

---

# Anejo 1

---

AREAS SUSCEPTIBLES PARA EL ANCLAJE SEGURO  
CON MÉTODOS TRADICIONALES DENTRO DE LAS  
RESERVAS NATURALES DE GUÁNICA, PARGUERA, Y  
CAJA DE MUERTOS.

**Preparado Por:**

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

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....A1-3

II. METODOLOGÍA .....A1-5

III. RESULTADOS: RESERVA NATURAL LA PARGUERA.....A1-6

IV. RESULTADOS: EXTENSION MARINA DEL BOSQUE ESTATAL  
DE GUANICA.....A1-9

V. RESULTADOS: RESERVA NATURAL DE CAJA DE MUERTOS .....A1-12

VI. CONCLUSION .....A1-14

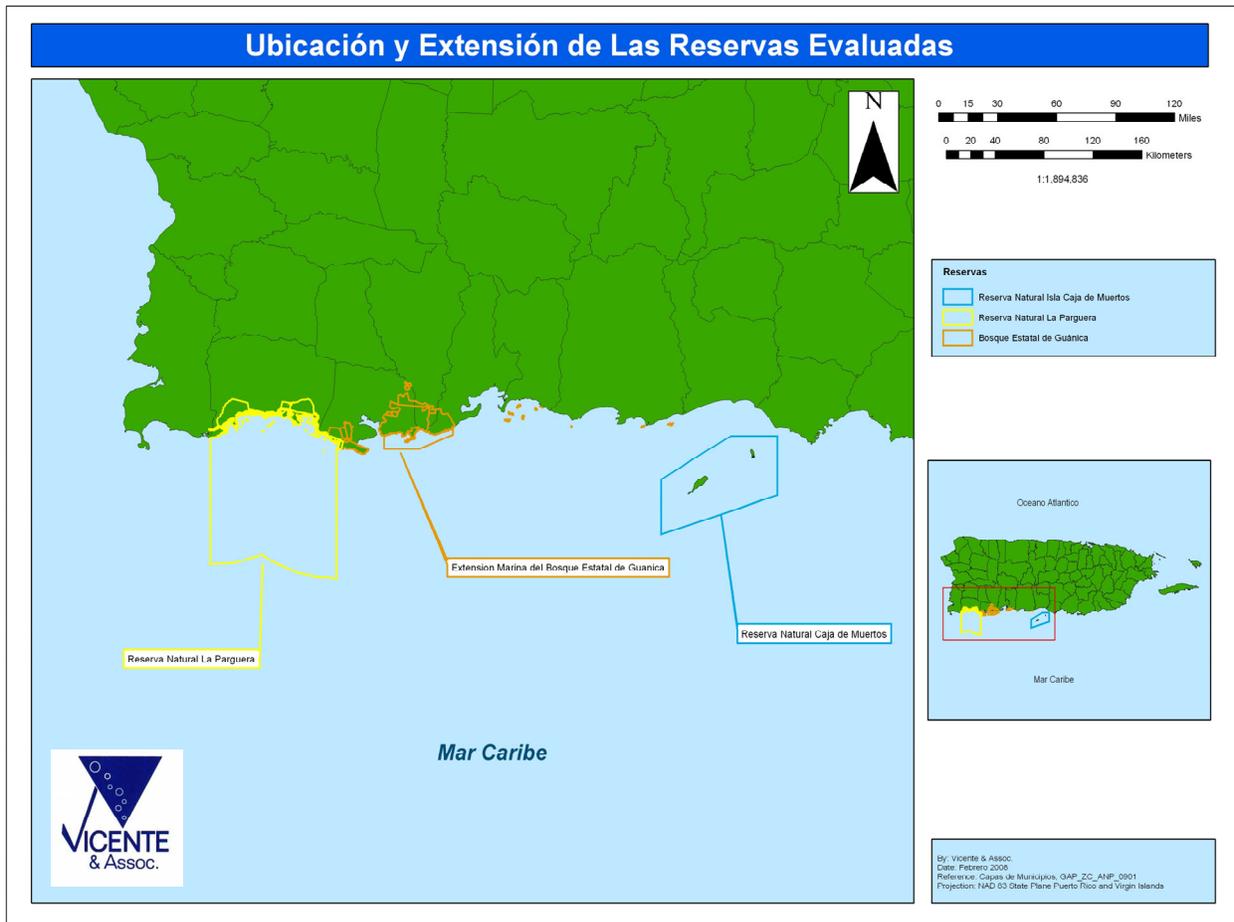
MAPAS.....A1-15

## I. Introducción

Según el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) de Puerto Rico, existe una urgencia para identificar y designar áreas donde botes de recreación puedan anclar seguramente sin que impacten negativamente arrecifes de coral, praderas de hierbas marinas y manglares. La designación de áreas seguras para el anclaje tradicional tiene el propósito de complementar el sistema de boyas de amarres en una forma costo-efectiva.

Vicente & Associates, Inc., identifica preliminarmente en este informe, áreas relativamente seguras para el anclaje tradicional en tres reservas marinas: La Reserva Natural La Parguera, la Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica, y en La Reserva Natural de Caja de Muertos (ver Figura 1). Se utilizó un Sistema de Información Geográfica para identificar y delinear las áreas susceptibles para el anclaje tradicional. Como se explica en este informe, se identificaron como áreas susceptibles aquellas donde el lecho marino consiste de ninguna o baja cobertura de colonias de corales y hierbas marinas.

**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.



## II. Metodología

Se llevaron a cabo foto interpretaciones utilizando fotos aéreas e imágenes de satélites de alta resolución para identificar y delinear las áreas susceptibles para el anclaje tradicional. Además, se utilizó la capa de información del mapa béntico de la NOAA (NOAA 2000a) para ayudar en la búsqueda de áreas susceptibles y para delinear las mismas. Por último, la foto interpretación fue complementada con una clasificación supervisada simple, llevada a cabo con un programa de percepción remota (Bilko). Una clasificación supervisada consiste en la selección de áreas de referencia sobre las cuales se tiene un buen conocimiento.

Estas áreas de referencia son usadas como base para la clasificación de los píxeles en las imágenes, donde varios métodos de comparación son utilizados para determinar que píxeles son similares a las clases o características determinadas por las áreas de entrenamiento o control (ENVI 2007). La clasificación supervisada en este proyecto utilizó como base la información o señal espectral de áreas identificadas en la inspección de campo, con fondos con ninguna o baja cobertura de colonias de corales y hierbas marinas.

Luego de identificar las áreas susceptibles, estas fueron delineadas con un polígono creado con las herramientas de edición de ArcGIS 9.1. La geometría de las áreas susceptibles fue simplificada creando los polígonos con bordes lineales para que estas áreas puedan ser marcadas y delimitadas en el campo con mayor facilidad. Por último, se utilizó la extensión de Hawth's Tools en ArcGIS para calcular el área y la coordenada geográfica para cada polígono.

La identificación y delineación de áreas susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales se limitó dentro de las zonas de recreación determinadas por Vicente & Associates, Inc. Estas zonas se determinaron según la expansión de uso determinado por el inventario de embarcaciones del DRNA (2006, 2007). Además se utilizaron características geográficas tomadas de mapas topográficos, cartas náuticas, fotos aéreas y mapas bénticos para determinar estas áreas. Por último, se usó la información obtenida a través de entrevistas con manejadores, vigilantes del DRNA, y otras fuentes públicas (e.g. Internet, revistas y artículos científicos). Las áreas de recreación se caracterizaron de acuerdo al tipo de uso (e.g. pasadía, buceo, pasadía/pernoctar) y presión de uso (e.g. alta: 10 o más embarcaciones, mediana: 5 a 10 embarcaciones y baja: 0 a 5 embarcaciones).

Como producto final se crearon unos mapas con las áreas susceptibles demarcadas para el anclaje tradicional dentro de cada una de las zonas de recreación identificadas en cada una de las reservas naturales evaluadas.

### III. Resultados: Reserva Natural La Parguera

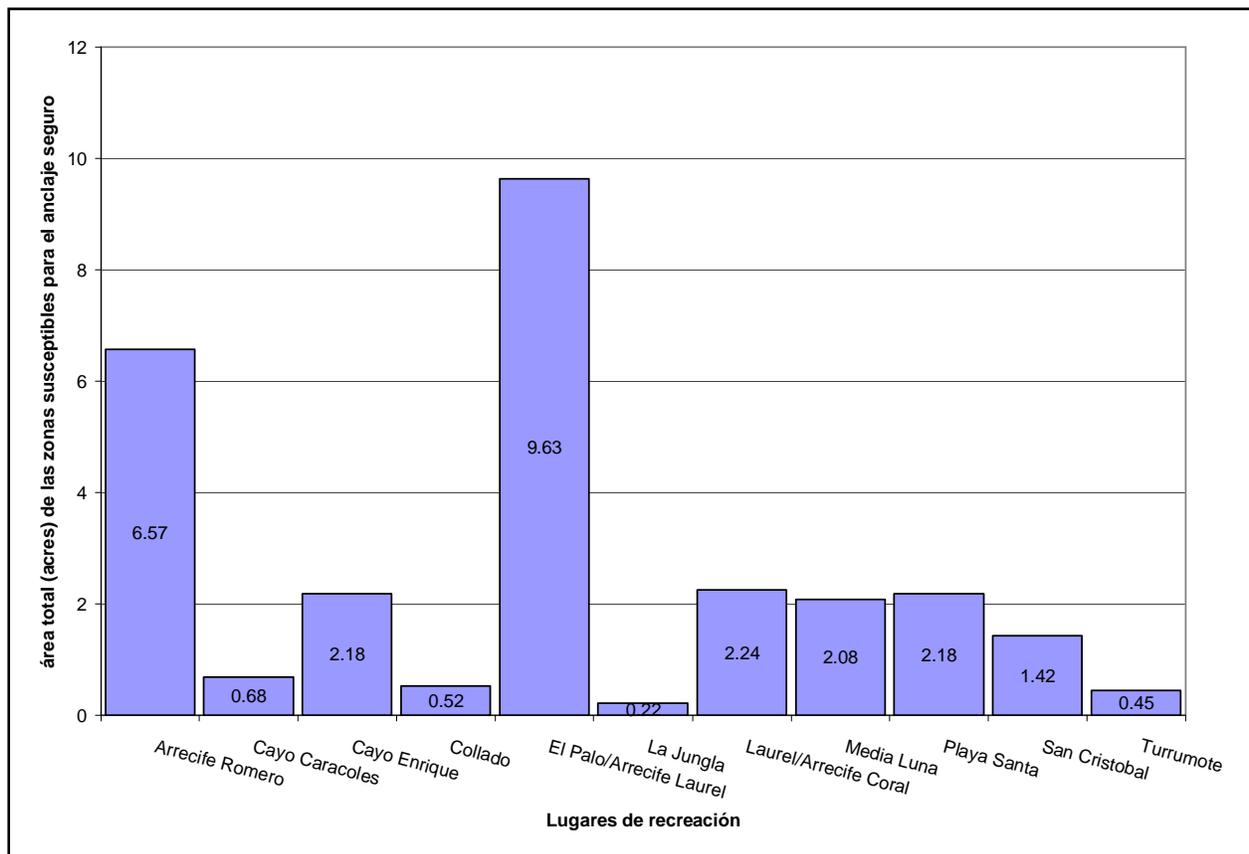
El Mapa 1 muestra la distribución y localización de las áreas identificadas como susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales en la Reserva Natural La Parguera. Se identificó y se delineó un total de 20 áreas con un área total de 571.90 acres (2,315,370.19 m<sup>2</sup>), ver Tabla 1. Sin embargo si se resta el área total de las zonas delineadas en la zona denominada como arrecife de plataforma, solamente se obtuvo un total de 28.17 acres (114,032.84 m<sup>2</sup>).

**Tabla 1.** Área total (acres y m<sup>2</sup>) y coordenadas del centroide para cada una de las zonas identificada como susceptibles para el anclaje seguro dentro de las zonas de recreación evaluadas en la Reserva Natural La Parguera.

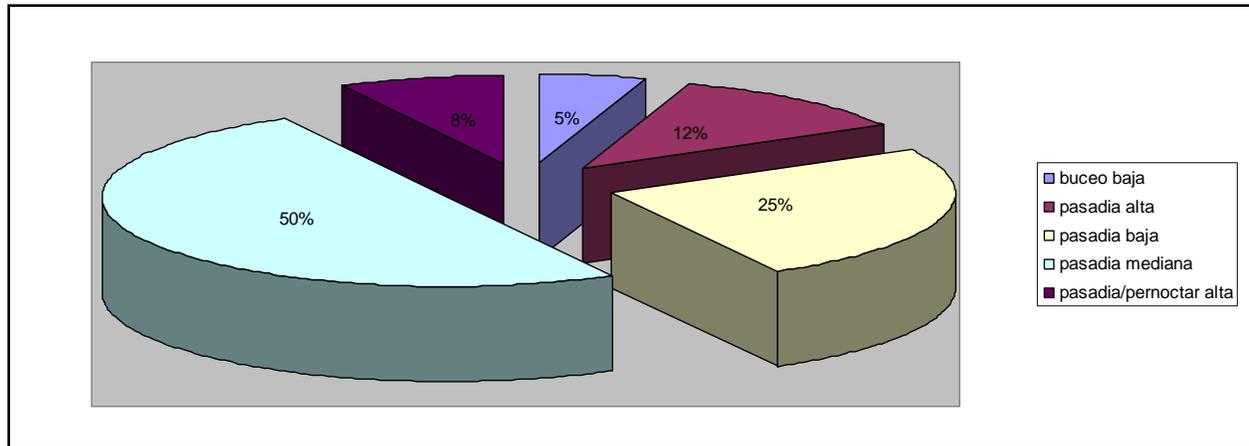
Numero ID	Lugar	Metro <sup>2</sup>	Acres	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	Turumote	1817.66	0.45	17 56.2814652	67 01.1690983
2	San Cristobal	5762.44	1.42	17 56.6056877	67 04.6398150
3	Playa Santa	4582.22	1.13	17 56.2573518	66 57.3389710
4	Playa Santa	4236.22	1.05	17 56.2851055	66 57.3989127
5	Media Luna	2913.57	0.72	17 56.4828690	67 02.8833828
6	Media Luna	3133.35	0.77	17 56.4687976	67 02.5250683
7	Media Luna	2358.99	0.58	17 56.4244493	67 02.5962527
8	Laurel/Arrecife Coral	1434.85	0.35	17 56.6207988	67 03.4532178
9	Laurel/Arrecife Coral	7174.17	1.77	17 56.5306352	67 03.6542686
10	Laurel/Arrecife Coral	474.00	0.12	17 56.4315521	67 04.0227219
11	La Jungla	884.69	0.22	17 56.7036941	66 57.9388573
12	El Palo/Arrecife Laurel	30418.76	7.51	17 56.0641876	67 05.7095695
13	El Palo/Arrecife Laurel	8554.79	2.11	17 56.1897724	67 05.6869244
14	Collado	2121.05	0.52	17 57.2642824	67 04.7332136
15	Cayo Enrique	8829.21	2.18	17 57.3353047	67 02.8056215
16	Cayo Caracoles	2741.77	0.68	17 57.7791774	67 02.1626064
17	Arrecife Romero	9684.88	2.39	17 57.0792130	66 59.2674985
18	Arrecife Romero	16910.24	4.18	17 56.9705790	66 59.5706123
19	Arrecife de plataforma	768802.21	189.89	17 55.2893152	67 02.7178581
20	Arrecife de plataforma	1432535.14	353.84	17 55.7789616	66 59.3270018
<b>Gran Total</b>		<b>2315370.19</b>	<b>571.90</b>		

El Mapa 2 y la Figura 1 muestran como se distribuye el área obtenida para el anclaje seguro en la Reserva Natural La Parguera. La mayoría de las áreas identificadas en las zonas de recreación fluctuó entre los 2 acres. Se obtuvo un área limitada en zonas de alto uso como lo son Caracoles (0.68 acres), Collado (0.52 acres), y Mata la Gata (0 acres). El área obtenida para el anclaje seguro en estas áreas solamente representa un 8% del total de acres delineado en la Reserva Natural La Parguera (ver Figura 2). Las zonas donde se identificó la mayor cantidad de área fueron: Arrecife de plataforma (543.73 acres), El Palo/Arrecife Laurel (9.63 acres), y Arrecife Romero (6.57 acres). Aunque se haya identificado un mayor número de acres en estas áreas, estas son zonas que reciben un menor número de visitantes o embarcaciones de recreación en comparación con otros lugares de recreación, dentro de la Reserva Natural La Parguera. Sin embargo, las áreas de pasadía con uso mediano obtuvieron colectivamente el mayor porcentaje de áreas susceptibles para el anclaje seguro, por lo que estas zonas colectivamente tienen el potencial de amortiguar el impacto directo e indirecto relacionado al uso de embarcaciones de recreación.

**Figura 1.** Área total (acres) de las zonas identificadas como susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales dentro de las áreas de recreación evaluadas en la Reserva Natural La Parguera. Por motivos de presentación no se incluyeron los acres reportados para la zona denominada como Arrecife de Plataforma. No se incluyeron las áreas de recreación que no presentaron áreas susceptibles para el anclaje tradicional (Ejemplo: Mata La Gata, El Mario y Arrecife Enmedio).



**Figura 2.** Porcentaje del total de acres delineado en la Reserva Natural La Parguera como susceptibles para el anclaje seguro para cada tipo de uso y presión recreacional. Por motivos de presentación y análisis no se incluyeron los acres reportados para la zona denominada como Arrecife de Plataforma.



A base de los resultados de este análisis, los resultados del análisis de las bases de datos existentes y la inspección de boyas, se recomienda que se tomen en consideración las siguientes medidas:

1. Complementar efectivamente el uso de áreas de anclaje tradicional con las boyas de amarre en zonas con un alto nivel de uso y que obtuvieron un bajo porcentaje de áreas susceptibles para el anclaje seguro (Ejemplos: Cayo Caracoles, Cayo Enrique, Mata La Gata y Collado) a través de una o más de las siguientes alternativas:
  - a. Incremento de boyas de amarre en estas áreas.
  - b. Delineación y demarcación efectiva de las áreas susceptibles para el anclaje tradicional con boyas y otro tipo de señales.
  - c. Un programa de educación pública (posters, "brochures" y/o comunicados de prensa) sobre sistemas de boyas de amarre y de áreas susceptibles a anclaje tradicional.
2. Limitar el uso de áreas susceptibles para el anclaje seguro y aumentar el número de boyas de amarre en zonas de uso recreacional donde se identificaron lugares en el que habitan especies enlistadas, y áreas utilizadas mayormente para el buceo (e.g. Cayo San Cristóbal, Turrumote, El Mario, Arrecife En medio, algunas partes de Laurel y Arrecife de plataforma).
3. Usar el modelo de susceptibilidad creado por Vicente & Assoc. y/u otros estudios objetivos conducidos por el DRNA y otras agencias, para identificar efectivamente áreas donde localizar boyas de amarre para garantizar que la

complementación del sistema de anclaje y de boyas de amarre tenga un alto potencial en amortiguar impactos relacionados a los usos recreacionales en esta región.

#### IV. Resultados: Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica

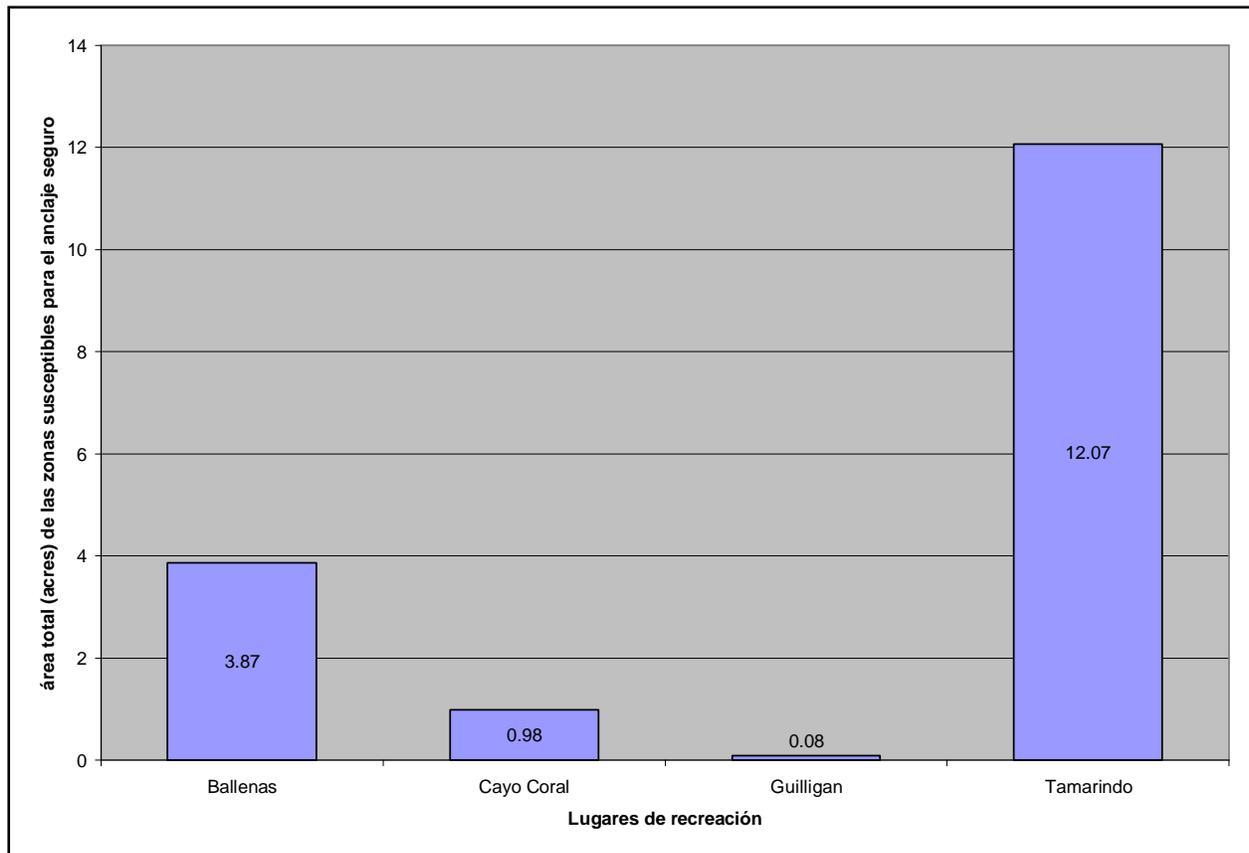
El Mapa 3 muestra la distribución y localización de las áreas identificadas como susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales en la Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica. Se identificó y delineó un total de 7 áreas con un área total de 16.99 acres (68,804.67 m<sup>2</sup>), ver la siguiente tabla (Tabla 2).

**Tabla 2.** Área total (acres y m<sup>2</sup>) y coordenadas del centroide para cada una de las zonas identificada como susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales dentro de las áreas de recreación evaluadas en la Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica.

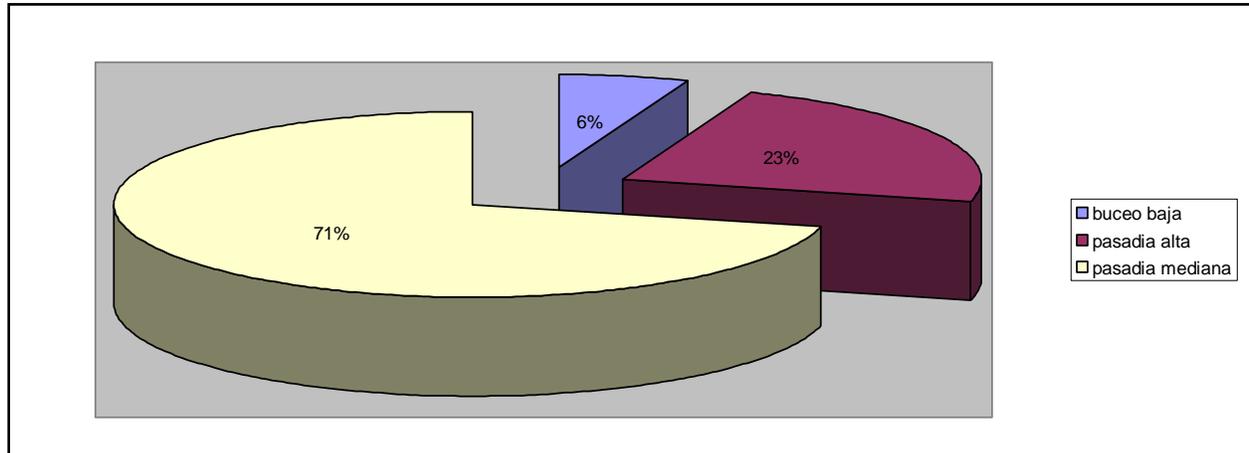
Numero ID	Lugar	Metro^2	Acres	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	Guilligan	176.47	0.04	17 56.5528118	66 52.4756503
2	Guilligan	159.87	0.04	17 56.5672051	66 52.4617702
3	Ballenas	3367.66	0.83	17 56.7757287	66 51.9465177
4	Ballenas	2427.89	0.60	17 56.7493995	66 51.8138041
5	Ballenas	9858.50	2.44	17 56.7524896	66 52.1620139
6	Tamarindo	48855.88	12.07	17 56.9939833	66 51.7660259
7	Cayo Coral	3958.40	0.98	17 56.3759544	66 53.3453235
<b>Gran Total</b>		<b>68804.67</b>	<b>16.99</b>		

El Mapa 3 y la Figura 3 muestran como se distribuye el área obtenida para el anclaje seguro en la Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica. Las áreas identificadas en esta reserva estuvieron más limitadas en cantidad y tamaño en comparación a la Reserva Natural La Parguera y la Reserva Natural de Caja de Muertos. La mayoría de las áreas identificadas en las zonas de recreación presentaron un área igual o menor a 1 acre. Las zonas de pasadía y buceo con un nivel de uso bajo representó la fracción menor de área total identificada para el anclaje seguro por métodos tradicionales (Ver Figura 4). Al igual que La Parguera, se obtuvo un área limitada en zonas de alto uso como lo es Guilligan (0.08 acres). Inclusive, no se pudieron identificar áreas susceptibles en zonas con alto nivel de uso para el pasadía y pernoctar (Ejemplos: Jacinto/Balneario y Salinas/Ensenada). Además, el área obtenida para el anclaje seguro en las áreas con un alto nivel de uso solamente representó un 23% del total de acres delineado en la Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica (Ver Figura 4), donde la gran fracción de esta área se concentró solamente en una zona de recreación (Ballenas). El resto del área (73%) identificada en la Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica se concentró en las zonas con nivel de uso mediano en Tamarindo (12.07 acres) (Ver Figura 3 y Figura 4).

**Figura 3.** Área total, en acres, de las zonas identificadas como susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales dentro de las áreas de recreación evaluadas en la Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica. No se incluyeron las áreas de recreación que no presentaron áreas susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales (Ejemplo: Jacinto/Balneario, Salinas/Ensenada).



**Figura 4.** Porcentaje del total de acres delineado en la Extensión Marina del Bosque Estatal de Gúanica como susceptibles para el anclaje seguro para cada tipo de uso y presión recreacional.



Tomando en cuenta los resultados de este análisis, los resultados del análisis de las bases de datos existentes y la inspección de boyas, se recomienda que se tomen en consideración las siguientes medidas:

1. El uso de áreas susceptibles para el anclaje seguro se podría maximizar en Ballenas y Tamarindo, ya que estas áreas representaron la mayor fracción de área y contienen una menor cobertura de habitas sensitivos.
2. Utilizar boyas de amarre en lugares como Jacinto, la periferia del balneario y Salinas/Ensendas, ya que estas son zonas en las que no se pudo identificar un área significativa para el anclaje seguro con métodos tradicionales y son zonas con alto nivel de uso.
3. En áreas utilizadas mayormente para el buceo, como lo es Cayo Coral, se recomienda limitar el uso de áreas susceptibles para anclaje seguro a una área reducida y aumentar el número de boyas, ya que en estas zonas hay colonias dispersas de corales y gorgonios.
4. En el área de Guilligan se debe complementar efectivamente el uso de áreas de anclaje tradicional y boyas de amarre, debido a que esta es una zona con un alto nivel de uso y que obtuvo un bajo porcentaje de áreas susceptibles para el anclaje seguro.

## V. Resultados: Reserva Natural de Caja de Muertos

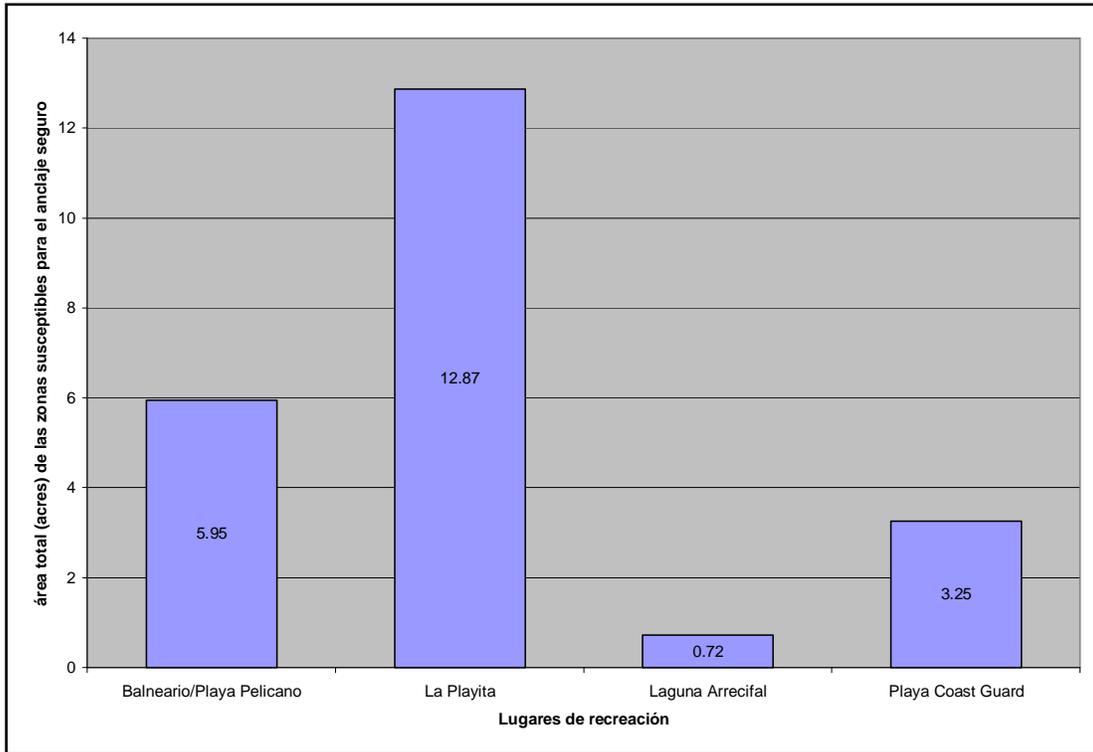
El Mapa 4 muestra la distribución y localización de las áreas identificadas como susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales en la Reserva Natural de Caja de Muertos. Se identificaron y delinearón un total de 9 áreas, con un área total de 22.79 acres (92,255.81 m<sup>2</sup>), ver la siguiente tabla (Tabla 3).

**Tabla 3.** Área total (acres y m<sup>2</sup>) y coordenadas del centroide para cada una de las zonas identificada como susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales dentro de las áreas de recreación evaluadas en la Reserva Natural de Caja de Muertos.

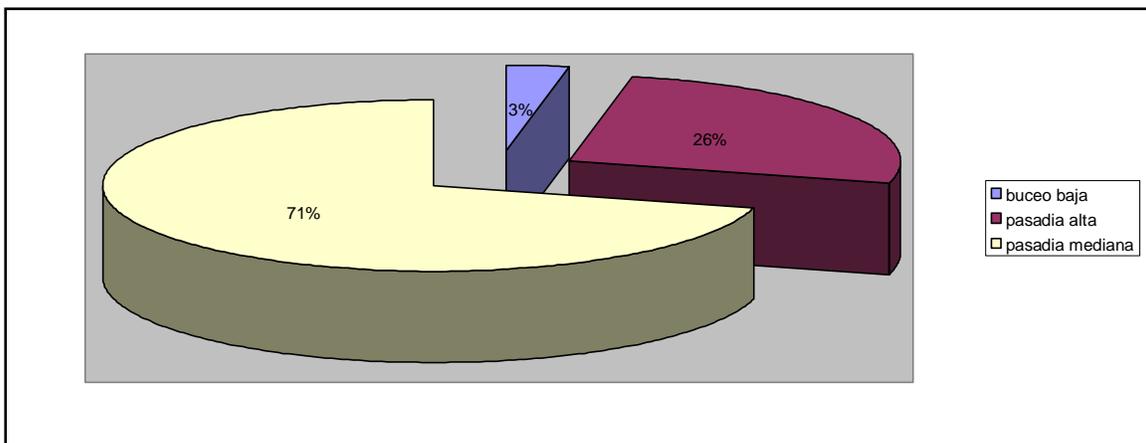
Numero ID	Lugar	Metro^2	Acres	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	Laguna Arrecifal	1340.59	0.33	17 53.8016349	66 30.5924931
2	Laguna Arrecifal	1586.37	0.39	17 53.8530503	66 30.5596409
3	Balneario/Playa Pelicano	6695.05	1.65	17 53.1068845	66 31.7470097
4	Balneario/Playa Pelicano	10591.00	2.62	17 53.1796537	66 31.7425067
5	Balneario/Playa Pelicano	4965.76	1.23	17 53.5326495	66 31.6112300
6	Playa Coast Guard	13155.50	3.25	17 53.7862831	66 31.4298721
7	La Playita	23853.33	5.89	17 53.9532516	66 31.2016895
8	La Playita	28232.73	6.97	17 54.1033415	66 30.9553738
9	Balneario/Playa Pelicano	1835.47	0.45	17 53.2994155	66 31.6580781
Gran Total		92255.81	22.79		

El Mapa 4 y la Figura 5 muestran como se distribuye el área obtenida para el anclaje seguro en la Reserva Natural de Caja de Muertos. Relativamente el área total identificada en esta reserva fue similar al área identificada en la Reserva Natural La Parguera (sin incluir los acres reportados para la zona denominada como Arrecife de Plataforma). La mayoría de las áreas identificadas en las zonas de recreación presentaron un área igual o mayor a 1 acre. La mayoría de la extensión de las áreas identificadas como susceptibles para el anclaje seguro bordeó la orilla. Esto presenta un mayor potencial de uso recreacional ya que se encuentran cerca de las zonas de uso (Ejemplo: playa, veredas, facilidades, etc) y se encuentran en áreas relativamente llanas. Las zonas de pasadía y buceo con un nivel de uso bajo representó la fracción menor del área total identificada para el anclaje seguro por métodos tradicionales (ver Figura 6). En contraste a las demás reservas evaluadas, gran porcentaje del área delimitada para el uso de anclaje seguro se encontraron en zonas de alto uso recreacional (ver Figura 6). Esto es bien importante ya que hay mas áreas para aliviar y complementar el uso de boyas de amarre proveyendo así la oportunidad de minimizar el uso de boyas y el gasto operacional relacionado a estas. Sin embargo, no se pudieron identificar áreas susceptibles para el anclaje seguro en áreas clasificadas para el uso de pasadía/pernoctar. Además, la Laguna Arrecifal, una de las zonas de recreación más sensitivas, obtuvo relativamente la menor cantidad de acres para el anclaje seguro.

**Figura 5.** Área total (acres) de las zonas identificadas como susceptibles para el anclaje seguro con métodos tradicionales dentro de las áreas de recreación evaluadas en la Reserva Natural de Caja de Muertos. No se incluyeron las áreas de recreación que no presentaron áreas susceptibles para el anclaje tradicional (Ejemplo: Laguna Arrecifal)



**Figura 2.** Porcentaje del total de acres delineado en la Reserva Natural de Caja de Muertos como susceptibles para el anclaje seguro para cada tipo de uso y presión recreacional.



Sintetizando los resultados de este análisis, los resultados del análisis de las bases de datos existentes y la inspección de boyas, se recomienda que se tomen en consideración las siguientes medidas:

1. El uso de áreas susceptibles para el anclaje seguro se podría maximizar en Playa Pelicano/Balneario, La Playita y Playa Coast Guard, ya que estas áreas representaron la mayor fracción de área y contienen una menor cobertura de hábitats sensitivos.
2. Utilizar boyas de amarre en las áreas clasificadas como pasadia/pernoctar en las zonas de recreación de La Playita y Playa Coast Guard, ya que estas son zonas en las que no se pudo identificar un área significativa para el anclaje seguro con métodos tradicionales.
3. En La Laguna Arrecifal no se debe permitir el anclaje con métodos tradicionales y se debe aumentar el número de boyas, ya que en estas zonas se identificaron hábitat críticos para especies enlistadas, y se encontró el mayor por ciento de cobertura de colonias de corales y gorgonios.

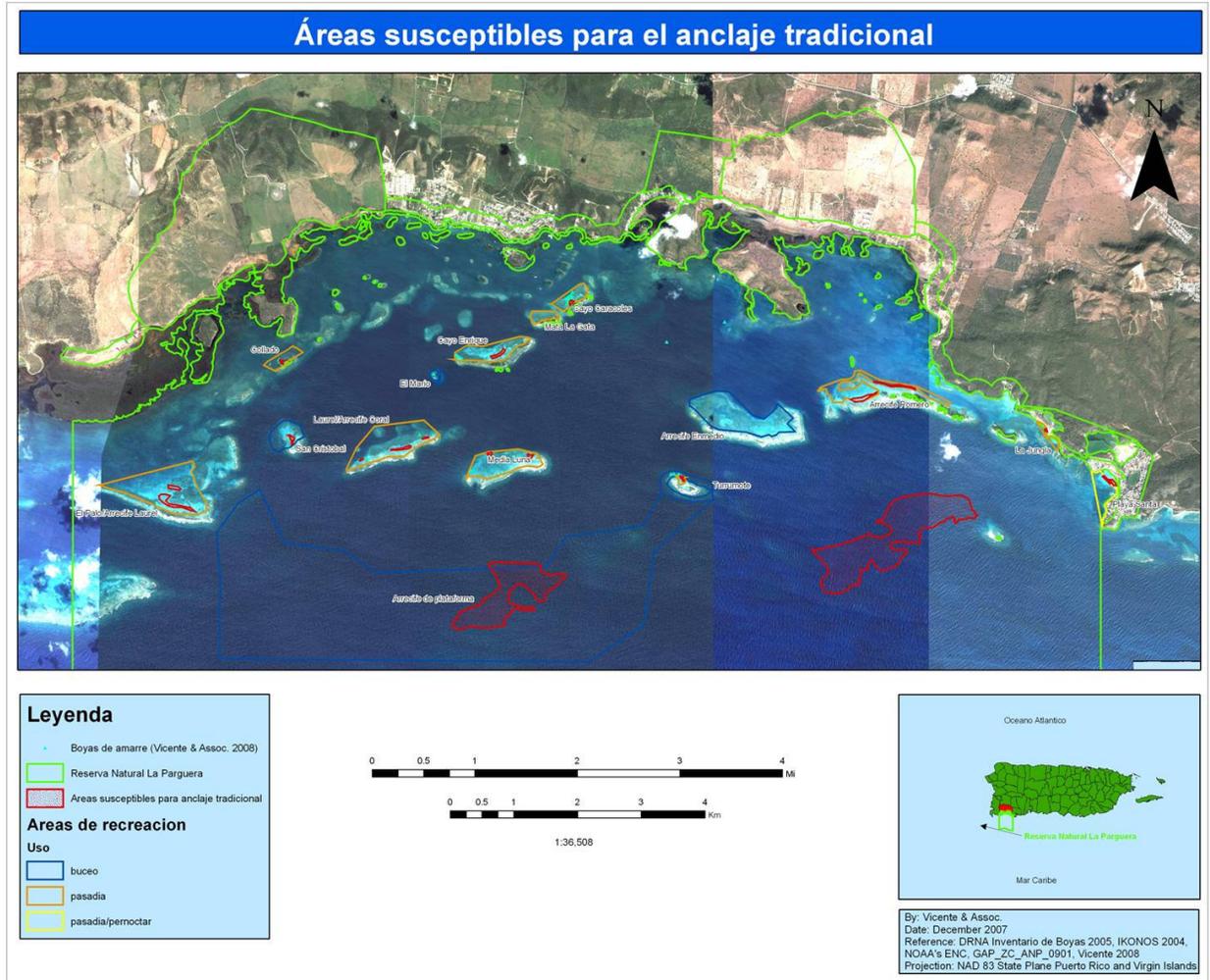
## **VI. Conclusión**

Vicente & Assoc. pudo identificar y delinear efectivamente áreas susceptibles para el anclaje seguro por métodos tradicionales, por lo que se pudieron identificar áreas susceptibles para la gran mayoría de las zonas de recreación identificadas y evaluadas en cada una de las reservas naturales consideradas en este estudio.

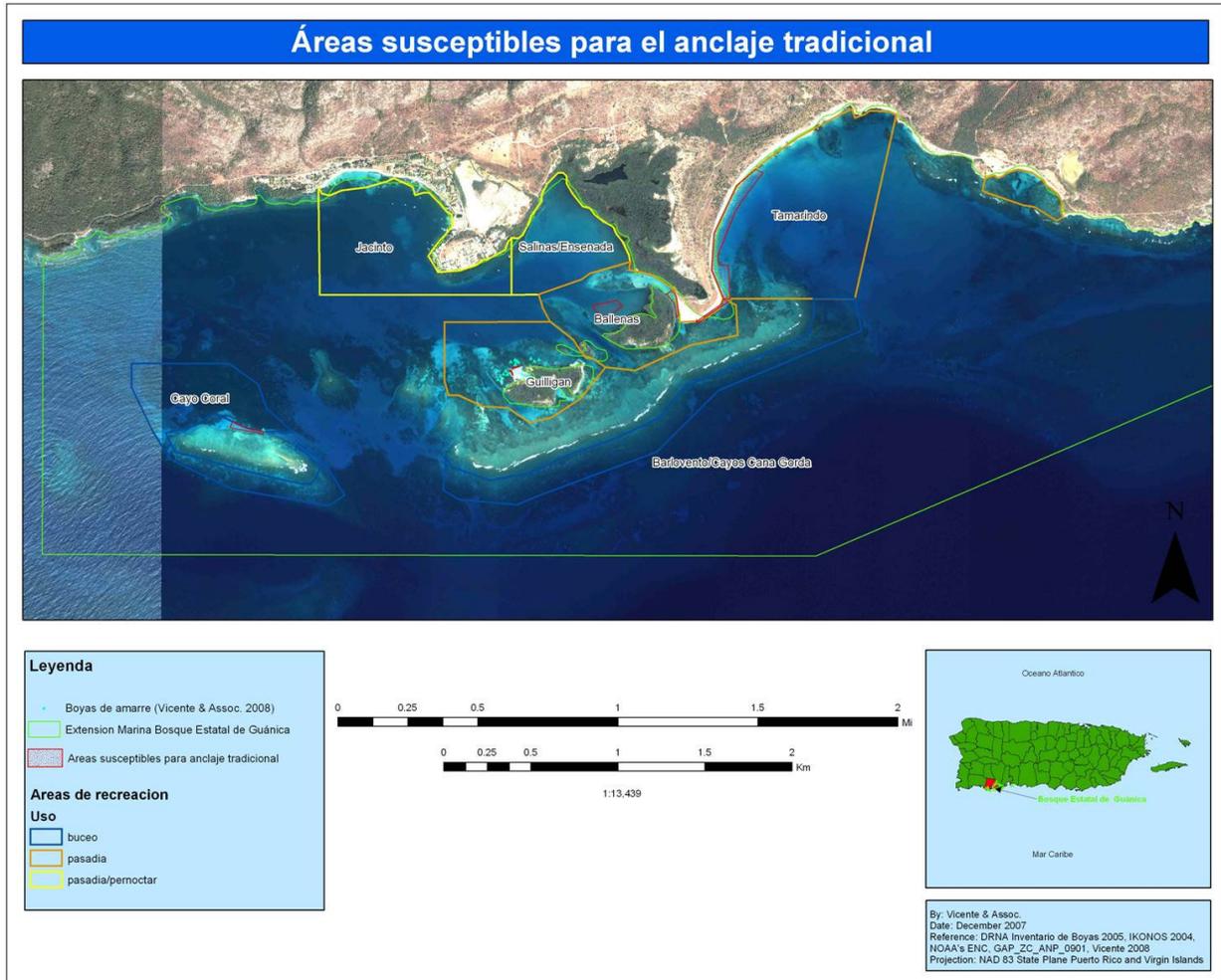
Es bien importante mencionar que aunque se hayan identificado áreas susceptibles para el anclaje seguro por métodos tradicionales, estas áreas no están denudadas completamente de hierbas marinas y/o corales y gorgonios (0-30% de cobertura). Además, la gran mayoría de las áreas susceptibles identificadas y delineadas están rodeadas por hábitats críticos y sensitivos. Por esta razón, estas áreas no ofrecerán efectivamente su rol como amortiguador de impactos relacionados a los usos recreacionales si no se acompaña con un sistema de boyas de amarre. Igualmente, las áreas susceptibles para el anclaje seguro deben estar bien delimitadas y marcadas en el campo ya sea con boyas, carteles o cualquier otro tipo de señales. Al mismo tiempo, mapas y otro tipo de documentos que indiquen el propósito y localización de estas áreas de anclaje y las boyas de amarre debe estar presente en cada una de las marinas y rampas públicas o privadas.

Por ultimo, se debe hacer cumplir efectivamente el uso de las áreas de anclaje y boyas de amarre para garantizar que estos métodos de manejo funcionen y puedan ser viables. Además, el mantenimiento de las boyas que demarquen las áreas de anclaje y boyas de amarre es vital para que el uso de estas áreas sea duradero, efectivo y se pueda cambiar el “status quo” de los impactos interconectados al uso de botes de recreación.

**Mapa 2.** Distribución de las áreas susceptibles para el anclaje seguro por métodos tradicionales en cada una de las zonas de recreación identificadas en la Reserva Natural La Parguera.



**Mapa 3.** Distribución de las áreas susceptibles para el anclaje seguro por métodos tradicionales en cada una de las zonas de recreación identificadas en la Reserva Natural La Parguera.



**Mapa 4.** Distribución de las áreas susceptibles para el anclaje seguro por métodos tradicionales en cada una de las zonas de recreación identificadas en la Reserva de Caja de Muertos.

