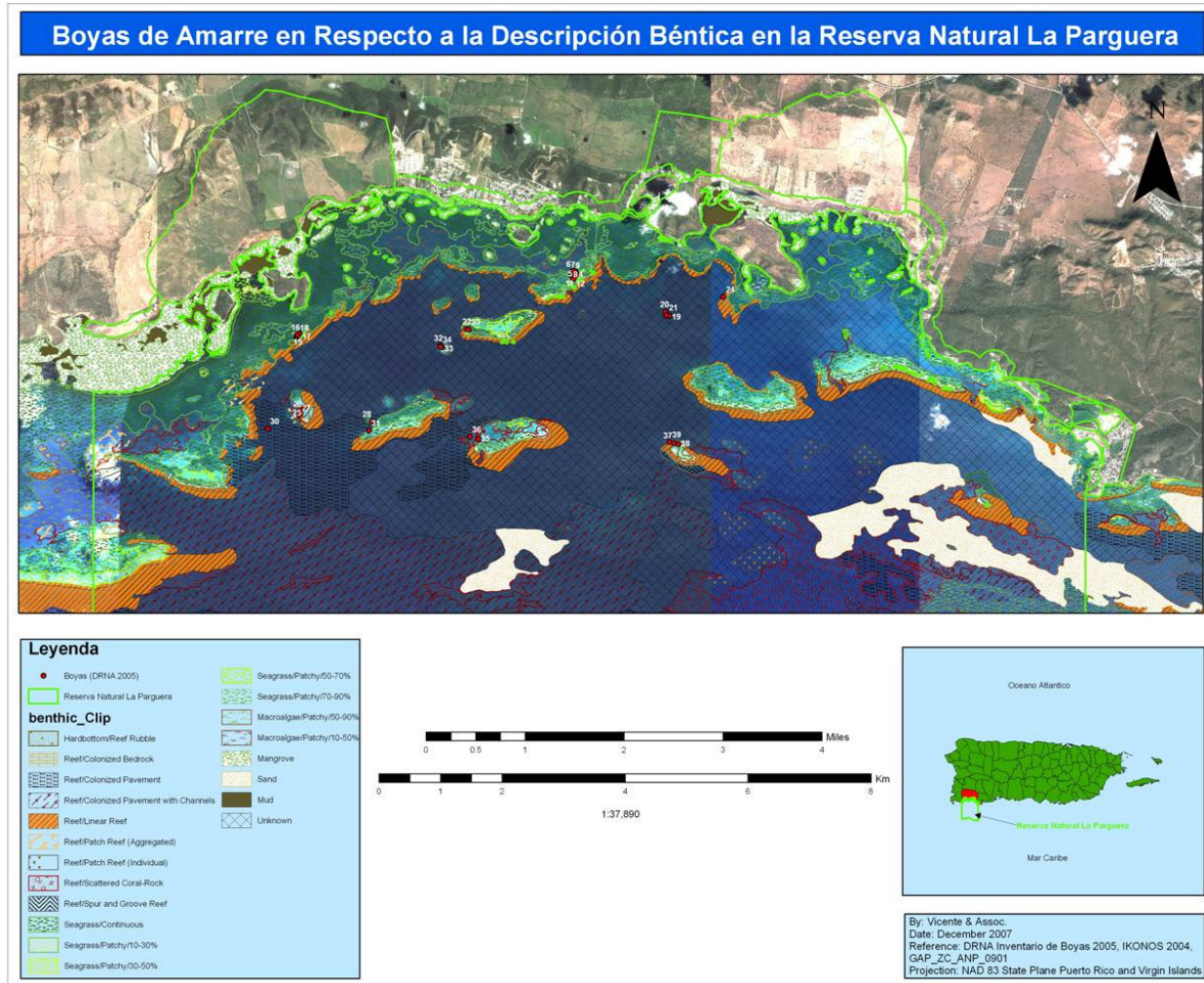


FIGURA 5. Lugares de las treinta y ocho (38) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural La Parguera**. Los puntos donde se ubicaron estas boyas se ilustran en relación a las designaciones de hábitculos bénticos *sensu* la NOAA Sensitivity Index Map (NOAA, 2001).

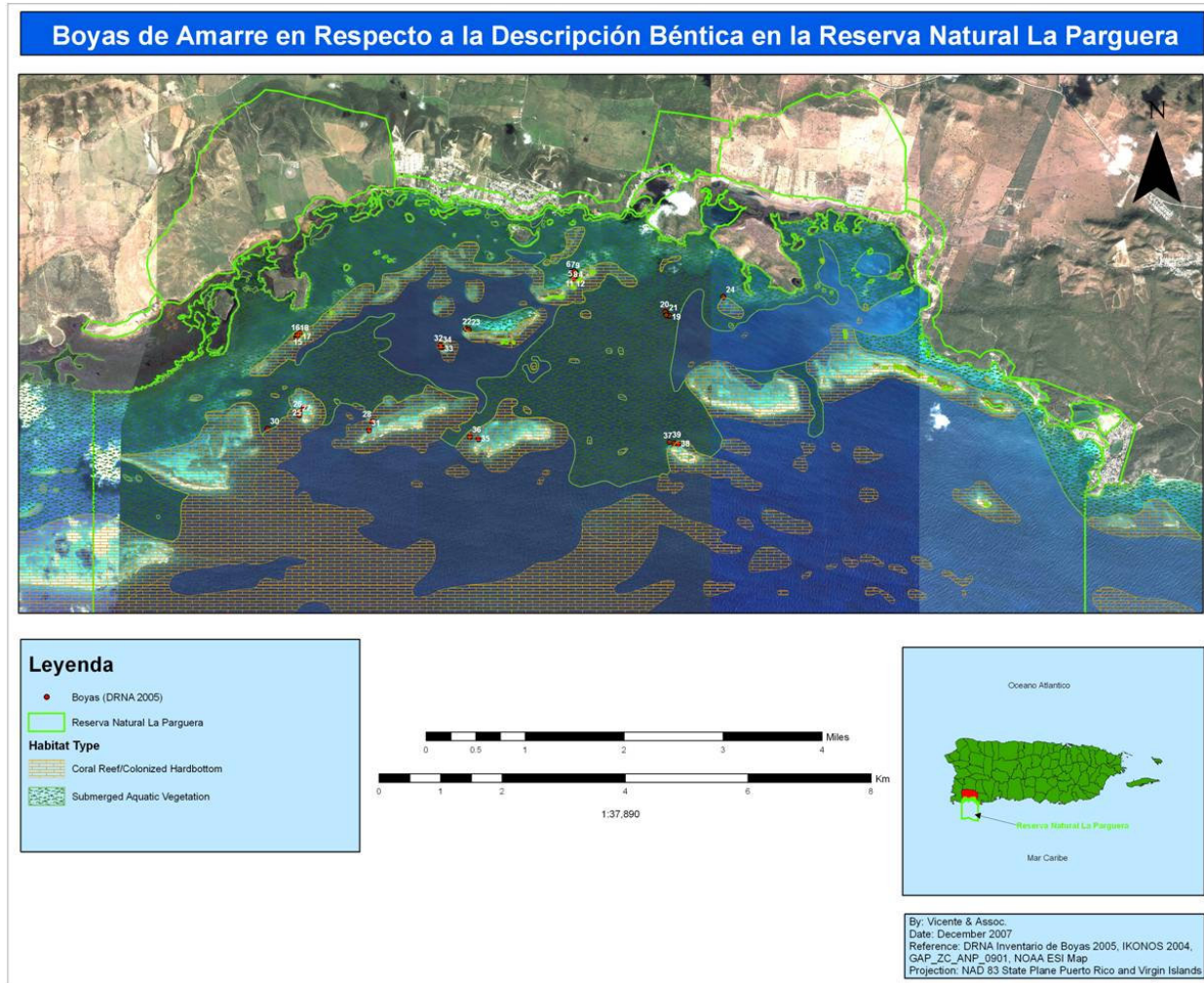


FIGURA 6. Ubicación de las quince boyas (15) de amarre dentro de la **Extensión Marina del Bosque de Guánica**. Trece (13) de éstas o el 87% están amalgamadas en la Isla Guilligan, lugar popular de esta región para pasadías. La ubicación de boyas está ilustrada sobre fotos aéreas tomadas durante el 2007 y geo-referenciadas.

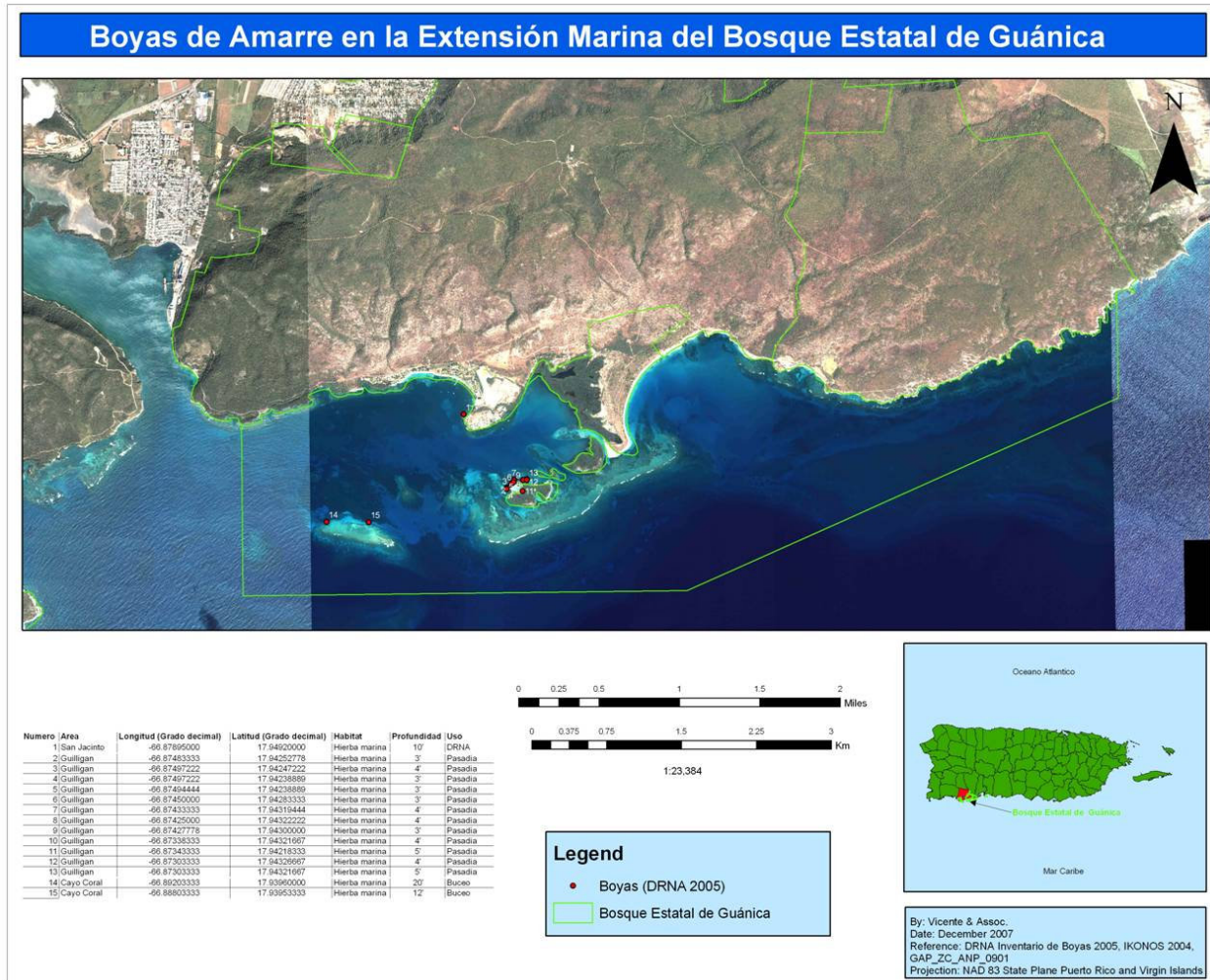


FIGURA 7. Ubicaciones de las quince boyas (15) de amarre dentro de la **Extensión Marina del Bosque de Guánica** en relación a las comunidades bentónicas establecidas por los mapas bénticos biogeográficos de la NOAA (NOAA, 2001).

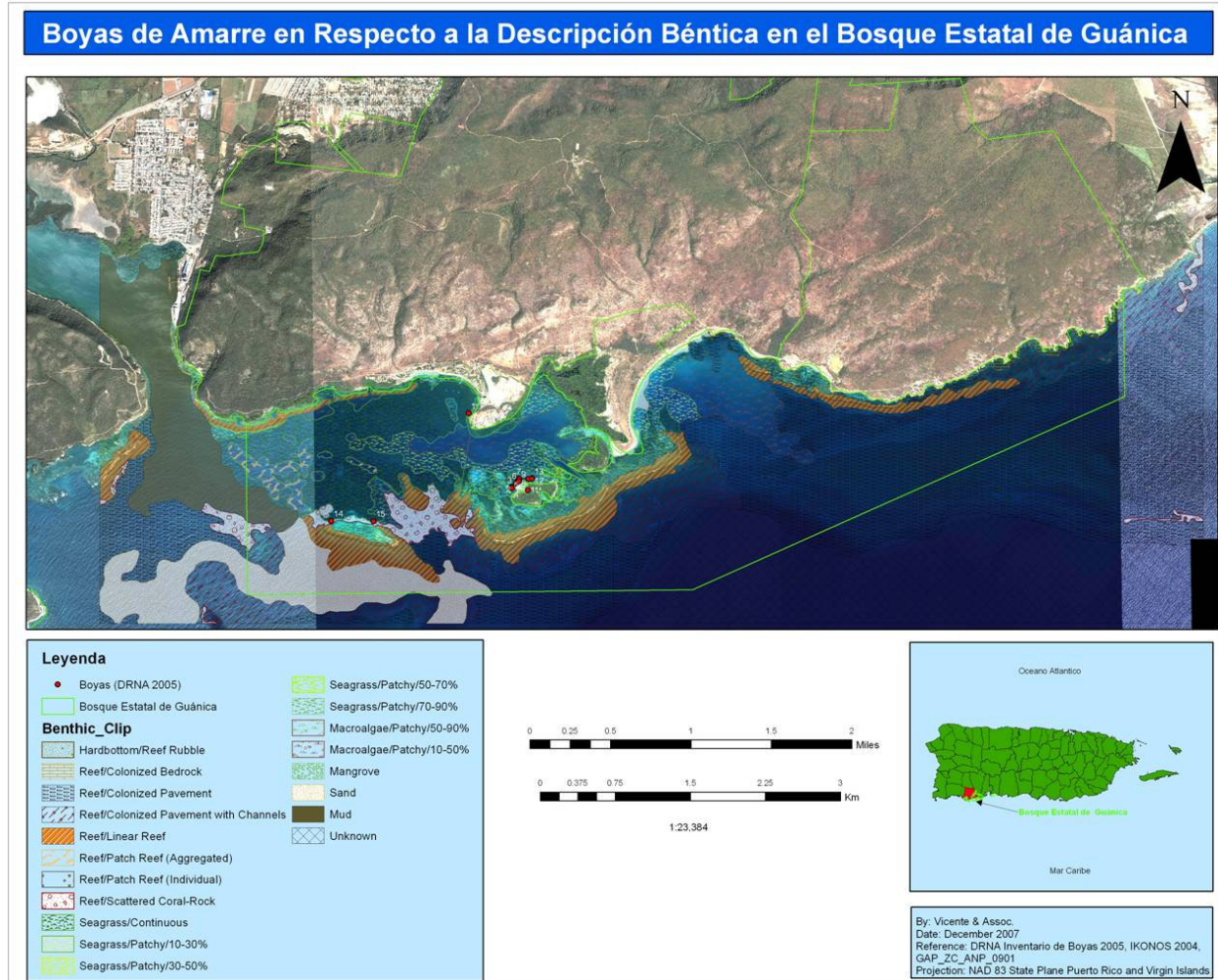


FIGURA 8. Ubicaciones de las quince boyas (15) de amarre dentro de la **Extensión Marina del Bosque de Guánica** en relación a las comunidades bentónicas establecidas por la NOAA (i.e. Sensitivity Index Maps, NOAA, 2001).

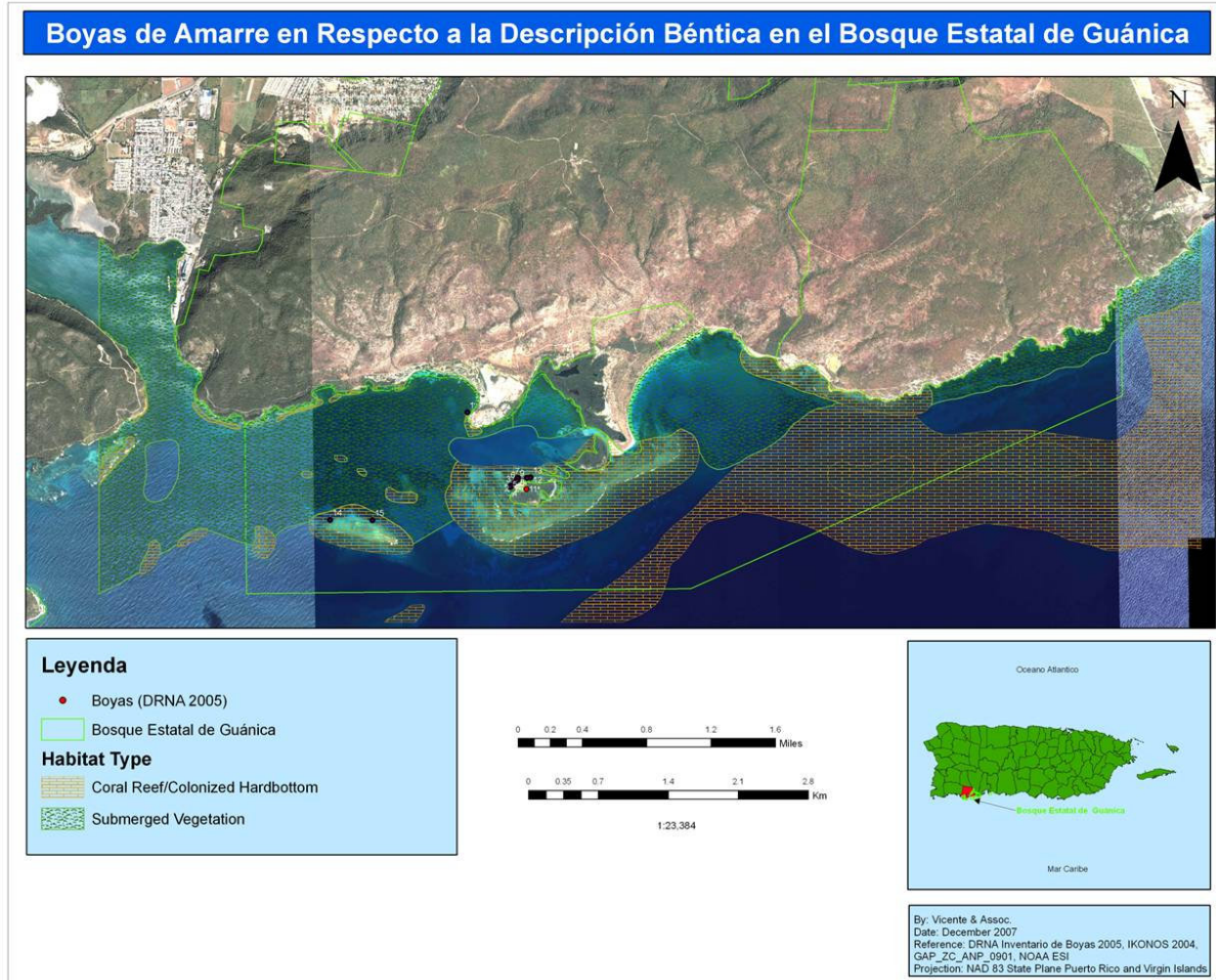


FIGURA 9. Ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural Caja de Muertos**. Once (11) o 79% de estas boyas están ubicadas en la costa norte de la isla. La distribución de las boyas es agregada (Foto aérea del 2007).

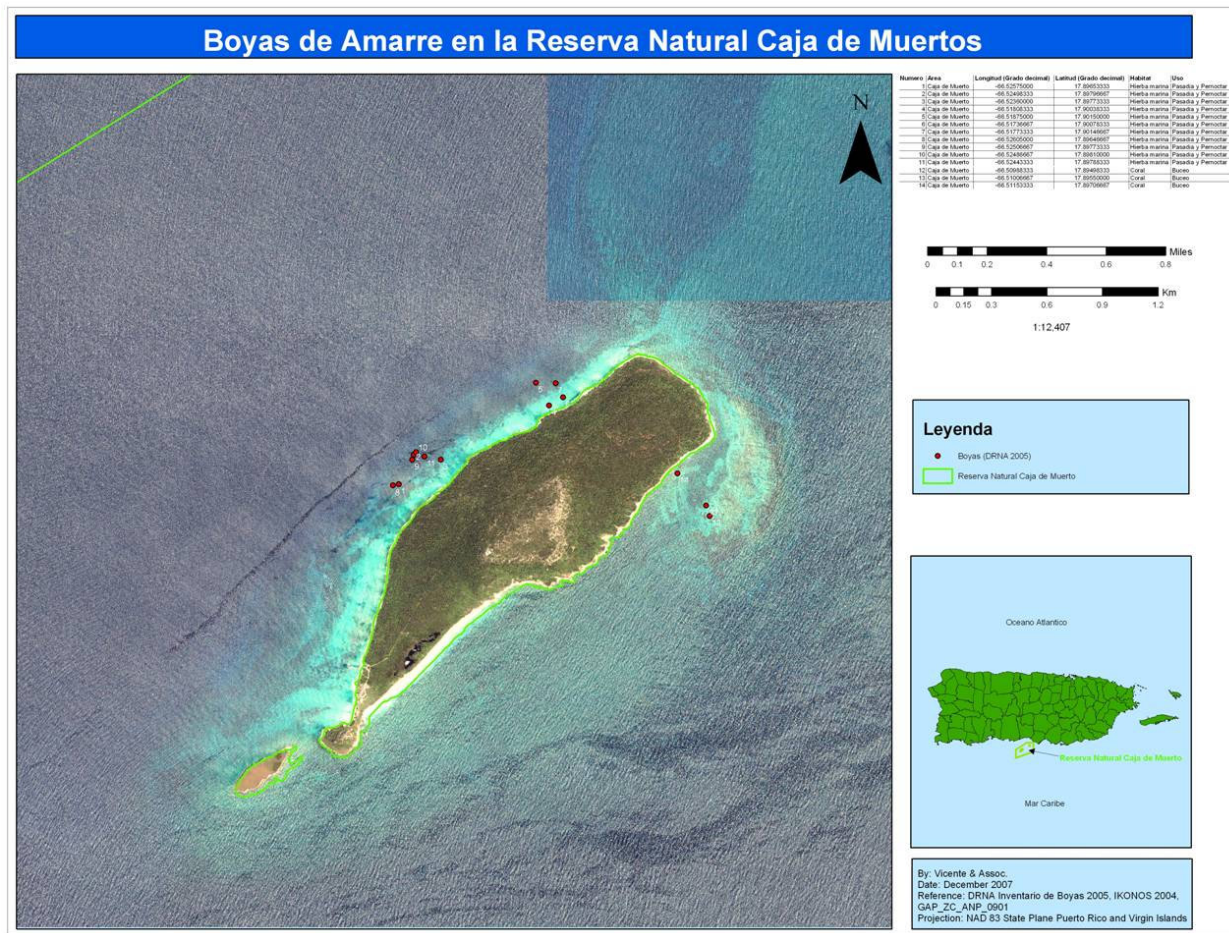


FIGURA 10. Ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural Caja de Muertos**. Se ilustran las ubicaciones de estas boyas en relación a las designaciones de hábitculos bénticos *sensu* la NOAA Biogeography Maps (2001).

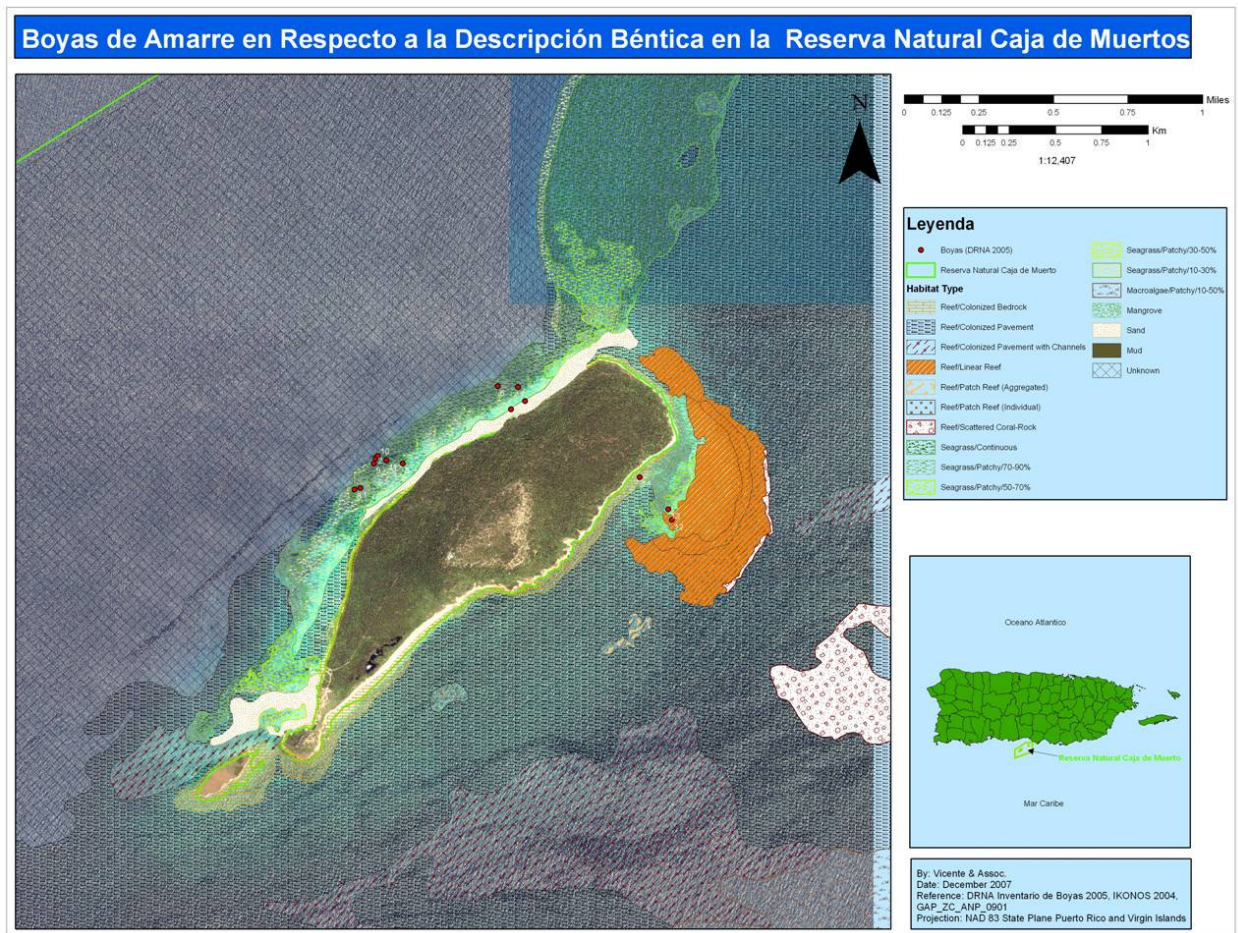


FIGURA 11. Ubicación de las catorce (14) boyas de amarre dentro de **La Reserva Natural Caja de Muertos**. Se ilustran las ubicaciones de estas boyas en relación a las designaciones de hábitculos bénticos *sensu* la NOAA Sensitivity Index Map (2001).

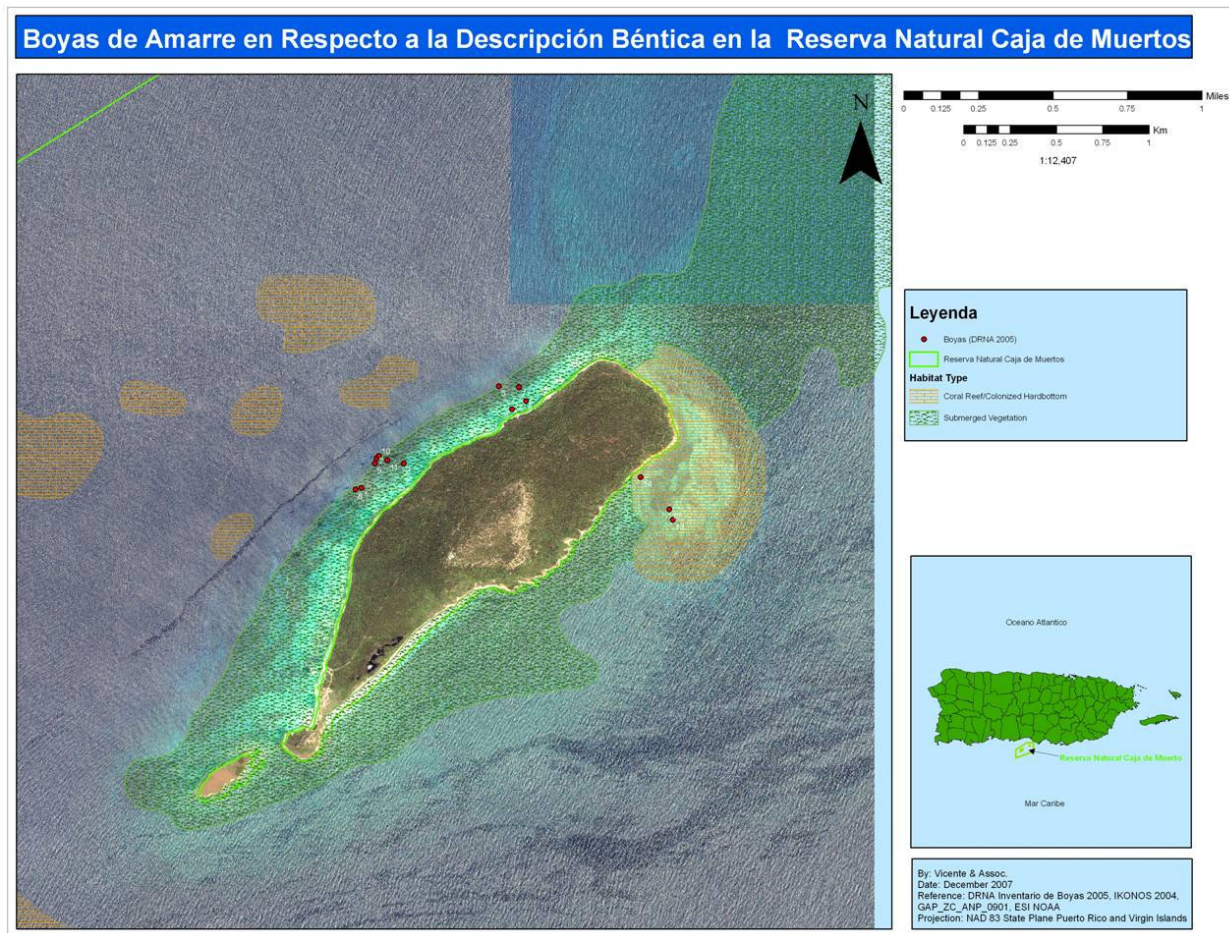


FIGURA 12. Porcentaje de hábitats interceptados por boyas en La Reserva Natural de La Parguera, La Extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica y en La Reserva Natural de Caja de Muertos según el inventario de boyas del DRNA (2005), los mapas béticos de la NOAA y los mapas de índice de ambientes sensibles (ver DRNA, 2005; NOAA 2001a; NOAA 2001 b).

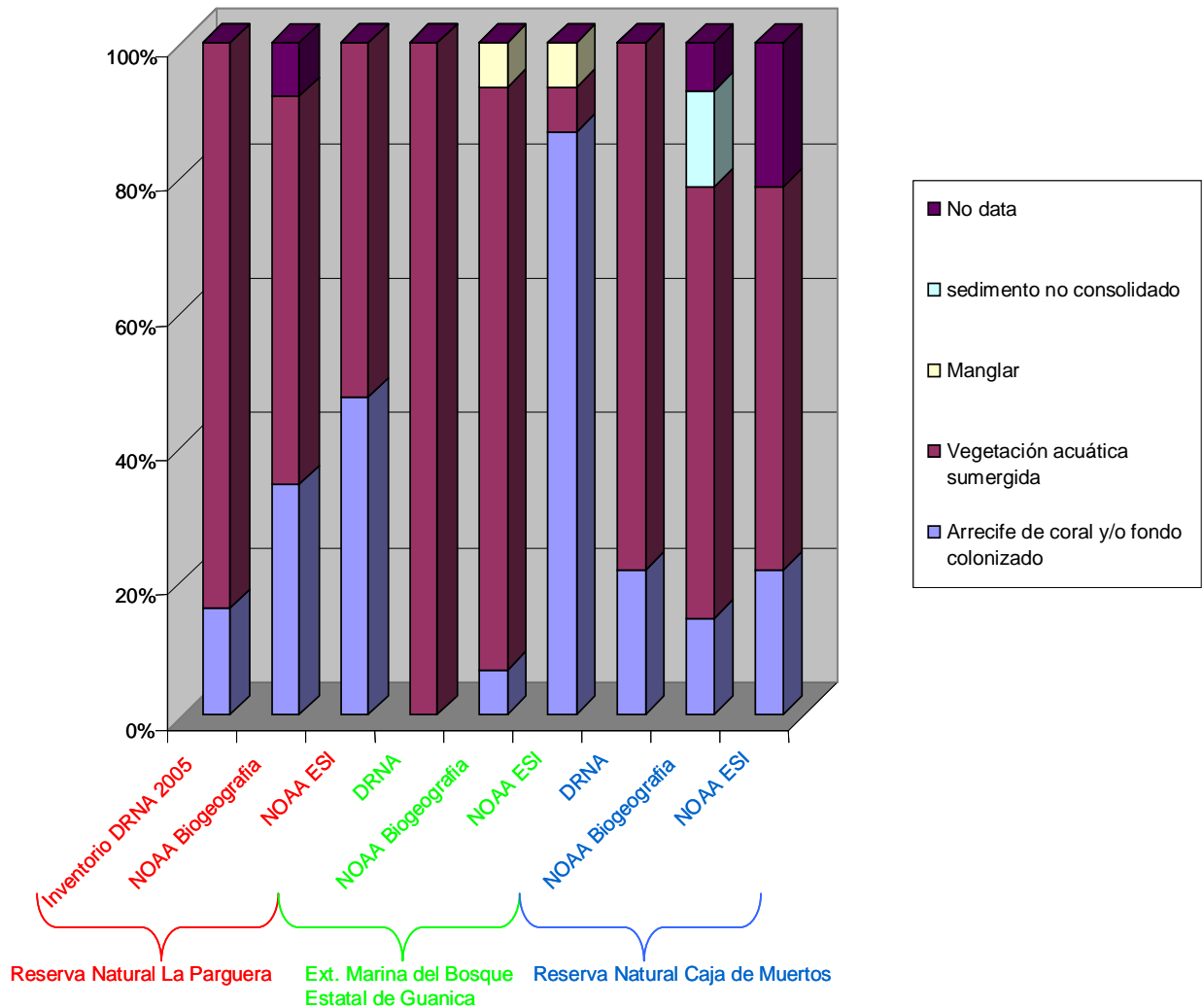


FIGURA 13 A. Comparación de hábitats bénticos (tipo y frecuencia) interceptados por las boyas de amarre según el inventario de boyas del DRNA (2005) y los mapas bénticos de la NOAA (2001a; 2001b) en la Reserva Natural La Parguera.

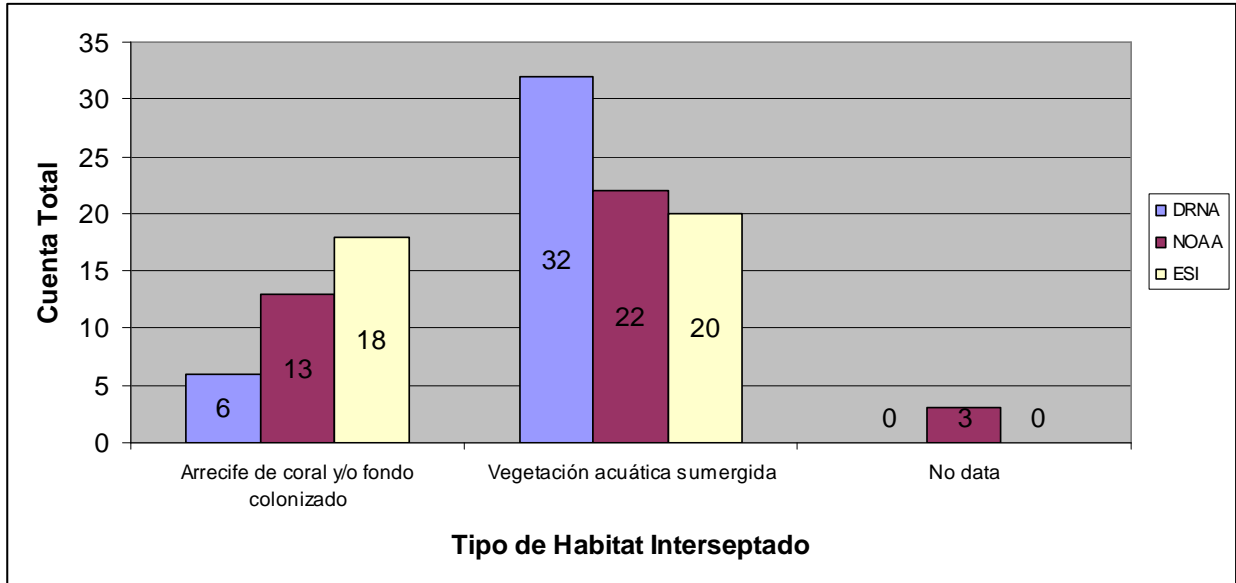


FIGURA 13 B. Comparación de hábitats bénticos (tipo y frecuencia) interceptados por las boyas de amarre según el inventario de boyas del DRNA (2005) y los mapas bénticos de la NOAA (2001a; 2001b) en la extensión marina del Bosque Estatal de Guánica.

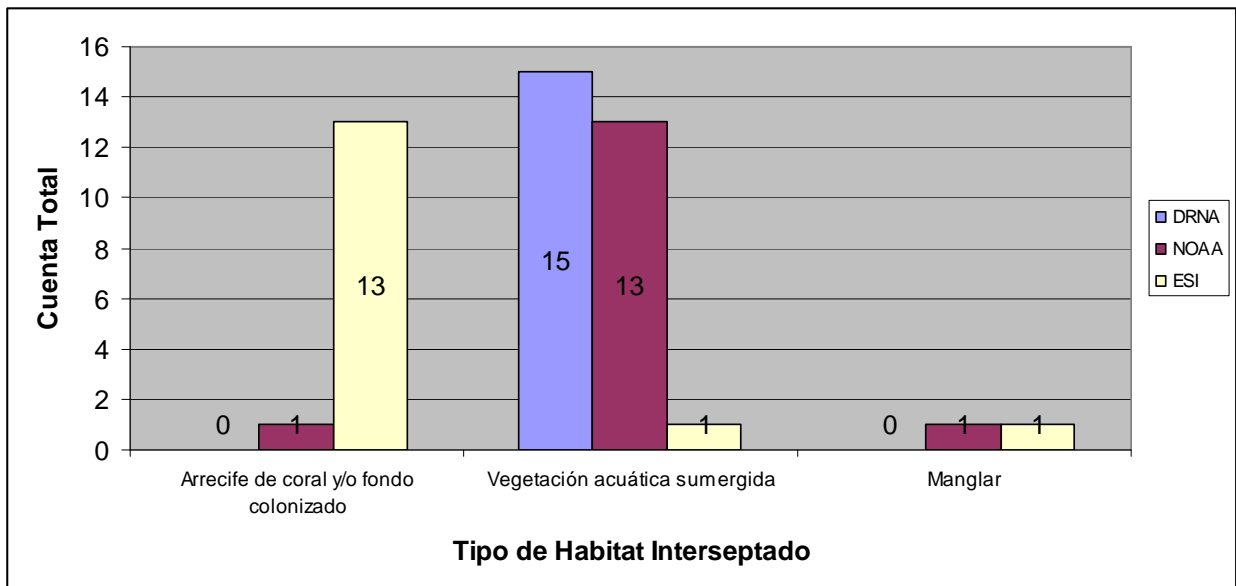


FIGURA 13 C. Comparación de hábitats bénticos (tipo y frecuencia) interceptados por las boyas de amarre según el inventario de boyas del DRNA (2005) y los mapas bénticos de la NOAA (2001a; 2001b) en la Reserva Natural Caja de Muertos.

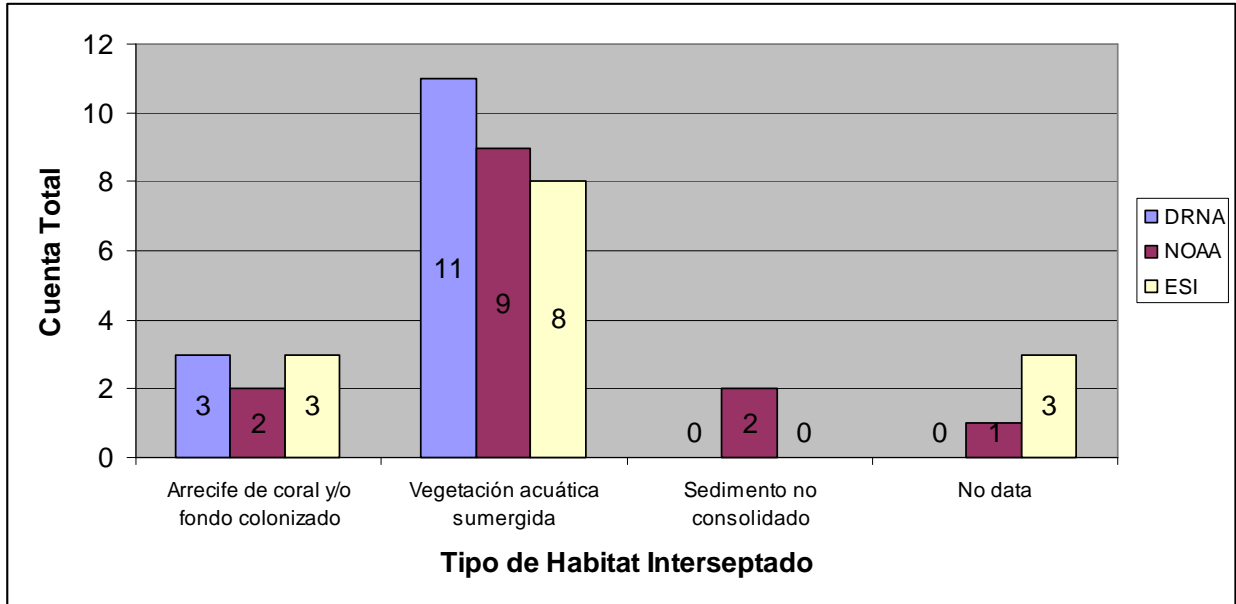


TABLA 1. Lista y descripción de capas de información obtenidas en la reunión con DRNA (10/29/2007) entre Rolando O. Santos (especialista en GIS de Vicente & Associates, Inc.) y Coralys Ortiz, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).

Capa de información	Tipo	Descripción
Imágenes	Formato Raster:	Las imágenes se utilizaron para el análisis remoto de áreas críticas para proteger y áreas potenciales para establecer boyas de amarre o áreas de anclaje. Se utilizaron una multiplicidad de imágenes ya que existe una variedad espacial, temporal y en resolución entre estas.
	Fotos Aéreas 2007	
	Fotos Aéreas 2004	
	Fotos Aéreas del CRIM	
	Imágenes de Satélite IKONOS 2004	
Boyas de Amarre	Formato Shapefile:	Se obtuvo capas de información de boyas de amarre. Después de una evaluación se encontró que la capa más útil tiene información de la localidad, coordenadas, propósito y el hábitat en que se encuentran las boyas.
	Inventario de Boyas 2005	
Cartas Náuticas	Formato Shapefile:	Esta capa de información es un “ <i>geodata-base</i> ” que contienen diferentes “ <i>shapefiles</i> ” los cuales representan varios elementos en una carta náutica (e.g. batimetría, puertos, vías de navegación, utilidades submarinas y puertos, entre otros).
	NOAA ENC	
Áreas Naturales de Protección	Formato Shapefile:	Esta capa de información incluye la localidad y extensión de Áreas Naturales de Protección.

ESTUDIO DE BOYAS DE AMARRE LOCALIZADAS EN LAS RESERVAS NATURALES DE
GUÁNICA, PARGUERA Y CAJA DE MUERTOS, COSTA SUR DE PUERTO RICO

TABLA 2. Ubicación (latitud y longitud) de las boyas de amarre en la **Reserva Natural La Parguera**, el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía, buceo), y la composición del fondo o bentos, según: 1. El inventario de boyas del DRNA (2005), 2. Los mapas béticos de la NOAA (2001) y 3. Los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA).

Numero	Area	Longitud (Grado decimal)	Latitud (Grado decimal)	Uso	DRNA (2005)	NOAA (2001)	NOAA ESI (2001)
1	Caracoles	-67.03616667	17.96325	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
2	Caracoles	-67.03580556	17.96319444	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
3	Caracoles	-67.03627778	17.96313889	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
4	Caracoles	-67.03672222	17.96347222	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
5	Caracoles	-67.03588889	17.96377778	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
6	Caracoles	-67.03616667	17.96377778	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
7	Caracoles	-67.03641667	17.96369444	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
8	Caracoles	-67.0365	17.96347222	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
9	Caracoles	-67.03622222	17.96355556	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
10	Caracoles	-67.03602778	17.96327778	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
11	Caracoles	-67.03627778	17.963	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
12	Caracoles	-67.03613889	17.96275	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
13	Caracoles	-67.03597222	17.96383333	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
14	Collado	-67.07866667	17.95394444	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
15	Collado	-67.07861111	17.95422222	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
16	Collado	-67.07836111	17.95433333	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
17	Collado	-67.07813889	17.95458333	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
18	Collado	-67.07847222	17.95430556	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
19	Collado	-67.02141667	17.95730556	Pasadia	Vegetacion Sumergida	No ID	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
20	Collado	-67.02202778	17.95788889	Pasadia	Vegetacion Sumergida	No ID	Vegetacion Sumergida
21	Collado	-67.02186111	17.95741667	Pasadia	Vegetacion Sumergida	No ID	Vegetacion Sumergida
22	Enrique	-67.05261111	17.95530556	Buceo	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
23	Enrique	-67.05219444	17.95519444	Buceo	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
24	Enrique	-67.01311667	17.96011111	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Vegetacion Sumergida
25	San Cristoba	-67.07747222	17.94366667	Buceo	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
26	San Cristoba	-67.07813889	17.94313889	Buceo	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
27	San Cristoba	-67.07813889	17.94252778	Buceo	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
28	Laurel	-67.06697222	17.94163889	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
29	Laurel	-67.08302778	17.94052778	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Vegetacion Sumergida
30	Laurel	-67.06747222	17.94033333	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
31	El Mario	-67.05658333	17.95286111	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
32	El Mario	-67.05630556	17.95258333	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
33	El Mario	-67.05652778	17.95263889	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
34	Media Luna	-67.05063889	17.93911111	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
35	Media Luna	-67.052	17.93941667	Pasadia	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
36	Turromote	-67.02063889	17.93863889	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
37	Turromote	-67.01994444	17.93847222	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
38	Turromote	-67.02130556	17.93877778	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida

TABLA 3. Tablas de contingencia utilizadas para cuantificar diferencias en las clasificaciones bénticas realizadas por el inventario de boyas del DRNA (DRNA, 2005) utilizando el mapa béntico del programa de biogeografía (NOAA BENTHIC HABITATS 2001); y el índice de ambientes sensitivos (NOAA ESI ATLAS 2001) en la reservas naturales de La Parguera, Guánica y Caja de Muertos.

Parquera

Tipo de hábitat según el mapa béntico de la NOAA				
Tipo de hábitat según el DRNA	Arrecife de coral y/o fondo colonizado	Vegetación acuática sumergida	No data	Total
Arrecife de coral y/o fondo colonizado	5	1	0	6
Vegetación acuática sumergida	8	21	3	32
No data	0	0	0	0
Total	13	22	3	38

Tipo de hábitat según el mapa béntico de ESI			
Tipo de hábitat según el DRNA	Arrecife de coral y/o fondo colonizado	Vegetación acuática sumergida	Total
Arrecife de coral y/o fondo colonizado	4	2	6
Vegetación acuática sumergida	14	18	32
Total	18	20	38

Guanica

Tipo de hábitat según el mapa béntico de la NOAA				
Tipo de hábitat según el DRNA	Arrecife de coral y/o fondo colonizado	SAV	Manglar	Total
Arrecife de coral y/o fondo colonizado	0	0	0	0
Vegetación acuática sumergida	1	13	1	15
Manglar	0	0	0	0
Total	1	13	1	15

Tipo de hábitat según el mapa béntico de ESI				
Tipo de hábitat según el DRNA	Arrecife de coral y/o fondo colonizado	Vegetación acuática sumergida	Manglar	Total
Arrecife de coral y/o fondo colonizado	0	0	0	0
Vegetación acuática sumergida	13	1	1	15
Manglar	0	0	0	0
Total	13	1	1	15

Caja de Muertos

Tipo de hábitat según el mapa béntico de la NOAA					
Tipo de hábitat según el DRNA	Arrecife de coral y/o fondo colonizado	Vegetación acuática sumergida	Sedimento no consolidado	No data	Total
Arrecife de coral y/o fondo colonizado	2	1	0	0	3
Vegetación acuática sumergida	0	8	2	1	11
Sedimento no consolidado	0	0	0	0	0
No data	0	0	0	0	0
Total	2	9	2	1	14

Tipo de hábitat según el mapa béntico de ESI				
Tipo de hábitat según el DRNA	Arrecife de coral y/o fondo colonizado	Vegetación acuática sumergida	No data	Total
Arrecife de coral y/o fondo colonizado	3	0	0	3
Vegetación acuática sumergida	0	8	3	11
No data	0	0	0	0
Total	3	8	3	14

TABLA 4. Ubicación (latitud y longitud) de boyas de amarre en la **Extensión Marina del Bosque Estatal de Guánica**, el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía, buceo), y la composición del fondo o bentos, según el inventario de boyas del DRNA (2005), los mapas bénticos de la NOAA (2001) y los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA).

Numero	Area	Longitud (Grado decimal)	Latitud (Grado decimal)	Uso	DRNA (2005)	NOAA (2001)	NOAA ESI (2001)
1	San Jacinto	-66.878950	17.949200	DRNA	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
2	Guilligan	-66.874833	17.942528	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
3	Guilligan	-66.874972	17.942472	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
4	Guilligan	-66.874972	17.942389	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
5	Guilligan	-66.874944	17.942389	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
6	Guilligan	-66.874500	17.942833	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
7	Guilligan	-66.874333	17.943194	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
8	Guilligan	-66.874250	17.943222	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
9	Guilligan	-66.874278	17.943000	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
10	Guilligan	-66.873383	17.943217	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
11	Guilligan	-66.873433	17.942183	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Manglar	Manglar
12	Guilligan	-66.873033	17.943267	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
13	Guilligan	-66.873033	17.943217	Pasadía	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
14	Cayo Coral	-66.892033	17.939600	Buceo	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
15	Cayo Coral	-66.888033	17.939533	Buceo	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado

ESTUDIO DE BOYAS DE AMARRE LOCALIZADAS EN LAS RESERVAS NATURALES DE
GUÁNICA, PARGUERA Y CAJA DE MUERTOS, COSTA SUR DE PUERTO RICO

TABLA 5. Ubicación (latitud y longitud) de boyas de amarre en la Reserva Natural de Caja de Muertos, el uso designado para dichas boyas, (e.g. pasadía, buceo), y la composición del fondo o bentos, según el inventario de boyas del DRNA (2005), los mapas béticos de la NOAA (2001) y los mapas generados utilizando el índice de ambientes sensitivos de la NOAA (ESI NOAA).

Numero	Área	Longitud (Grado decimal)	Latitud (Grado decimal)	Uso	DRNA (2005)	NOAA (2001)	NOAA ESI (2001)
1	Caja de Muertos	-66.52575000	17.89653333	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
2	Caja de Muertos	-66.52498333	17.89796667	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	No ID
3	Caja de Muertos	-66.52360000	17.89773333	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
4	Caja de Muertos	-66.51808333	17.90038333	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Sedimento No Consolidado	Vegetacion Sumergida
5	Caja de Muertos	-66.51875000	17.90150000	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
6	Caja de Muertos	-66.51736667	17.90078333	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Sedimento No Consolidado	Vegetacion Sumergida
7	Caja de Muertos	-66.51773333	17.90146667	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
8	Caja de Muertos	-66.52605000	17.89646667	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
9	Caja de Muertos	-66.52506667	17.89773333	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	No ID
10	Caja de Muertos	-66.52486667	17.89810000	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	No ID	No ID
11	Caja de Muertos	-66.52443333	17.89788333	Pasadia y Pernoctar	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida	Vegetacion Sumergida
12	Caja de Muertos	-66.50988333	17.89498333	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
13	Caja de Muertos	-66.51006667	17.89550000	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Vegetacion Sumergida	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado
14	Caja de Muertos	-66.51153333	17.89706667	Buceo	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado	Arrecife de Coral/Fondo Colonizado