



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

MAESTRÍA EN CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD

Disponibilidad y uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus manatus*) en República Dominicana como herramienta para la creación y gestión de áreas protegidas costero-marinas importantes para su conservación

Tesis para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires
en Conservación de la Biodiversidad

LIC. VALERIA PAULA HERRERA

Director de tesis: Dra. Anmari Alvarez-Alemán

Codirector: Dr. Nicolás Alejandro Lois.

Lugar de trabajo: Fundación Dominicana de Estudios Marinos (FUNDEMAR),
Clearwater Marine Aquarium Research Institute, Sirenian Specialist Group. SSC-IUCN.

Fecha de Presentación: Julio 2024

Fecha de Defensa: 26 de Noviembre de 2024

Índice

1-Resumen.....	3
2-Abstract	4
3- Introducción	5
4- Objetivos.....	10
4.1. Objetivo general.....	10
4.2. Objetivos específicos	10
5- Metodología	10
5.1. Área de Estudio	10
5.2. Recopilación de Datos	12
5.3. Definición de Criterios de Mapeo.....	14
5.4. Preparación de Capas Espaciales.....	18
5.5. Análisis Espacial.....	19
5.6. Identificación y Clasificación de los Hábitats	22
5.7. Caracterización de los Hábitats	25
6- Resultados	26
6.1. Capas Resultantes.....	26
6.2. Mapas Resultantes	33
7- Discusión	52
8- Conclusiones y Recomendaciones Finales	58
9- Perspectivas de Investigación a Futuro	60
10- Bibliografía	61
11- Glosario	66

1-Resumen

El presente trabajo aborda la identificación y clasificación de hábitats costeros prioritarios para la conservación del manatí del Gran Caribe (*Trichechus manatus manatus*) en la República Dominicana, una especie catalogada como En Peligro Crítico en el país. Ante la crisis global de biodiversidad es urgente contar con información espacial detallada sobre la distribución y disponibilidad de hábitats esenciales para esta subespecie, considerando la creciente presión antrópica y los vacíos de conservación existentes. El objetivo principal fue evaluar la aptitud de los hábitats a través de un enfoque geoespacial basado en herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se definieron y clasificaron categorías de hábitats según la convergencia de recursos esenciales (alimentación, refugio y agua dulce) y su grado de protección. Los métodos incluyeron el análisis de datos geoespaciales, registros históricos de presencia de manatíes y la aplicación de criterios ecológicos, permitiendo identificar áreas prioritarias en función de su aptitud ecológica.

Los resultados identificaron 90 km² de hábitat óptimo (áreas donde convergen los recursos esenciales para la especie), distribuidos de forma heterogénea en 1739 parches a lo largo de la costa marina dominicana. Del total de parches, el 89% presentan presencia confirmada de manatíes, y el 41% (36.97 km²) se encuentran fuera del sistema nacional de áreas protegidas, evidenciando vacíos críticos de conservación. Además, más del 60% de los hábitats óptimos confirmados dentro de áreas protegidas están sujetos a regímenes de protección menos estrictos, lo que comprometería la efectividad de las estrategias actuales de manejo. Esto podría reflejar una brecha en la efectividad de las medidas de protección, sugiriendo que podrían no ser suficiente para garantizar la supervivencia de la especie, así como la adecuada preservación adecuada de sus hábitats.

En conclusión, este estudio destaca la importancia de implementar acciones concretas para la protección de los hábitats prioritarios identificados especialmente aquellos fuera de las áreas protegidas. También se recomienda la validación en campo de los hábitats óptimos y futuras investigaciones que integren variables antrópicas como la actividad náutica, pesquera y el desarrollo costero, con el fin de desarrollar estrategias de conservación más efectivas y basadas en evidencia.

Habitat Availability and Use of the Caribbean Manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Dominican Republic as a Tool for the Creation and Management of Coastal-Marine Protected Areas Important for Its Conservation

2-Abstract

This study addresses the identification and classification of priority coastal habitats for the conservation of the Greater Caribbean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Dominican Republic, a species classified as Critically Endangered in the country. Given the global biodiversity crisis, it is urgent to obtain detailed spatial information on the distribution and availability of essential habitats for this subspecies, considering increasing anthropogenic pressures and existing conservation gaps. The main objective was to assess habitat suitability using a geospatial approach based on Geographic Information System (GIS) tools. Habitat categories were defined and classified according to the convergence of essential resources (foraging, shelter, and freshwater) and their level of protection. The methodology included geospatial data analysis, historical manatee occurrence records, and the application of ecological criteria, allowing the identification of priority areas based on their ecological suitability.

The results identified 90 km² of optimal habitat (areas where essential resources for the species converge), heterogeneously distributed in 1,739 patches along the Dominican marine coastline. Of the total patches, 89% show confirmed manatee presence, and 41% (36.97 km²) are located outside the national protected areas system, revealing critical conservation gaps. Additionally, more than 60% of confirmed optimal habitats within protected areas are subject to less strict protection regimes, potentially compromising the effectiveness of current management strategies. This could indicate a gap in the effectiveness of protection measures, suggesting that they may not be sufficient to ensure the species' survival and the adequate preservation of its habitats.

In conclusion, this study highlights the importance of implementing concrete actions for the protection of the identified priority habitats, especially those outside protected areas. Field validation of optimal habitats is recommended, as well as future research integrating anthropogenic variables such as boating activity, fishing, and coastal development, to develop more effective and evidence-based conservation strategies.

3- Introducción

Nuestro planeta está perdiendo biodiversidad debido a la creciente población humana que está perpetuando el uso no sostenible de los recursos naturales (Wilson, 2016). Las tasas actuales de extinción de especies son significativamente más altas que la tasa de extinción basal reportada en la historia de nuestro planeta (Ceballos et al. 2015). Las estimaciones revelan una pérdida excepcionalmente rápida de la biodiversidad en los últimos siglos, lo que indica que ya está en marcha una sexta extinción masiva (Ceballos et al. 2020; Dirzo et al. 2022). A nivel global, la biota se encuentra bajo diversas amenazas que ponen en peligro su supervivencia, principalmente la pérdida y degradación acelerada del hábitat como consecuencia de las acciones antrópicas no sostenibles. En particular, la megafauna sufre diversas presiones, lo que la lleva a tener una probabilidad hasta 2,75 veces mayor de estar amenazada de extinción que otras especies de vertebrados, particularmente por la explotación directa para el consumo humano (Ripple et al. 2019). Incluso hoy con este escenario, aún es posible disminuir el deterioro drástico del ambiente y la subsiguiente pérdida de servicios ecosistémicos mediante una consciente intensificación de los esfuerzos de conservación.

Los manatíes pertenecen al orden Sirenia, únicos mamíferos marinos con una dieta principalmente herbívora y restringidos a un hábitat tropical y subtropical. Existen cuatro especies en el orden Sirenia: el dugongo (*Dugong dugon*) y tres especies de manatíes (*Trichechus* spp). El dugongo pertenece a la familia Dugongidae y habita aguas costeras tropicales y subtropicales en los océanos Índico y Pacífico occidental. Los manatíes, dentro de la familia Trichechidae, se encuentran distribuidos en el continente africano y americano (Figura 1). Según una publicación reciente que estandariza los nombres vernáculos de las diversas especies y subespecies de manatíes (Mignucci-Giannoni et al., 2024), en este trabajo se adoptará dicha nomenclatura para referirse a las mismas. El manatí Africano (*T. senegalensis*) se halla en hábitats marino-costeros y dulceacuícolas de África occidental tropical. El manatí Amazónico (*Trichechus inunguis*) se encuentra únicamente en agua dulce en el sistema de la cuenca del río Amazonas. Por último, el manatí de las Américas (*T. manatus* Linnaeus, 1758) es el más ampliamente distribuido de los tres (Lefebvre, 2001). Su área de distribución abarca desde la región media atlántica de los Estados

Unidos, a través del Caribe y el Golfo de México, hasta las costas de Centroamérica y norte de Sudamérica. Para esta especie se han determinado dos subespecies, apoyadas fundamentalmente en diferencias en caracteres morfológicos del cráneo: el manatí del Gran Caribe (*T. m. manatus*) y el manatí de la Florida (*T. m. latirostris* Powell, 2002) (Domning y Hayek, 1986; Hoson et al. 2012).

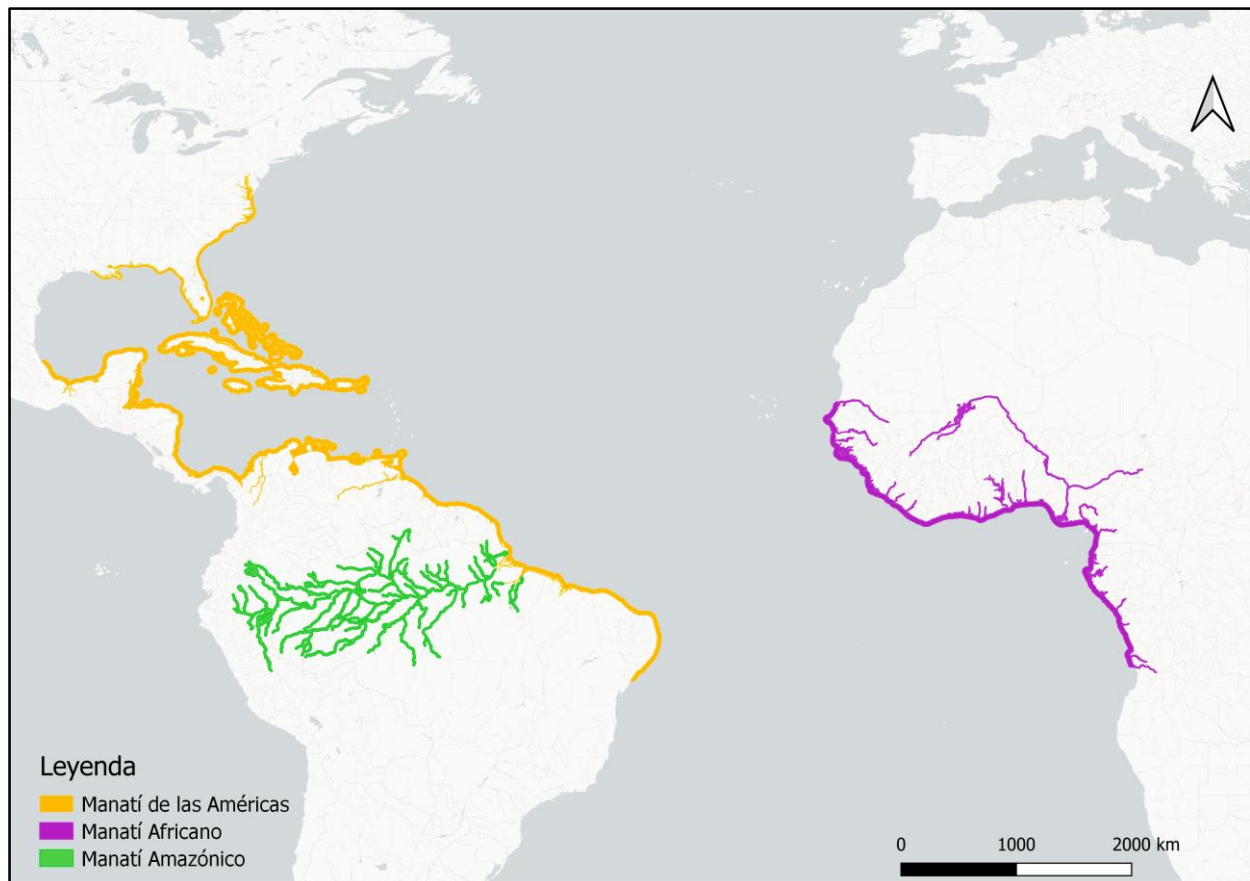


Figura 1. Mapa global con la distribución geográfica de las tres especies de manatíes: Manatí de las Américas (UICN, 2008 a), Manatí Amazónico (UICN, 2016) y Manatí Africano (UICN, 2015).

Los manatíes se caracterizan por una serie de adaptaciones particulares que los hacen dependientes del uso de una gran variedad de ambientes y recursos. Viven en sistemas marinos, estuarinos y dulceacuícolas, alternando entre los tres ambientes (Lefebvre et al. 2001). Su fisiología revela adaptaciones específicas para habitar en entornos marinos, permitiéndoles concentrar las sales en la orina y minimizar la ingesta de agua salobre en estas condiciones (Hill et al. 1989; Maluf, 1989). Aunque los manatíes pueden tolerar una amplia gama de salinidades,

seleccionan hábitats donde el estrés osmótico sea mínimo o donde haya agua dulce disponible periódicamente para beber. A su vez, estos animales tienen capacidad para la flexibilidad en la búsqueda de alimento. Si bien se caracterizan por tener una dieta principalmente herbívora, la bibliografía revela también hábitos de alimentación oportunistas. Por ejemplo, manatíes africanos se ha reportado que pueden consumir el 50% de su dieta en moluscos y peces (Keith-Diagne, 2014) y manatíes del Gran Caribe han sido documentados consumiendo peces durante sequías en Colombia (Caicedo-Herrera et al. 2020). Algunos autores los clasifican como herbívoros generalistas por la amplia variedad de plantas acuáticas de agua dulce, marinas e incluso terrestres que consumen (Lefebvre, 2001; Lefebvre et al. 2000). Si bien se ha reportado que los manatíes de hábitos marino-costeros pueden alimentarse de más de 60 especies de plantas marinas y dulceacuícolas (Hurst y Beck, 1988), parecen tener preferencias alimentarias sobre especies sumergidas (Reynolds III, 1981), en particular aquellas que conforman praderas marinas en zonas poco profundas de las costas (Allen et al. 2018), sistemas compuestos principalmente por una amplia diversidad de angiospermas (Álvarez-Alemán, 2010; Castelblanco-Martínez et al. 2009; Flores-Cascante, 2009; Lefebvre et al., 2000; Mignucci-Giannoni y Beck, 1998). En muchos países dentro del área de distribución del manatí, los pastos marinos pueden ser su recurso alimentario más estable y disponible durante todo el año, mientras que la vegetación de agua dulce puede ser más efímera. Entre los distintos hábitos de forrajeo de los manatíes, el submarino tiene un impacto positivo en la biodiversidad de especies de los lechos de pastos marinos y un efecto positivo en la estructura y dinámica de estas comunidades (Lefebvre et al. 2017; Packard, 1984), lo cual hace cobrar una mayor relevancia al manatí por su rol en este ecosistema como gran herbívoro.

El manatí del Gran Caribe, la única subespecie del orden que habita en la República Dominicana, ha tenido históricamente una distribución amplia a lo largo de toda la costa del territorio nacional. Aunque las poblaciones han experimentado una notable reducción en su abundancia debido a diversas amenazas (Domínguez-Tejo, 2016; UNEP, 2010; Belitsky y Belitsky, 1980), su distribución histórica persiste a la fecha. Actualmente la subespecie se clasifica como En Peligro en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2024; Morales-

Vela, 2024, UICN, 2008 b; Self-Sullivan et al. 2008), en gran parte como resultado de la caza descontrolada en toda la Región del Gran Caribe que llevó a que las poblaciones remanentes sean pequeñas y estén en declive. Belitsky y Belitsky (1980) atribuyeron la reducción de esta población a la presión por caza, pero además a la degradación del hábitat por el desarrollo de la tierra. Debido a su situación vulnerable existen convenios internacionales y legislaciones locales que influyen en la protección del manatí del Gran Caribe. En la República Dominicana la especie se encuentra protegida y fue prohibida su caza y comercialización por Ley n° 5914 del año 1962. En la Lista Roja de especies amenazadas de la República Dominicana de 2011, la especie fue categorizada como En Peligro Crítico (MMARENA, 2011) y fue incluida en el Apéndice I de CITES en 1987, acuerdo que el país ratificó. En 2018, se revisó su categoría y se reafirmó su clasificación como En Peligro Crítico, consolidando su estatus de vulnerabilidad (MMARENA, 2018).

A pesar de que la caza y la pesca incidental han sido descriptas como las mayores amenazas para el manatí del Gran Caribe en la isla de La Española, que incluye a la República Dominicana y a Haití (UNEP, 2010), los manatíes también están sujetos a otros tipos de amenazas vinculadas a las actividades antrópicas. Según Domínguez-Tejo (2021), las amenazas más comúnmente reportadas para la especie en la isla incluyen, las colisiones y la perturbación causadas por embarcaciones, la contaminación, y la degradación y destrucción del hábitat. El desarrollo costero y urbano creciente en la zona impacta en la degradación del hábitat y en factores abióticos como la temperatura, la proximidad y el acceso limitado a fuentes de agua dulce, que pueden afectar el uso de sitios con vegetación acuática disponible (Lefebvre et al. 2000). Incluso se ha observado que cambios en los ecotonos de arrecifes, pastos marinos y manglares en las costas norte de la República Dominicana están más estrechamente relacionados con la pesca, el turismo y las prácticas de uso de la tierra que con el calentamiento global (Stoffle et al. 1994). Las áreas de alimentación se han visto afectadas por los impactos relacionados a la actividad antrópica, que se han concentrado a lo largo de las costas marinas y los ríos, llevando a la disminución de la cobertura de lechos de pastos marinos en algunas regiones (Lefebvre 2001).

Las mencionadas modificaciones y perturbaciones de los ecosistemas pueden afectar la distribución y disponibilidad de hábitats para el manatí del Gran Caribe debido a su sensibilidad. Es por eso que estudiar su nicho ecológico reviste un gran interés a la hora de buscar generar mecanismos efectivos para su conservación. En este sentido, conocer ese espacio multidimensional de recursos y dimensiones que satisface sus requerimientos mínimos (Begon et al. 2006) es una herramienta sumamente útil que puede explicar cuáles son las variables ambientales que más afectan su distribución, y en consecuencia describir cuál es la disponibilidad de hábitat potencial óptimo para la especie (Whittaker, 1975). A través del uso y análisis de datos geospaciales y conocimiento disponible sobre esta especie en el país es posible determinar la ocurrencia o disponibilidad de hábitats adecuados.

En el ámbito de la conservación, la biología de la conservación busca mitigar la pérdida de biodiversidad, preservando los hábitats, las poblaciones y su diversidad genética, así como los servicios ecosistémicos que estos sostienen (Soulé, 1986). En este marco, el análisis de vacíos se presenta como una herramienta clave para identificar componentes de la biodiversidad (i.e., especies, ecosistemas y procesos ecológicos) que aún carecen de una protección adecuada dentro de las redes de áreas protegidas o de otras estrategias de conservación (Dudley y Parrish, 2006). Esto implica analizar detalladamente la correspondencia entre los hábitats potenciales idóneos para una especie y su inclusión dentro del sistema de áreas protegidas existentes, con el objetivo de identificar brechas o "vacíos de conservación" que puedan comprometer la protección efectiva de la biodiversidad (Domínguez, 2008; Dudley y Parrish 2006). Los resultados de este análisis, que incluyen la identificación de áreas críticas no protegidas, pueden ser aplicados para rediseñar los límites de las áreas protegidas existentes o para establecer nuevas áreas que aseguren la protección y viabilidad a largo plazo de las especies y sus hábitats. Así mismo, la revisión de la efectividad y pertinencia de la categorización de las áreas protegidas es esencial para asegurar que los esfuerzos de conservación sean óptimos y se alineen con las necesidades reales de los objetos que se desean preservar. En consecuencia, evaluar la efectividad de la designación y manejo de las áreas protegidas podría ayudar a identificar posibles brechas o deficiencias en el diseño y la gestión de ellas (Hockings et al. 2006). Con base en el contexto planteado,

se busca en este trabajo diseñar y documentar un flujo de trabajo para la evaluación de áreas importantes para la conservación del manatí del Gran Caribe en la República Dominicana.

4- Objetivos

4.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es generar una clasificación de aptitud de hábitats para el manatí del Gran Caribe, a través de la identificación de áreas prioritarias y aportar recomendaciones basadas en evidencia para su conservación en la República Dominicana.

4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico 1: identificar aquellos hábitats marino-costeros que cumplen con los requerimientos ecológicos esenciales (*i.e.* hábitat óptimo), definir cuáles de ellos tienen uso confirmado por la especie (*i.e.* hábitat óptimo confirmado) y cuales no (*i.e.* hábitat óptimo no confirmado).

Objetivo específico 2: Describir el estado y grado de protección de los hábitats óptimos.

Objetivo específico 3: Generar una serie de recomendaciones para la creación y/o recategorización de áreas protegidas de importancia para la conservación de la especie en República Dominicana a partir de los resultados obtenidos en el proceso de este trabajo.

5- Metodología

5.1. Área de Estudio

La República Dominicana se encuentra en la parte oriental de la isla La Española, la segunda isla más grande de las Antillas, compartiendo su territorio con la República de Haití (Figura 2). El país ocupa una extensa área geográfica con una

superficie territorial total de 48,198 km², incluyendo las islas circundantes, lo que equivale aproximadamente a dos tercios de la isla de La Española. Cuenta con 1,575 kilómetros de costa, de los cuales 166 kilómetros, alrededor del 11%, están formados por arrecifes de coral y ejerce jurisdicción sobre aguas marinas en un rango de hasta 200 millas.

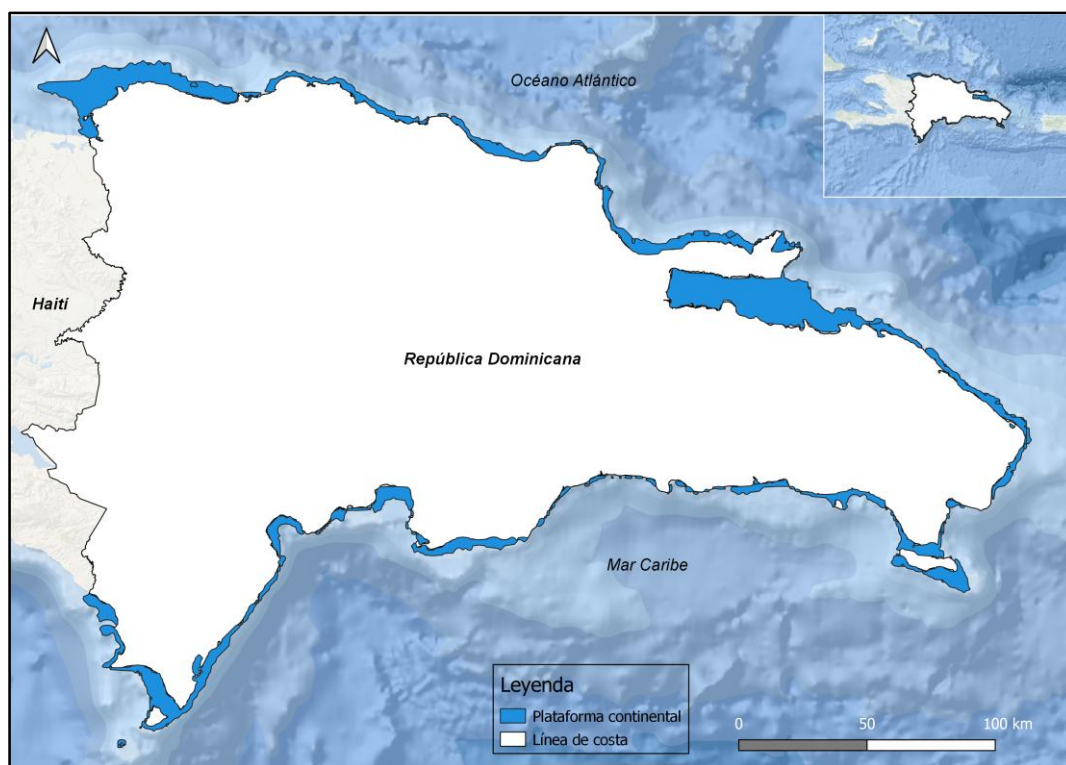


Figura 2. Mapa de la República Dominicana, ubicada en la isla La Española, Antillas Mayores, Región Gran Caribe. La plataforma continental resaltada corresponde al área de estudio.

La República Dominicana se caracteriza por su clima tropical cálido y generalmente húmedo, con temperaturas altas durante todo el año y una temperatura media anual de aproximadamente 25 °C, sin variaciones significativas entre estaciones. La presencia de numerosas montañas y cordilleras contribuye a una diversidad de climas y microclimas a lo largo del territorio insular (MEPyD, 2018).

Aunque no se distinguen estaciones como el verano y el invierno, el clima dominicano está marcado por dos estaciones bien definidas, influenciadas por los vientos alisios y las corrientes marinas: una temporada lluviosa, que abarca de abril a octubre e incluye la temporada ciclónica (de agosto a octubre), y una temporada

seca, que se extiende de noviembre a marzo (MEPyD, 2018). Las lluvias son relativamente abundantes y alcanzan un promedio anual de 1,500 milímetros, aunque su distribución es desigual en el territorio. Las precipitaciones tienden a disminuir de norte a sur y de este a oeste. Los meses de mayor pluviosidad son mayo, coincidiendo con el inicio de la temporada lluviosa, mientras que marzo se registra como el mes más seco del año (MEPyD, 2018; MMARENA, 2012).

El país cuenta con una compleja red hidrográfica influenciada por su variada orografía. Los ríos dominicanos son esenciales para diversas actividades económicas y el abastecimiento de agua. Sin embargo, presentan variaciones significativas en su caudal, con disminuciones notables durante la época seca y aumentos durante períodos de lluvias intensas (MEPyD, 2018).

Además, posee ecosistemas clave como los manglares, que desempeñan un papel fundamental en la regulación de los recursos hídricos y el mantenimiento de la biodiversidad costera. Estos sistemas de humedales naturales están bien representados en la República Dominicana, ocupando extensas áreas en diversas regiones costeras que alcanzan a ocupar 294 km² de territorio marino-costero (MMARENA, 2012).

5.2. Recopilación de Datos

Para conocer y clasificar la disponibilidad de hábitats adecuados para el manatí del Gran Caribe se identificaron unidades homogéneas, entendidas en este trabajo como áreas o regiones que exhiben similitudes cualitativas significativas en términos de características ambientales y biológicas, con el fin de alcanzar una regionalización del territorio marino-costero según los objetivos planteados. Para iniciar este proceso y con el propósito de identificar los recursos esenciales que satisfacen los requerimientos de la especie en estudio (*T. manatus*), se llevó a cabo una exhaustiva revisión de la información bibliográfica disponible. A partir de ello se determinaron las variables de delimitación, es decir aquellas variables ambientales y biológicas fundamentales para la clasificación de las unidades homogéneas (*i.e.* profundidad del agua, praderas marinas, fuentes de agua dulce y manglares). Se utilizó el enfoque de superposición mapas temáticos, un abordaje

simple y efectivo para la regionalización y clasificación de unidades homogéneas (Kandus et al. 2007; Pérez-Chacón, 2005; García-Gómez, et al. 2003; Kandus, 1997; Gallopín, 1996).

La recopilación de datos espaciales consistió en la búsqueda, análisis y selección de capas vectoriales en formato Shapefile (.shp) y capas raster en formato TIF (.tif) de las características del ambiente marino relevantes para la especie, registros de presencia y áreas protegidas (Tabla 1). Se incluyeron datos generados y provistos por la organización The Nature Conservancy (TNC), la Fundación Dominicana de Estudios Marinos (FUNDEMAR), recursos en línea como The World Database on Protected Areas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Los registros de presencia de manatíes fueron tomados de Domínguez-Tejo (2016), quien realizó una revisión sistemática de archivos documentales en La Española, incluyendo registros escritos, tabulados, mapeados y fotográficos. Los datos corresponden al período moderno (1900-2013), con el 92 % de los registros concentrados en tres décadas clave: 1970, 1990 y 2000, siendo esta última la más representativa (51 %), coincidiendo con un incremento en los estudios sobre la especie. Si bien las bases de datos obtuvieron altos puntajes en confiabilidad temporal, presentaron limitaciones en la precisión de ubicación y evidencia, ya que muchos registros carecían de coordenadas geográficas y fueron generados de manera oportunista. A su vez, para el presente trabajo, estos datos fueron levantados a partir de documentos cartográficos en formato PDF para luego ser georreferenciados y digitalizados en formato Shapefile en QGIS (versión 3.34).

Tabla 1. Detalle de las capas de datos geoespaciales seleccionadas.

Nombre de la Capa	Fuente y/o Referencia Bibliográfica	Tipo de Datos	Fecha de publicación de los datos	Descripción Breve
Batimetría	Fuente: División del Caribe, TNC, (Li, 2021).	Raster	Año 2021	Muestra la profundidad del lecho marino entre 0 y 30 m.
Manglares	Fuente: FUNDEMAR. Datos generados por distintas instituciones para el Proyecto Caribbean Large Marine Ecosystem, UNESCO-TNC, 2013.	Shapefile	Año 2013	Identifica la ubicación de los manglares en el área de estudio.

Praderas Marinas	Fuente: División del Caribe, TNC, (Schill, 2021).	Shapefile	Año 2021	Indica la presencia de praderas marinas en aguas costeras.
Ríos Permanentes	Fuente: FUNDEMAR. Autor original desconocido.	Shapefile	Desconocido	Representa la red de ríos permanentes en la región.
Lagunas Costeras y Estuarios	Fuente: División del Caribe, TNC.	Shapefile	Año 2012	Muestra la ubicación de lagunas costeras y estuarios en la zona.
Registros de Manatíes	Fuente: Datos tomados de Domínguez-Tejo, 2016.	Shapefile	Año 2016	Muestra la ubicación de los registros de manatíes para toda la isla.
Áreas protegidas	Fuente: Protected Plated web site, (UNEP-WCMC and UICN, 2023).	Shapefile	Año 2023	Muestra la ubicación de las áreas protegidas de todo el país.

5.3. Definición de Criterios de Mapeo

Para la obtención de los mapas categorizados según la aptitud del hábitat, se realizó el proceso de selección de criterios sobre las variables de delimitación. Con el propósito de alcanzar este objetivo, se llevó a cabo una nueva revisión bibliográfica esta vez para la subespecie de estudio (*Trichechus manatus manatus*). En este procedimiento se consideró que distintas poblaciones pertenecientes a distintas áreas geográficas, presentan comportamientos y hacen uso del ambiente de manera disímil. Por este motivo, se descartó la subespecie de la Florida como modelo. A pesar de ser la misma especie y ser la más estudiada y referenciada, exhiben diferencias notables en términos de uso de hábitat y comportamiento. Esto se debe a que, a diferencia de las poblaciones de República Dominicana, se han observado cambios estacionales en su distribución y abundancia a lo largo del año (Lefebvre, 2001), entre otras diferencias. Por otra parte, distintas poblaciones del manatí del Gran Caribe ocurren en la región tropical de las Antillas Mayores como son las que habitan en Jamaica, Cuba y Puerto Rico (Collazo et al. 2019; Lefebvre et al. 2000) las cuales podrían exhibir patrones comportamentales asociados al uso del hábitat semejantes a los de las poblaciones de República Dominicana.

Luego de esta nueva revisión de la bibliografía enfocada en estas poblaciones de manatíes tropicales e insulares, podemos decir que el modelo que mejor se ajustaría,

y en consecuencia el seleccionado para este trabajo, es el que se corresponde con las poblaciones de Puerto Rico (Tabla 2). A modo de resumen, las características principales observadas en estas poblaciones responden a ausencia de migraciones estacionales, rango de uso del hábitat muy acotado, movimientos diarios dentro y entre áreas centrales de uso pequeñas y con alta fidelidad. Generalmente pasan la mayor parte del tiempo en zonas de alimento y refugio y se trasladan para buscar fuentes de agua dulce a pocos kilómetros. Son individuos que no navegan largas distancias, permanecen principalmente cerca de la costa y se alimentan, fundamentalmente, de praderas marinas en aguas poco profundas (Marsh, 2022; Drew, et. al. 2012).

Tabla 2. Principales características biológicas, ecológicas y comportamentales de las poblaciones de manatíes de Puerto Rico (Adaptado de Drew, et. al. 2012, Marsh, 2022).

Característica	Descripción
Áreas de Alimentación, Reproducción y Refugio	Prefiere áreas con praderas marinas, hierbas acuáticas y bosques de mangle. Aguas cálidas y someras, como estuarios y zonas costeras de agua calma.
Áreas de Uso Diario	Áreas centrales pequeñas, ocurren donde convergen sus recursos esenciales.
Dispersión y Movimientos	No realizan movimientos estacionales ni cambios de distribución importantes. Principalmente movimientos lentos ($< 0,2$ km/h) dentro de sus áreas centrales. Distancia de Dispersión Diaria (DDD): 5 km principalmente para búsqueda de agua dulce.
Profundidad del Agua	Se encuentran usualmente en un rango de profundidades entre 0 y 13 metros. Durante el atardecer y noche mayormente en un promedio de 1,5 m. Y durante el día a 2,5 m promedio. Mayor parte del día a menos de 5m. Uso de aguas profundas para trasladarse entre áreas centrales.
Distancia a la Costa	Permanecen a menos de 275 metros de la costa.

Consecuentemente, y a fin de estandarizar estos parámetros para el presente estudio, en la Tabla 3 se definen los criterios para las variables de delimitación.

Tabla 3. Variables de delimitación, atributos y criterios definidos para alcanzar la determinación de unidades homogéneas de conservación vinculados al hábitat óptimo.

Variables de Delimitación	Atributos	Definición de los criterios
Praderas marinas	Alimento	Presencia de praderas marinas a menos de 15 m de profundidad.
Manglares	Refugio y alimento	Presencia de manglares y área de influencia (buffer) de 1 km desde el polígono.
Fuentes de agua dulce	Hidratación	Presencia de fuentes de agua y área de influencia (buffer) de 5 km desde el polígono.
Profundidad del agua (Batimetría)	Comportamiento	Presencia de profundidades de agua de 0 a 15 m (apto) y de 0 a 5 m (óptimo).

El buffer de 1 km se incorporó a la capa de manglares para representar un área mínima de uso alrededor de los manglares. El buffer se 5 km definido para las fuentes de agua dulce se debió a distancia de dispersión diaria observada y citada para la población modelo de Puerto Rico (Drew, et. al. 2012).

Con el objetivo de identificar unidades homogéneas, fue necesario definir criterios específicos tanto para los hábitats con uso confirmado como para aquellos no confirmados por la especie, así como para su representación dentro del sistema nacional de áreas protegidas. Para el caso de los registros de manatíes se consideró como “presencia” a todo punto contenido en un buffer de hasta 5 km de radio, desde el punto georreferenciado original, basado en la distancia de dispersión diaria documentada para la población modelo de Puerto Rico (Drew, et. al. 2012). Para el caso de las áreas protegidas costero marinas, se incluyeron tanto los hábitats confirmados como los no confirmados contenidos dentro de la jurisdicción de dichas áreas (Tabla 4).

Tabla 4. Variables de delimitación y criterios definidos para alcanzar la determinación de unidades homogéneas de conservación vinculadas al hábitat óptimo confirmado (HOC) y no confirmado (HONC).

Variables de Delimitación	Atributos	Definición de los criterios
Registro de Manatíes	Uso de Hábitat	Presencia de manatíes en hasta 5 km (buffer) del punto de registro.
Áreas Protegidas Costero Marinas	Protección	Presencia de HOC y HONC dentro de los límites de un AP.

Con el fin de analizar la adecuación funcional de las categorías de protección para el manatí del Gran Caribe, se determinaron nuevas unidades homogéneas a partir del hábitat protegido confirmado como el no confirmado. Primero se debió reclasificar las áreas protegidas en función del grado de su protección. Basándose en las seis categorías de protección definidas por la UICN (Dudley, 2008), las áreas con categorías I, II y III se consideraron de protección "Más Estricta" por implicar objetivos de conservación más rigurosos. Las áreas con categorías IV, V y VI se consideraron de protección "Menos Estricta" por conllevar objetivos de conservación con apertura a una mayor intervención a las actividades antropogénicas.

La siguiente tabla resume esta reclasificación:

Tabla 5. Reclasificación de las áreas protegidas.

Categoría de Protección (UICN)	Objetivos de Protección	Reclasificación
I – Reserva Natural Estricta y Área Silvestre	Área protegida gestionada principalmente con fines científicos o para la protección de la vida silvestre.	Protección Más Estricta
II – Parque Nacional	Área protegida manejada principalmente para la protección de ecosistemas y recreación.	
III – Monumento o Característica Natural	Área protegida gestionada principalmente para la conservación de características naturales específicas.	
IV – Áreas de Gestión de Hábitats/Especies	Área protegida gestionada principalmente para la conservación mediante intervenciones de gestión.	Protección Menos Estricta
V – Paisaje Terrestre/Marino Protegido	Área protegida gestionada principalmente para la conservación o recreación del paisaje marino o paisajístico.	
VI – Área Protegida con Uso Sostenible de los Recursos Naturales	Área protegida gestionada principalmente para el uso sostenible de los recursos naturales.	

5.4. Preparación de Capas Espaciales

Para que los datos geográficos crudos sean útiles y aplicables a los objetivos de conservación, fue necesario someterlos a una serie de transformaciones y recodificaciones. Todos los procesos fueron documentados para garantizar la transparencia y la replicabilidad del estudio. Se realizó la verificación de las proyecciones y georreferenciación de las diferentes capas y sus sistemas de referencia espacial (SRC). Se poligonizaron las capas ráster y se removieron los elementos geográficos no relevantes en los objetivos del proyecto, como elementos del paisaje terrestres alejados de la costa, lagunas sin conexión directa al mar y áreas protegidas no costeras. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de recodificación de las capas o mapas temáticos originales (Tabla 6).

Tabla 6. Recodificación de Capas de Datos Geoespaciales.

Nombre de la Capa	Variable Recodificada	Nuevo Valor	Descripción de la Recodificación
Batimetría	Profundidad Baja	1	Lecho marino con profundidad menor a 5 metros.
Batimetría	Profundidad Media	2	Lecho marino con profundidad entre 5 y 15 metros.
Batimetría	Profundidad Alta	3	Lecho marino con profundidad entre 15 y 30 metros.
Manglares	Manglares Presentes	1	Áreas con manglares presentes.
Manglares	Manglares Ausentes	0	Áreas sin manglares.
Praderas Marinas	Praderas Presentes	1	Áreas con praderas marinas presentes.
Praderas Marinas	Praderas Ausentes	0	Áreas sin praderas marinas.
Ríos Permanentes	Ríos Presentes	1	Ríos permanentes presentes.
Ríos Permanentes	Ríos Ausentes	0	Ausencia de ríos permanentes.
Lagunas Costeras	Lagunas Presentes	1	Áreas con lagunas costeras presentes.
Lagunas Costeras	Lagunas Ausentes	0	Áreas sin lagunas costeras.
Estuarios	Estuarios Presentes	1	Áreas con estuarios presentes.
Estuarios	Estuarios Ausentes	0	Áreas sin estuarios.
Registro de Manatíes	Registros Presentes	1	Áreas con registros de manatíes.
Registro de Manatíes	Registros Ausentes	0	Áreas sin registros de manatíes.

Áreas Protegidas	Áreas Protegidas Presentes	1	Áreas protegidas presentes.
Áreas Protegidas	Áreas Protegidas Ausentes	0	Áreas protegidas ausentes.

Como resultado de este proceso se obtuvieron los mapas temáticos recodificados correspondiente a cada una de las variables de delimitación seleccionadas, que fueron empleados para la determinación de los hábitats de interés.

5.5. Análisis Espacial

Como siguiente paso para alcanzar la identificación de unidades homogéneas de conservación, a partir de las capas de datos geoespaciales y con la implementación del programa QGIS (QGIS, 2022), se procedió a construir los diferentes mapas temáticos finales. Se utilizaron las herramientas de análisis espacial “intersección” o “unión” según fuese oportuno, para superponer los mapas temáticos recodificados. El proceso de superponer las capas se realizó de a pares tantas veces como fue necesario para dar lugar a la obtención de los mapas temáticos finales.

En el caso particular de las fuentes de agua dulce se utilizó una combinación de capas de datos geoespaciales para su generación. Se definieron criterios y recodificaciones particulares (Tabla 7). Cabe destacar que fue necesaria la construcción de dicha capa debido a que no existen datos disponibles que contengan la información necesaria en su conjunto. La finalidad de este proceso fue identificar y cartografiar las áreas con fuentes de agua dulce utilizables por los manatíes. Los elementos considerados fueron los puntos de desembocadura de los ríos permanentes, lagunas costeras con acceso al mar y estuarios. Debido a la falta de información sobre la metodología empleada por el autor de los datos de Ríos permanentes, se llevó a cabo una revisión minuciosa de la red hidrológica en colaboración con expertos para validar los datos antes de proceder con su utilización. La tabla 7 resume el proceso con sus datos de origen y el resultado generado:

Tabla 7. Proceso de unión de capas originales relativas a elementos del paisaje correspondiente a cuerpos de agua dulce para crear la capa de Fuente de agua dulce.

Capas de Origen	Criterios de delimitación	Tipo de Geoproceso	Capa Resultante
Ríos permanentes	• Adición de buffer de 5 km desde su desembocadura.	Unión espacial	Fuentes de agua dulce
Lagunas costeras	• Adición de buffer de 5 km desde el polígono original.		
Estuarios	• Adición de buffer de 5 km desde el polígono original.		

Para la construcción de cada uno de los mapas se procedió a la superposición de capas que contienen la información georreferenciada de cada una de las variables de delimitación previamente definidas. La Figura 3, muestra a través de un modelo conceptual, la metodología general establecida específicamente para el proceso de superposición para la construcción de los mapas finales.

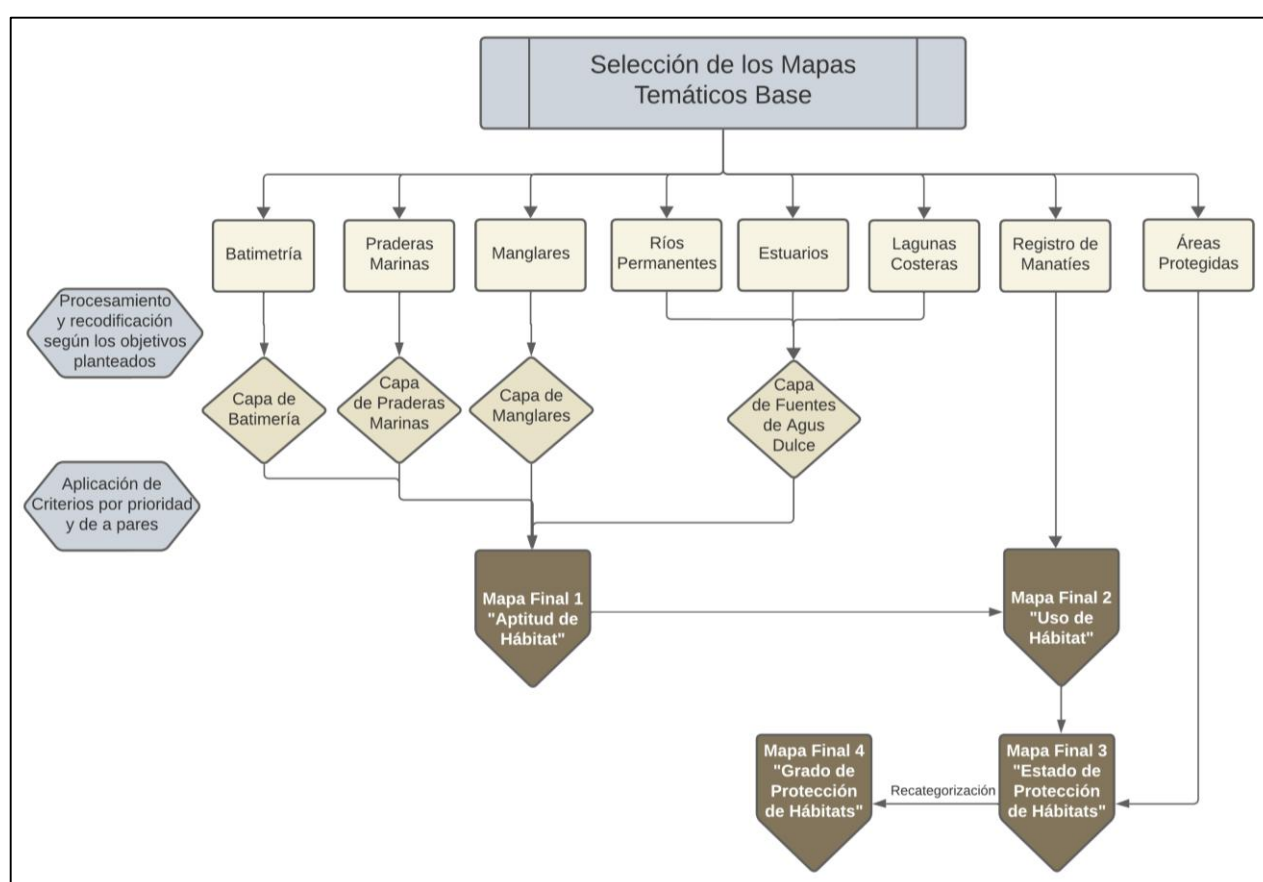


Figura 3. Enfoque metodológico del proceso de superposición de capas y construcción de mapas.

A partir de las capas de datos originales para cada una de las 6 variables de delimitación consideradas (profundidad del agua, praderas marinas, manglares, ríos permanentes, estuarios y lagunas costeras), y luego de sus procesamientos y recodificación, se obtuvieron los cuatro mapas temáticos primarios o capas base: “capa de batimetría”, “capa de praderas marinas”, “capa de manglares” y “capa de fuentes de agua dulce”. Mediante la aplicación de nuevos criterios de superposición se obtuvo el mapa intermedio a partir de la “capa de batimetría” y “praderas marinas”. Secuencialmente al resultado anterior se le superpuso la “capa de manglares” para dar lugar a un nuevo mapa intermedio. Finalmente, como resultado de la superposición de este último con la “capa de fuentes de agua dulce” se obtuvo el Mapa final 1 de Aptitud de Hábitat. A partir de este punto, utilizando como plataforma el mapa de Aptitud de Hábitat y siguiendo con el mismo procedimiento descrito, se obtuvieron los mapas finales 2 y 3 al ir agregando cada una de las variables de trabajo restantes. Finalmente se procedió a recategorizar el Mapa final 3 de Estados de Protección de Hábitats para obtener el Mapa 4 de Grado de Protección de Hábitats.

De esta manera, y según los objetivos planteados, al final del proceso se determinó el hábitat óptimo (HO), el hábitat óptimo confirmado (HOC), el hábitat óptimo no confirmado (HONC) y el estado de protección de estos.

A los efectos de este trabajo el Hábitat Óptimo quedó definido como aquellas regiones del territorio donde existió solapamiento de todos los requerimientos biológicos esenciales para la subespecie. Así mismo el HOC se corresponde con aquellas regiones identificadas como HO que se solapan con registros de presencia por parte de la especie.

Para traer mayor claridad sobre la interpretación de los resultados, se analizó la representación de cada una de las unidades homogéneas de conservación clasificadas para las tres regiones del país, las cuales se constituyen de la siguiente forma:

Tabla 8. Provincias costeras de la República Dominicana agrupadas por regiones geográficas.

Región Norte	Región Sureste	Región Suroeste
Españolat	El Seibo	Ázua
Puerto Plata	La Altagracia	Peravia
María Trinidad Sánchez	La Romana	San Cristóbal
Samaná	San Pedro de Macorís	Barahona
Montecristi	Hato Mayor	Pedernales
		Distrito Nacional
		Santo Domingo

5.6. Identificación y Clasificación de los Hábitats

Para una mejor comprensión de la clasificación de las unidades homogéneas de conservación resultantes, en la Figura 4 se detalla jerárquicamente la línea de mayor aptitud de hábitats para el manatí del Gran Caribe.

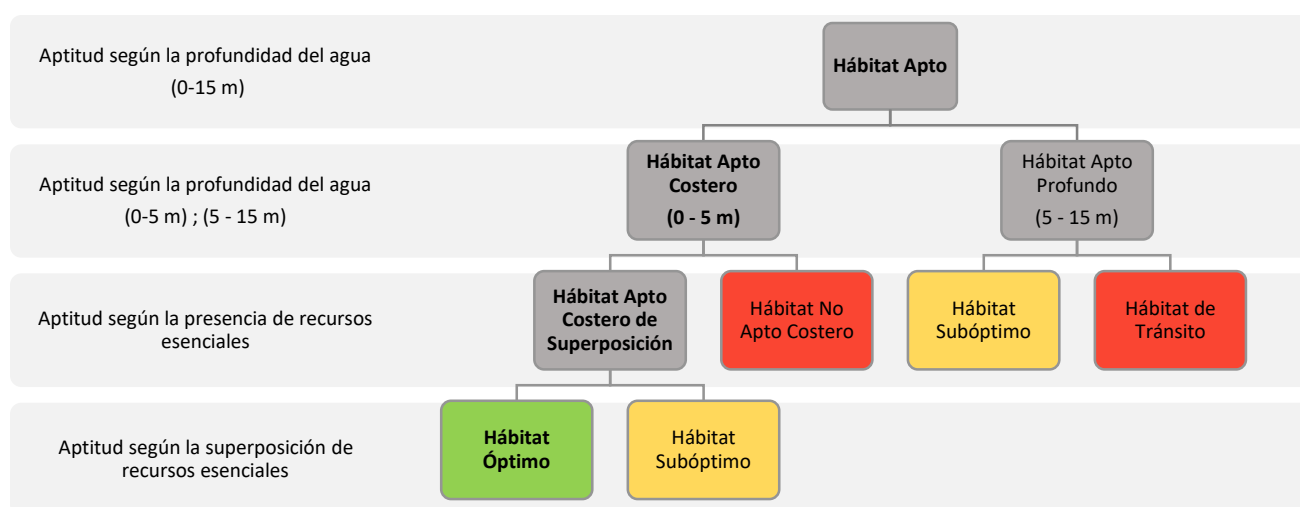


Figura 4. Diagrama jerárquico de la clasificación primaria de hábitats. El color verde muestra la clasificación de ambientes de mayor aptitud, el color amarillo de aptitud media y el rojo aquellos no aptos.

Se caracterizaron cada uno de dichos hábitats, con especial hincapié en aquellos relevantes para la investigación.

Las categorías de hábitat definidas en función de la profundidad del agua fueron las siguientes:

- Hábitat Apto (HA): Áreas con profundidades entre 0 y 15 metros.

- Hábitat No Apto (HNA): Áreas con profundidades superiores a los 15 metros.

El Hábitat Apto se empleó como la base inicial de esta etapa, ya que las profundidades superiores, aunque potencialmente utilizadas por los animales, no serían de uso habitual ni formarían parte de sus patrones diarios. Estas áreas se excluyeron del análisis debido al objetivo de identificar especialmente ambientes idóneos u óptimos para la supervivencia de la especie.

Dentro del Hábitat Apto (HA), se clasificaron dos nuevas categorías:

- Hábitat Apto Costero (HAC): Áreas con profundidades menores a 5 metros.
- Hábitat Apto Profundo (HAP): Áreas con profundidades entre 5 a 15 metros.

El Hábitat Apto Profundo se subclasificó de la siguiente manera:

- Hábitat Subóptimo (HSO): En áreas donde en el HAP se solapó solo con la existencia de praderas marinas.
- Hábitat de Tránsito (HT): Se asignó esta categoría al HAP que no se superpuso con ninguna de las variables de interés, ya que las aguas de estas profundidades podrían ser utilizadas para desplazamientos entre áreas centrales o en la búsqueda de agua dulce.

Dentro del Hábitat Apto Costero (HAC) se identificaron dos nuevas categorías:

- Hábitat No Apto Costero (HNAC): áreas con profundidades menor a 5 m que no presentó ninguna de las variables de delimitación.
- Hábitat Apto Costero de Superposición (HACS): definido como aquel donde se representan todas las posibles combinaciones entre las tres variables de interés para la especie. En este ambiente, se identificaron áreas donde se superponen las tres variables de delimitación, otras con superposición doble y áreas donde hubo solo presencia de una variable. Para traer mayor claridad al proceso se empleó el uso de Diagramas de Venn para identificar todos los posibles resultados emergentes del proceso de superposición espacial (Figura 5).

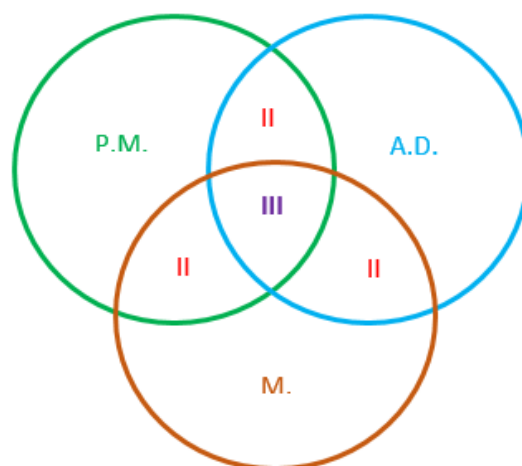


Fig. 5. Diagrama Conceptual de las posibles combinaciones entre las variables biológicas de interés, Praderas Marinas (PM), Manglares (M) y Agua dulce (AD). II corresponde a la combinación de 2 variables y III a la triple interacción de las mismas.

Como último paso para finalizar el proceso de clasificación, el Hábitat Apto Costero de Superposición se clasificó en dos nuevas categorías de aptitud:

- Hábitat Subóptimo (HSO): Esta categoría incluye resultados de superposición entre dos variables de delimitación o presencia de solo una de ellas. Se presentan los siguientes posibles solapamientos entre dos variables de delimitación (PM-AD; PM-M; AD-M), así como la presencia única de las variables (PM, AD, M).
- Hábitat Óptimo (HO): esta constituye la categoría de mayor aptitud para la especie de estudio. Son las áreas con superposición espacial de todas variables de delimitación, según los criterios establecidos en la Tabla 3. Esta categoría representa aquellas áreas del ambiente que denominaremos Hábitat Óptimo para el manatí del Gran Caribe ya que reúne los 3 requerimiento esenciales para la especie en un mismo espacio: el agua dulce, manglares y las praderas marinas.

En la Figura 6 se detalla un nuevo diagrama jerárquico donde, a partir de los hábitats óptimos para la especie, se identifican y clasifican los hábitats restantes de los mapas finales.

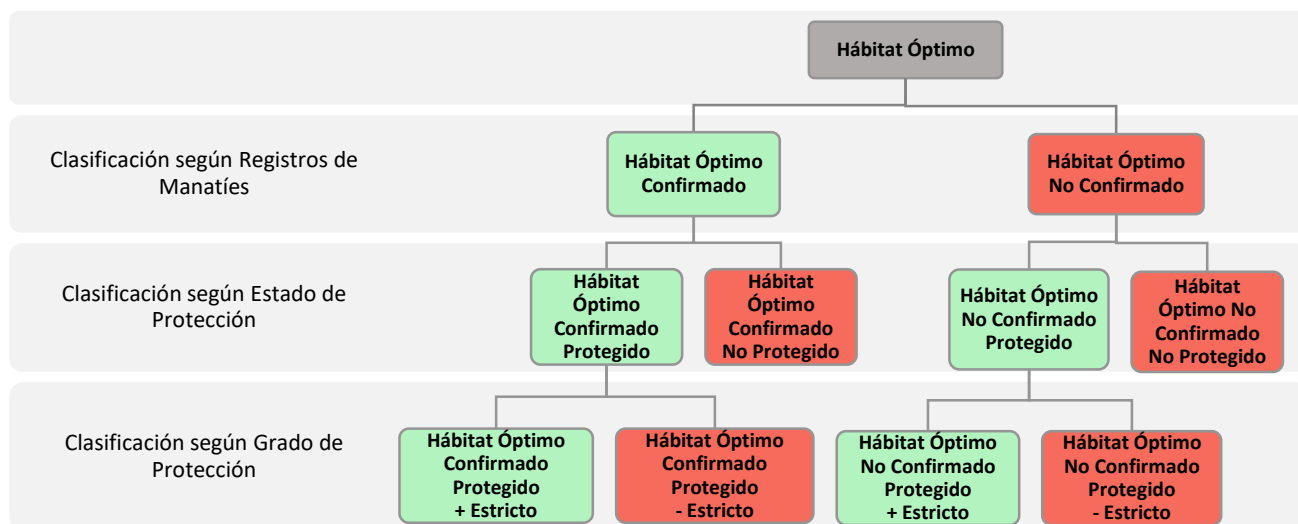


Figura 6. Diagrama jerárquico de la clasificación secundaria de hábitats para alcanzar los mapas finales. El color verde muestra la clasificación de ambientes confirmados, protegidos y más estrictos. El color rojo aquellos no confirmados, no protegidos y menos estrictos.

5.7. Caracterización de los Hábitats

A continuación, se presenta en detalle la caracterización de los hábitats identificados. En la Tabla 9 se puede ver la denominación de los mapas temáticos finales con sus categorizaciones asociadas, es decir la identificación de las unidades homogéneas de conservación planteada en los objetivos.

Tabla 9. Resumen de mapas temáticos finales. Se detalla el nombre del mapa con cada una de las categorías resultantes representadas.

N° de Mapa	Nombre del Mapa	Categorías Resultantes
Mapa N°1	Aptitud de Hábitat	a. Hábitat No Apto Costero. b. Hábitat Subóptimo. c. Hábitat Óptimo.
Mapa N°2	Uso de Hábitat	a. Hábitat Óptimo Confirmado. b. Hábitat Óptimo No Confirmado
Mapa N°3	Estado de Protección de Hábitats	a. Hábitat Óptimo Confirmado Protegido. b. Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido c. Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido. d. Hábitat Óptimo No Confirmado No Protegido.
Mapa N°4	Grado de Protección de Hábitats	a. Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Más Estricto. b. Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Menos Estricto. c. Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Más Estricto. d. Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Menos Estricto.

El Mapa 1, Aptitud de Hábitat, identificará los Hábitats Óptimos para la especie. Mientras que el Mapa 2, Uso de Hábitat, dará información de aquellas zonas de Hábitat Óptimo con uso confirmado por parte de la especie y aquellas que no, dando respuesta así al objetivo I de este trabajo. El Mapa 3, Estado de Protección de Hábitats señalará cuales de los ambientes previamente identificados se encuentran emplazados en áreas protegidas declaradas y cuáles no. Esto asociado a los resultados del Mapa 4, de Grado de Protección de Hábitats, el cual brindará información sobre la rigurosidad de esas herramientas de protección, dará respuesta al objetivo II de esta investigación.

Para abordar la complejidad de representar todos los recursos en un solo mapa para la República Dominicana, se optó por dividir el territorio en secciones focales de número variable según el caso de manera de poder apreciar con más detalle algunos de los hábitats identificados.

6- Resultados

En total, se definieron un total de 13 hábitats (Tabla 10). A partir de tres categorías principales de hábitats: Hábitat Óptimo (HO), Hábitat Subóptimo (HSO) y Hábitat No Apto Costero (HNAC), se analizó la distribución espacial y la cobertura porcentual de cada categoría en relación con el Hábitat Óptimo, brindando así una visión integral de la distribución de los hábitats a lo largo de la costa.

6.1. Capas Resultantes

En esta sección, se detallan las capas resultantes de procesar y recodificar datos geoespaciales clave para el análisis.

Praderas Marinas

La Figura 4 muestra la capa final de praderas marinas obtenida a partir de los datos vectoriales originales de la costa marina de la República Dominicana. Se identificaron 622,5 km² de praderas marinas a distintas profundidades y distancias de la línea de costa. Como se observa en la Figura 7, a escala regional este recurso se distribuye de manera continua a lo largo de gran parte de la costa marina de la

República Dominicana; sin embargo, en ciertas zonas presenta una mayor concentración y extensión de parches de pradera que en otras.

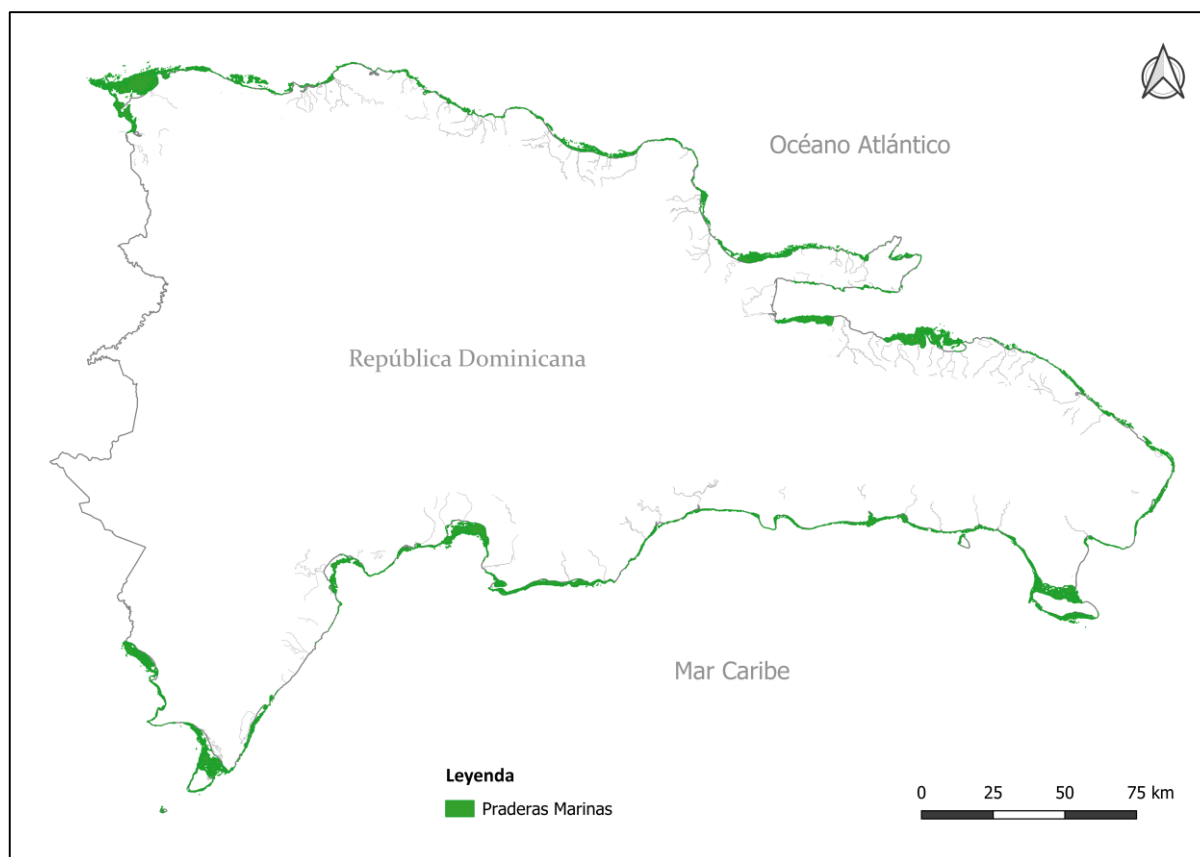


Figura 7. Capa de praderas marinas formada a partir de datos vectoriales originales. Las praderas marinas se representan por los polígonos verdes.

Manglares

La Figura 8 muestra la capa final obtenida para manglares junto con su buffer de 1 km. Si bien esta variable se encuentra ampliamente distribuida en el territorio, no se trata de una variable continua a lo largo de la costa. Se pudieron identificar 117 sitios con presencia de manglares que cubren una superficie original de aproximadamente 240 km². La superficie al agregar el buffer de 1 km, que constituyó el recurso utilizable en las siguientes etapas, fue de 680 km².

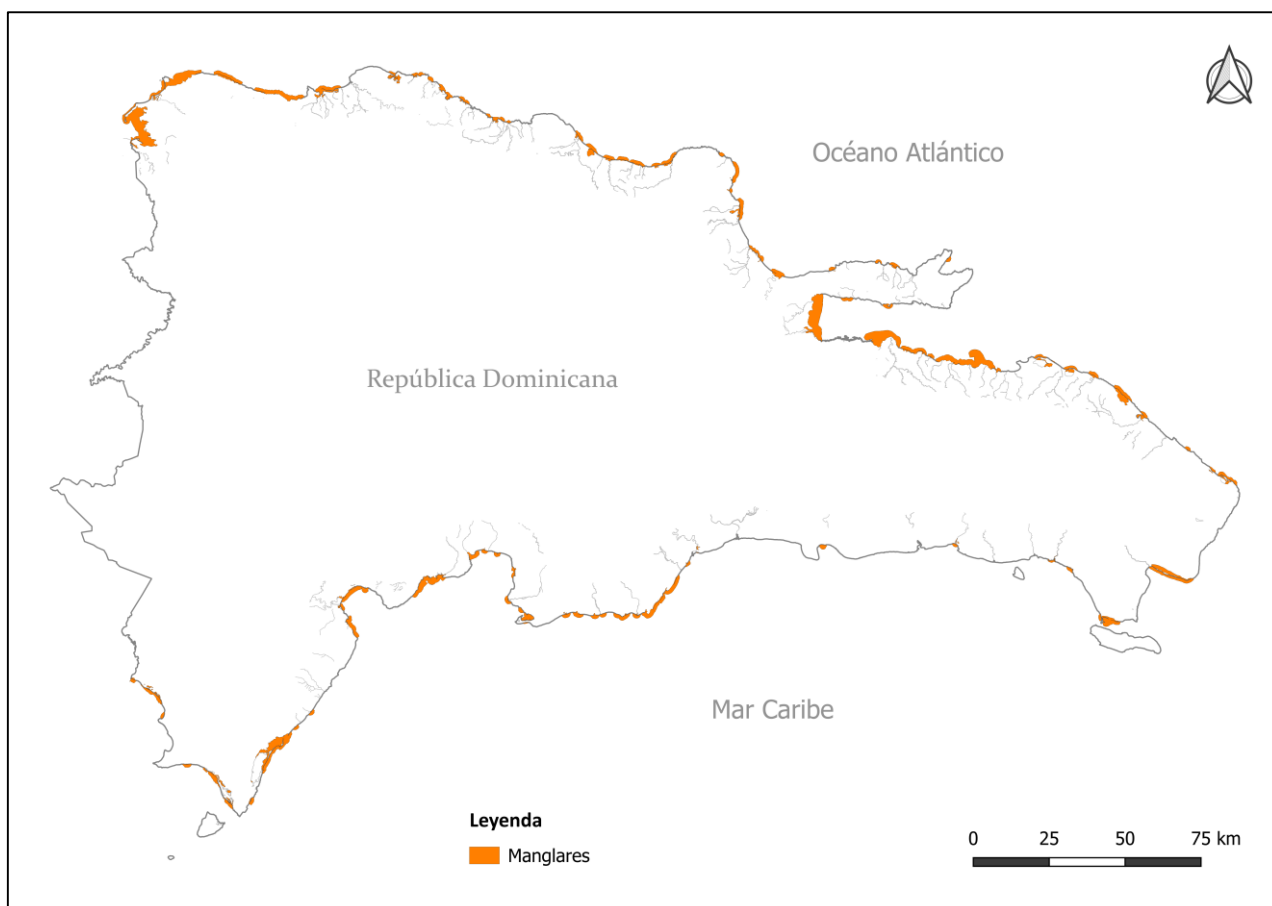


Figura 8. Capa de manglares formada a partir de datos vectoriales originales + buffer de 1 km. Los manglares se representan por los polígonos naranjas ubicados sobre la línea de costa.

Fuentes de agua dulce

La Figura 9 muestra la capa final de fuentes de agua dulce obtenida a partir de las desembocaduras de ríos permanentes, estuarios y lagunas coseras. Cada elemento incluye el buffer de 5 km. Este último parámetro amplía el rango de cobertura de este recurso en el mapa. Se observa mayor continuidad de zonas de agua dulce en la costa norte que en la costa sur de la isla de cara al Mar Caribe.

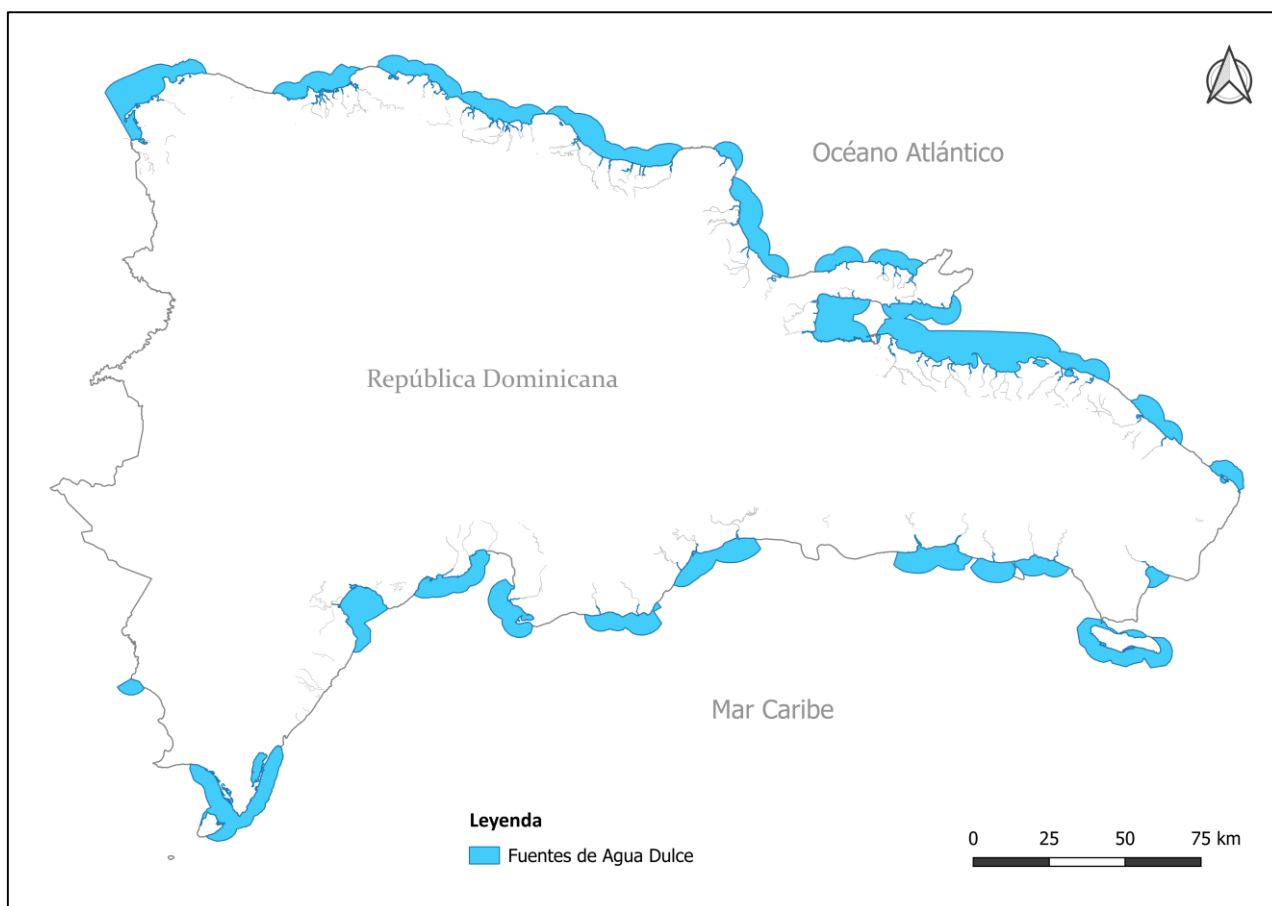


Figura 9. Capa fuentes de agua dulce formada por la desembocadura de ríos permanentes, estuarios, lagunas costeras, más un buffer de 5 km. Las fuentes de agua dulce se representan por los polígonos celestes ubicados sobre la línea de costa.

A partir de este resultado obtenido se pudieron cuantificar los distintos componentes o parches de la capa que se representan en la siguiente tabla:

Tabla 10. Número de cada uno de los elementos del paisaje que componen la capa de agua dulce.

Tipo de componente	Número de componentes
Desembocadura de Ríos Permanentes	86
Lagunas costeras	94
Estuarios	31
Total de componentes de agua dulce marino-costeros	211

Batimetría

En la Figura 10, se presenta la capa de batimetría final, generada a partir de datos en formato raster que cubren profundidades del lecho marino de 0 a 30 metros. A escala de territorio nacional, las zonas más profundas se representan en color negro, las de profundidad media en color gris y las más bajas en turquesa. Estas últimas, con profundidades menores a 5 metros, se definieron previamente como una variable de delimitación para la identificación de hábitats aptos. Esta información fue crucial para la posterior superposición y obtención de los mapas de aptitud finales.

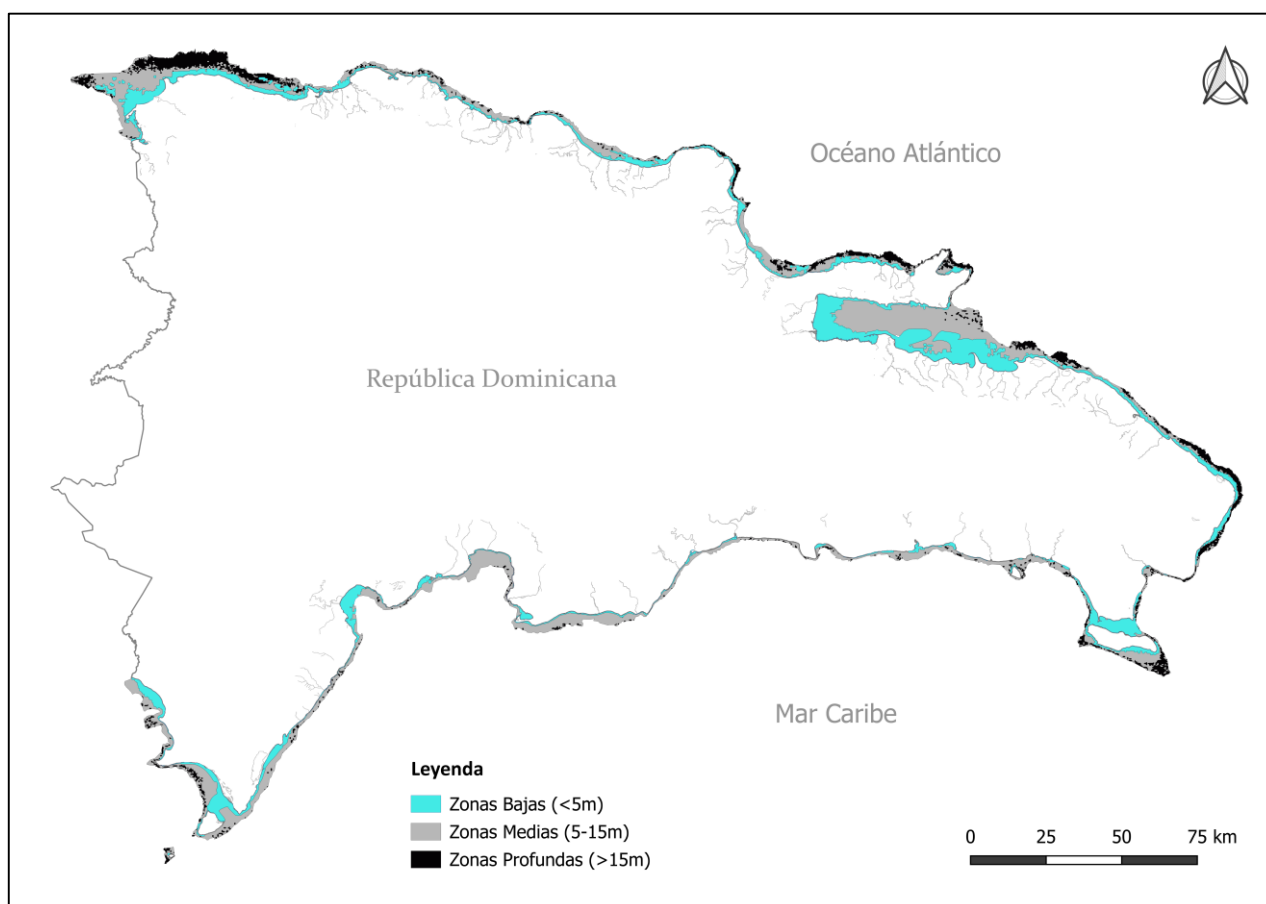


Figura 10. Capa de Batimetría formada con datos ya vectorizados y categorizados para el total de la costa marina de la República Dominicana. Zonas bajas (< 5 m] en polígonos color turquesa, zonas medias (5-15m) en polígonos color gris y zonas profundas (>15 m) en polígonos color negro.

Registros de Manatíes

En la Figura 11, se observan 211 puntos que representan un total de 854 registros de presencia de manatíes a lo largo de toda la costa dominicana. Es decir que un punto puede representar más de un registro para un período de tiempo que abarca desde la década de 1970 a la del 2010.

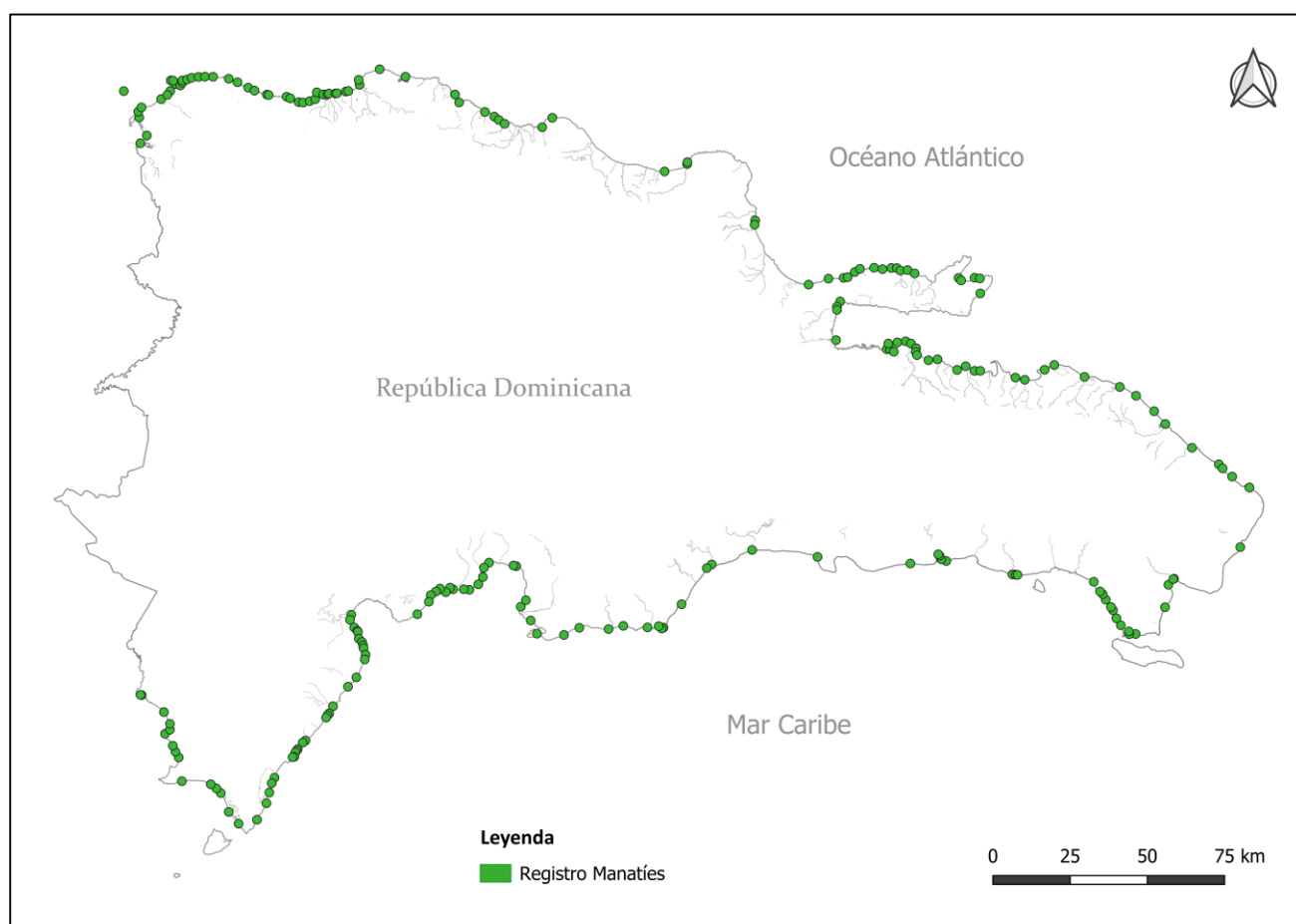


Figura 11. Capa de registros de manatíes. Datos digitalizados a partir de cartografía original de Domínguez (2016). Los registros se representan por los puntos de color verde.

Áreas Protegidas Costero Marinas

En la Figura 12 se observa la capa resultante que contabilizó un total de 107 áreas protegidas con jurisdicción costero marina, humedales y lagunas con acceso al mar. Entre las categorías de designación se encontraron Parque Nacional (29), Monumento Natural (30), Refugio de Vida Silvestre (22), Sitios Ramsar (1), Área

Nacional de Recreo (4), Reserva Biológica (2), Reserva Científica (8), Parque Nacional Submarino (2), Santuario de Mamíferos Marinos (2), Santuario Marino (3) y Área Protegida Especial (Convención de Cartagena) (4).

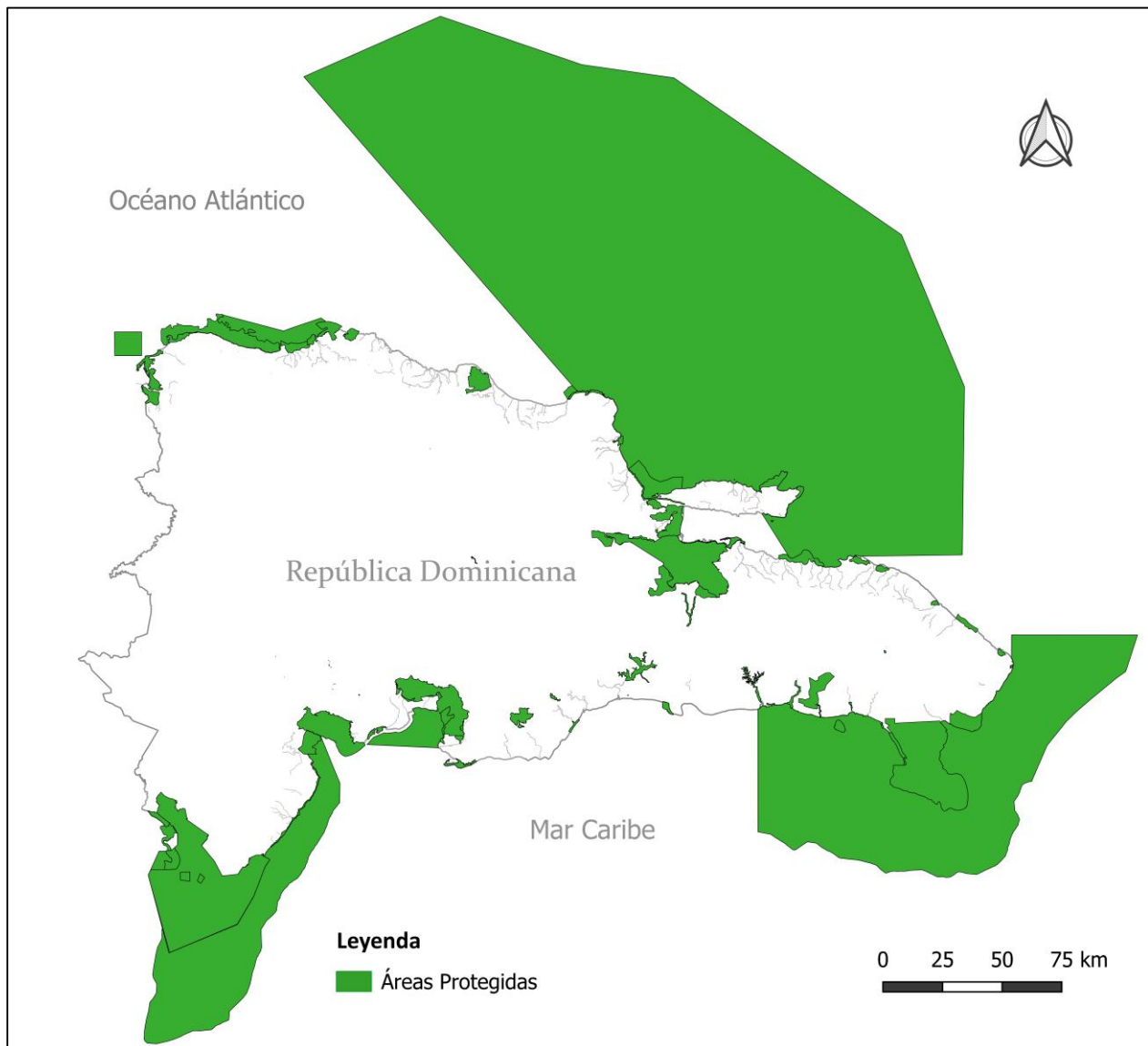


Figura 12. Capa de Áreas Protegidas formada a partir de aquellas áreas protegidas costero marinas o con salida al mar. Las áreas protegidas se representan por los polígonos color verde.

6.2. Mapas Resultantes

Aptitud de Hábitat

El "Hábitat Óptimo" es el centro de este estudio y se representa en el Mapa 1, Aptitud de Hábitat (Figura 13). En este mapa, se identifican tres categorías de hábitat: Hábitat No Apto Costero (HNAC), Hábitat Subóptimo (HSO) y Hábitat Óptimo (HO). El HNCA comprende áreas con profundidades menores a 5 m pero que carecen de los recursos esenciales para la supervivencia de la especie. El HSO también refleja áreas de profundidades menores a 5 metros pero que presentan al menos uno de los requerimientos ecológicos esenciales (PM, M, AD). Si bien estos ambientes se alejan de los requerimientos de mayor aptitud definidos, es relevante considerarlos por su potencial debido a la presencia de recursos. Por último, el HO es el ecosistema costero que reúne las condiciones más adecuadas para la vida de los manatíes.

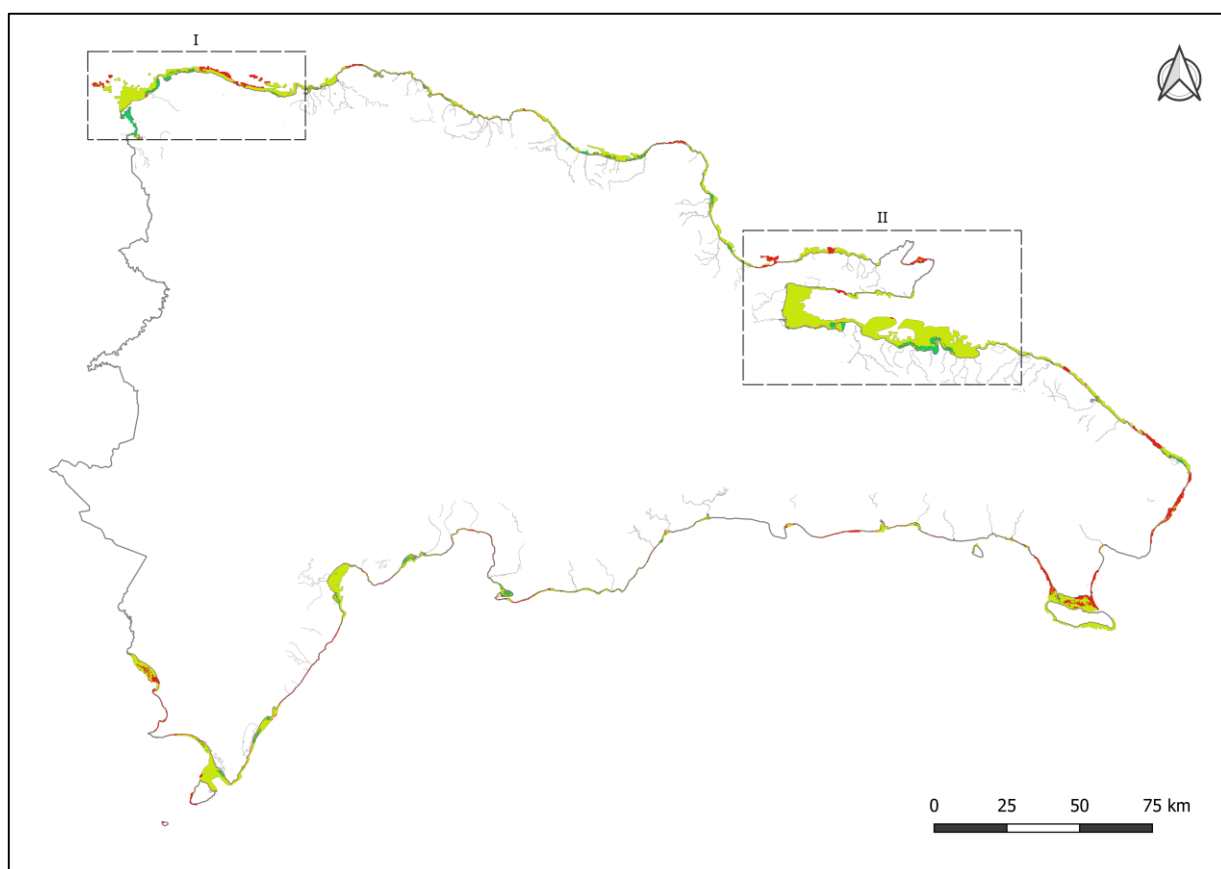


Fig. 13a. Mapa de Aptitud de Hábitat. a) Se observan las tres categorías de aptitud: HO (polígonos color verde), HSO (polígonos color ocre), HNAC (polígonos color rojo). Se amplían zonas focales I y II en Fig. 13b y Fig. 13c respectivamente con el fin de visualizar las tres categorías en mayor detalle.

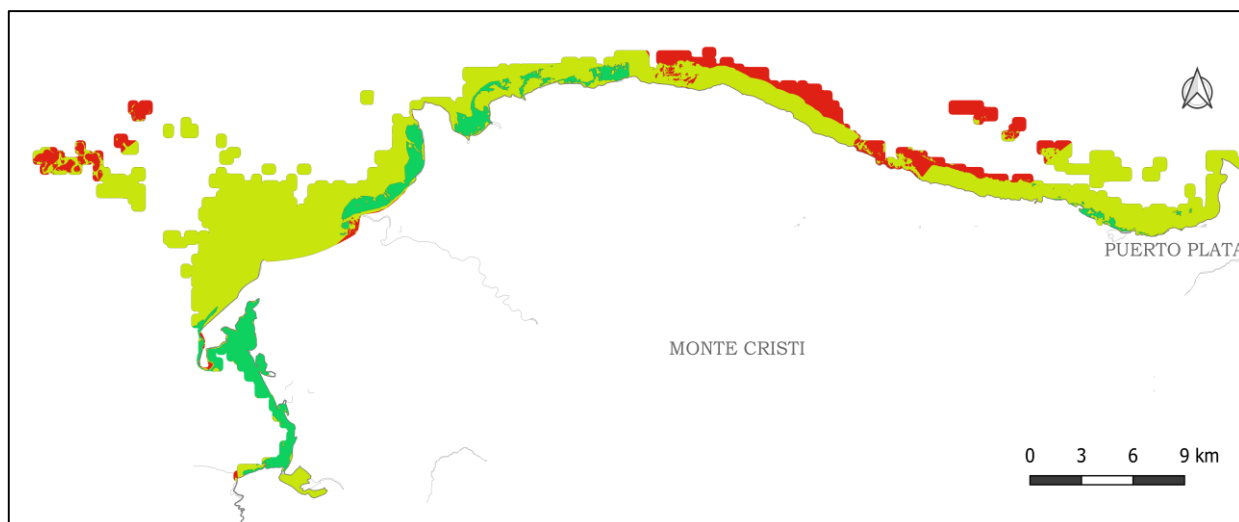


Fig. 13b. Mapa de Aptitud de Hábitat ampliado para la sección focal I: zona de Montecristi.

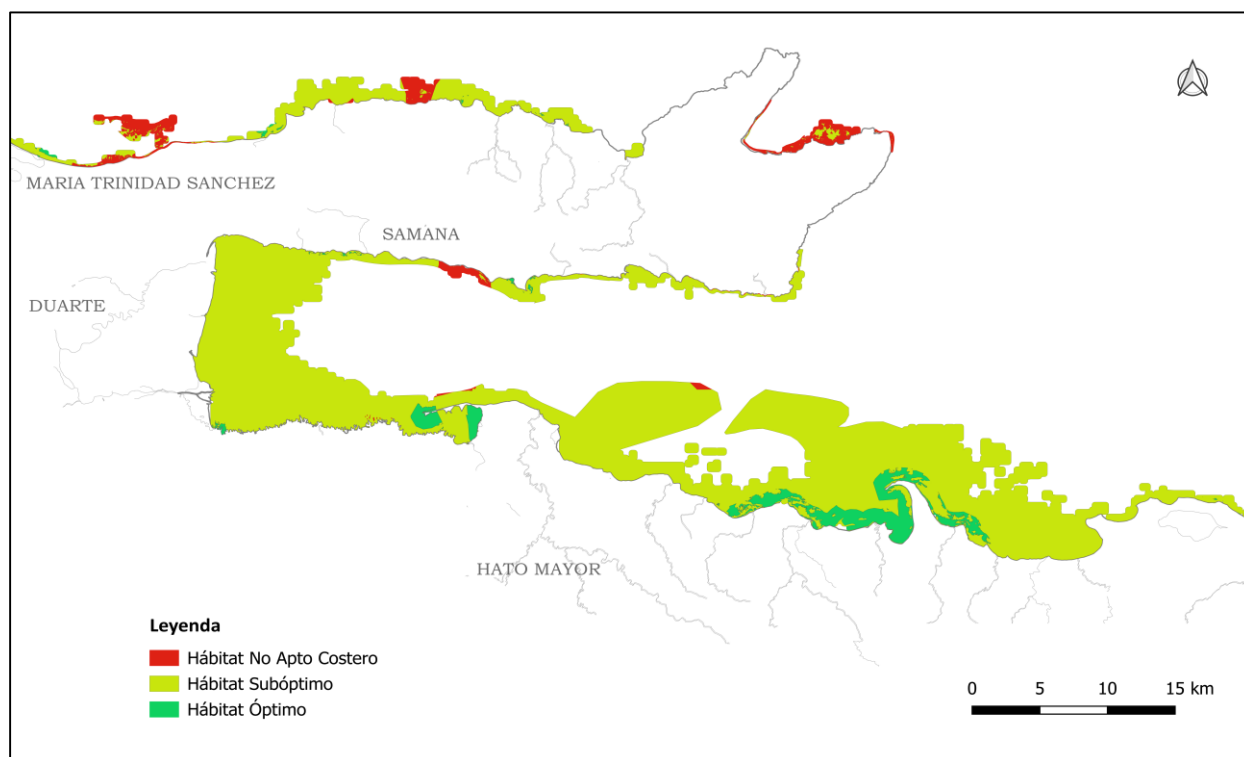


Fig. 13c. Mapa de Aptitud de Hábitat ampliado para la sección focal II: zona de Samaná.

A lo largo de toda la costa marina dominicana y a partir del Hábitat Apto Costero, se identificaron 89,97 km² de Hábitat Óptimo y disponible para el manatí del Gran Caribe, con presencia de los tres requerimientos ecológicos esenciales, praderas marinas, manglares y agua dulce. 1112,32 km² de Hábitat Subóptimo, con

presencia de al menos uno o superposición máxima de dos de los requerimientos esenciales. Y finalmente 149,47 km² de Hábitat Costero No Apto, áreas sin presencia de ninguno de dichos requerimientos (Tabla 11).

Tabla 11. Valores de superficie para las tres categorías del mapa de Aptitud de Hábitat.

Categoría	Área (km²)
Hábitat Óptimo (HO)	89.97
Hábitat Subóptimo (HSO)	1 112.33
Hábitat No Apto Costero (HNAC)	149.47

Al observar el mapa, la dominancia de cobertura del HSO sobresale debido a que esta categoría incluye superposiciones espaciales dobles entre las variables de delimitación o la presencia de solo una de ellas. En segundo lugar, la cobertura del color rojo representa el HNAC en el que se observan aquellas áreas adecuadas en cuanto a las profundidades pero que carecen de todos los recursos esenciales para la especie de interés. Tanto el HSO como el HNAC no serán considerados en los análisis posteriores según los objetivos planteados en este estudio los cuales se enfocan en identificar aquellas áreas del territorio de mayor aptitud y en consecuencia de mayor interés para la determinación de áreas prioritarias para la conservación del manatí del Gran Caribe. Finalmente, el color verde representa al HO del cual se identificaron un total de 1739 parches correspondiente al hábitat de mayor aptitud, con un tamaño de parche promedio de 0,05 km². A partir de estos elementos se avanzará con el proceso de clasificación y análisis de este tipo de ambiente.

Uso de Hábitat

Los hábitats de mayor relevancia para la especie se determinan al evaluar la interacción entre el Hábitat Óptimo y los Registros de Manatíes en esos ambientes. El Mapa 2 de Uso de Hábitat se divide en dos categorías: "Hábitat Óptimo Confirmado" (HOC) y Hábitat Óptimo No Confirmado (HONC). Este último es aquel

Hábitat Óptimo donde no se verifica la presencia de la especie a partir de las fuentes y datos citados, mientras que el HOC corresponde al Hábitat Óptimo donde sí se confirma la presencia de la especie (Figura 14a). Cuando un parche de Registro de Manatíes se superpuso con un parche de Hábitat Óptimo, se consideró como presencia de la especie en el nuevo parche resultante del proceso de intersección.

Dada la dificultad de resolución que constituyó presentar en un único mapa a escala general del país la reclasificación de los 1739 parches de HO en estas nuevas categorías, es que se optó por ilustrar solo alguna de las regiones focales destacadas. Estas zonas se presentan con una mayor escala a fin de poder observar la representatividad de cada uno de los ambientes (Figura 14b-f). En color rojo se observan los parches correspondientes al HOC y en color turquesa los HONC.

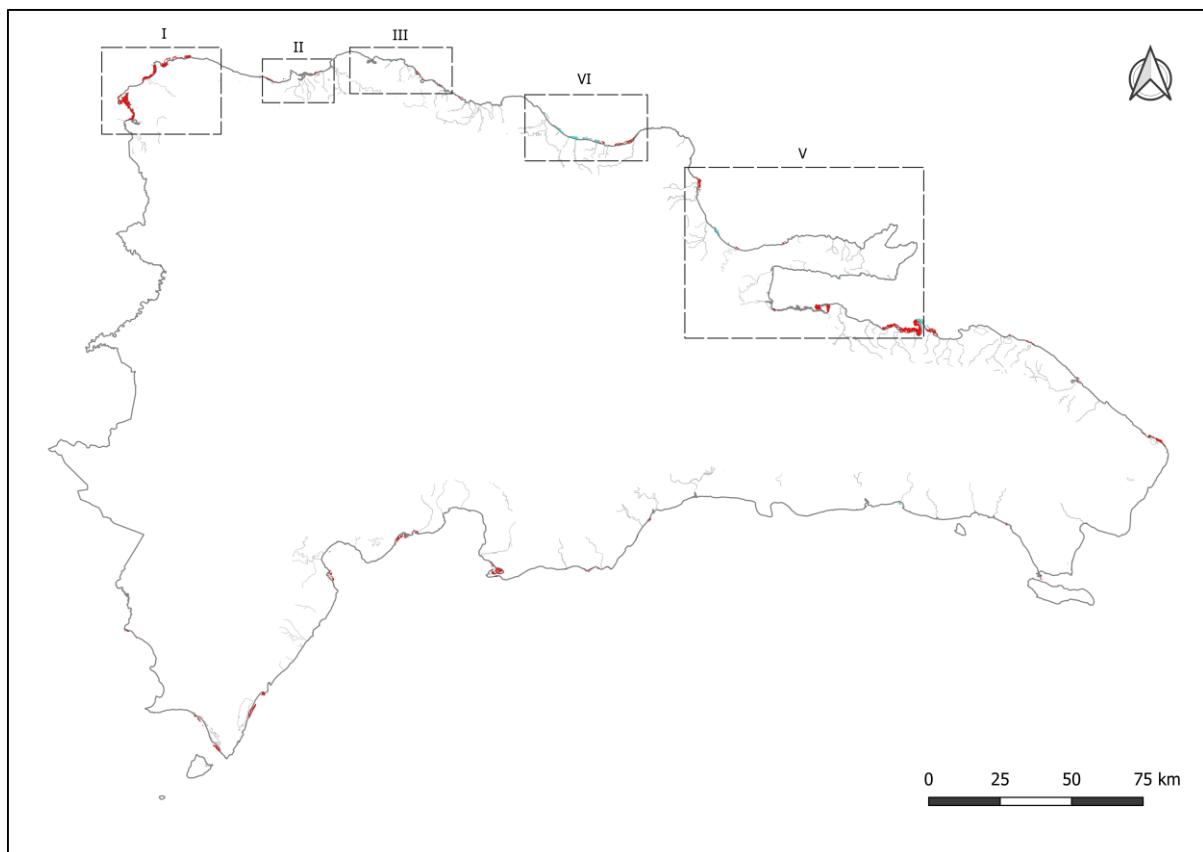


Fig. 14a. Mapa de Uso de Hábitat. Se observan las dos categorías: HOC (polígonos color rojo) y HONC (polígonos color turquesa). Los cuadros de línea punteada corresponden a la secciones focales ampliadas.

Para las zonas de la provincia de Montecristi vemos en el mapa que todos los hábitats son de uso confirmado. A medida que nos desplazamos al este hacia la provincia de Puerto Planta comienzan a aparecen algunos ambientes de gran

aptitud (HO) en los que no se determinó uso (parches turquesa), sin embargo, aquellos de uso confirmado son los más abundantes (parches rojos).

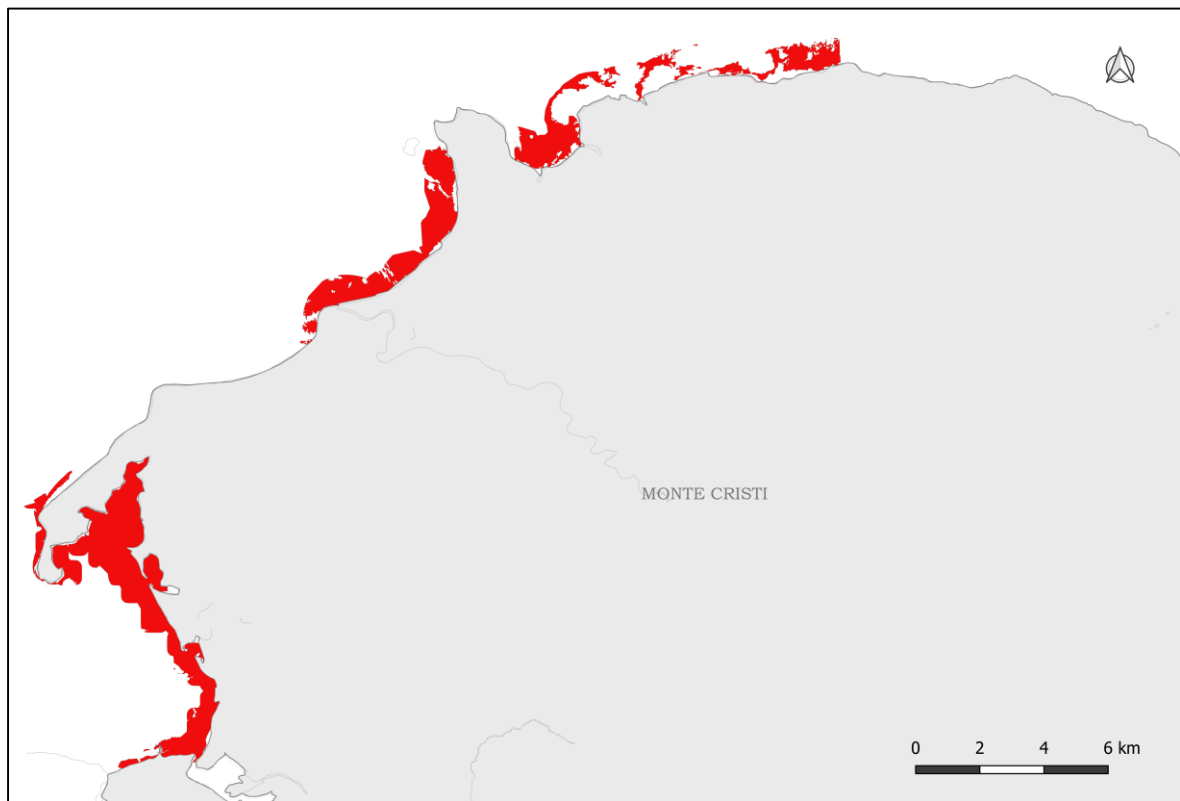


Fig. 14b. Mapa de Uso de Hábitat ampliado para la sección focal I: zona de Montecristi. Los polígonos color rojo corresponden al HOC y polígonos color turquesa al HONC.

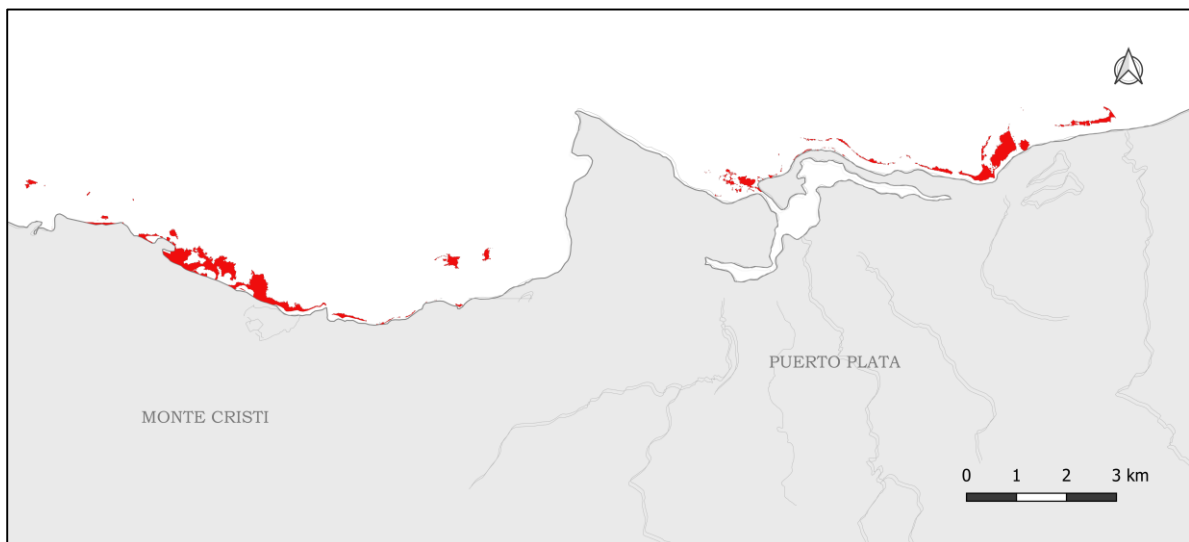


Fig. 14c. Mapa de Uso de Hábitat ampliado para la sección focal II: zona desde Punta Rucia hasta Estero Hondo (Puerto Plata). Los polígonos color rojo corresponden al HOC y polígonos color turquesa al HONC.

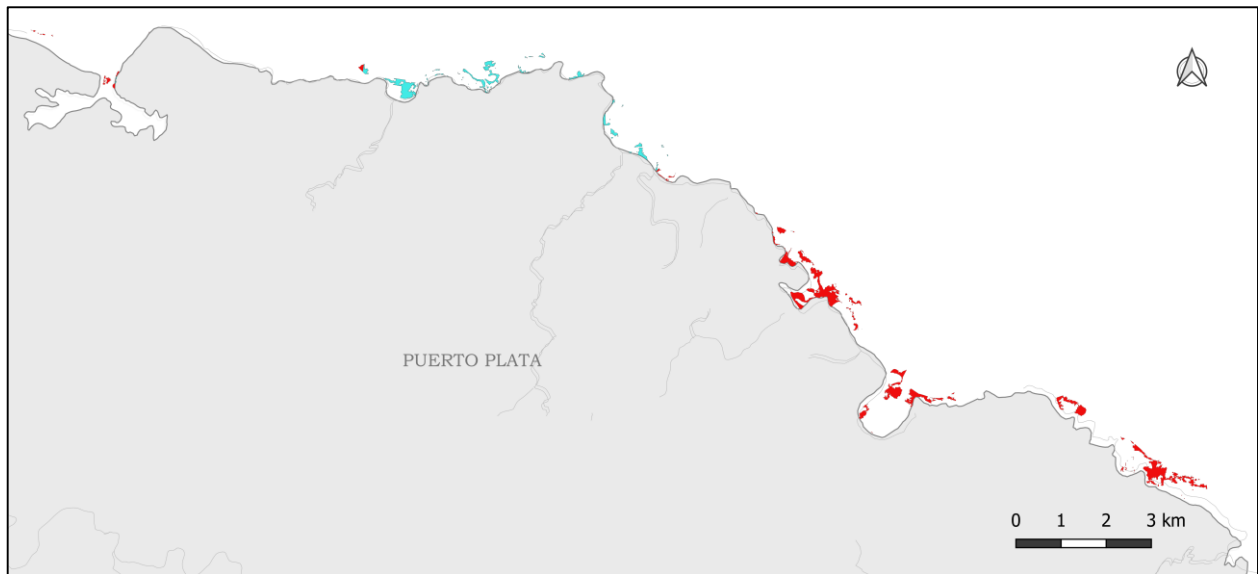


Fig. 14d. Mapa de Uso de Hábitat ampliado para la sección focal III: zona desde Luperon hasta Cofresi (Puerto Plata). Los polígonos color rojo corresponden al HOC y polígonos color turquesa al HONC.

Continuando por la costa norte hacia la provincia de Espaillat la proporción de hábitat confirmado y no confirmado se balancea aumentando la ocurrencia de zonas de gran aptitud donde será posteriormente necesario confirmar la presencia de la especie.

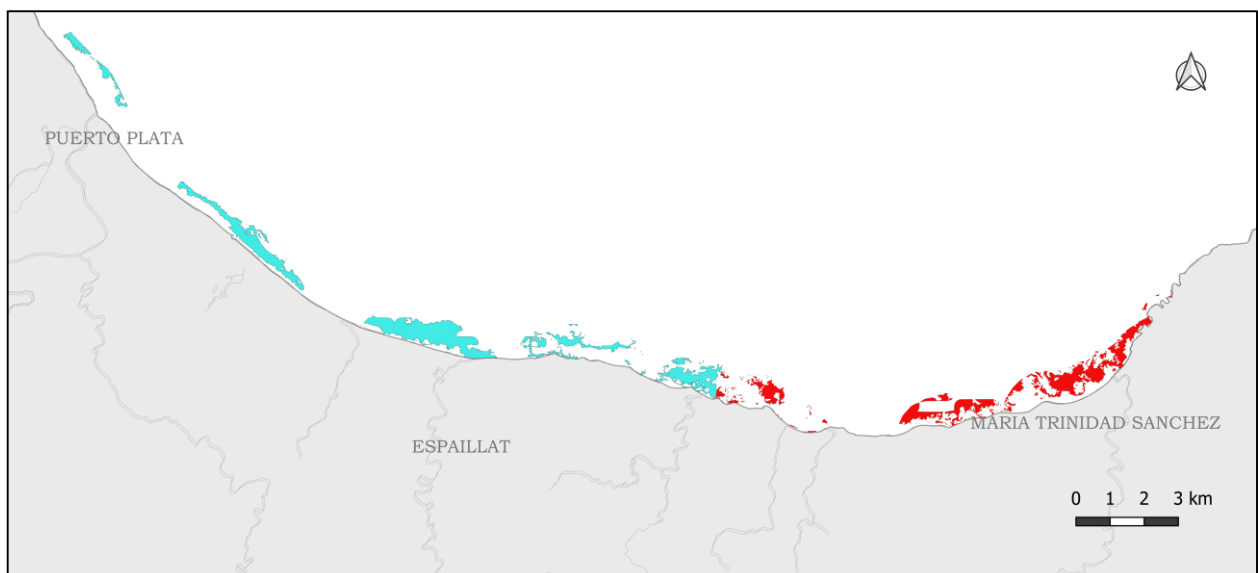


Fig. 14e. Mapa de Uso de Hábitat ampliado para la sección focal IV: zona de la provincia de Espaillat. Los polígonos color rojo corresponden al HOC y polígonos color turquesa al HONC.

Para la zona de la Bahía de Samaná el tamaño de parches se vuelve más variado, así como la representatividad del HOC y del HONC. Sin embargo, es de destacar que hay ocurrencia de HOC, es decir de hábitats óptimos y de uso confirmado. Otros hábitats óptimos no confirmados fueron identificados en las provincias de San Pedro de Macorís y La Romana. En La Altagracia, localidades cercanas a Bayahíbe e Isla Saona fueron identificados hábitat óptimo de uso confirmado, al igual que en las provincias de San Cristóbal, Peravia, Azua, Barahona y Pedernales.

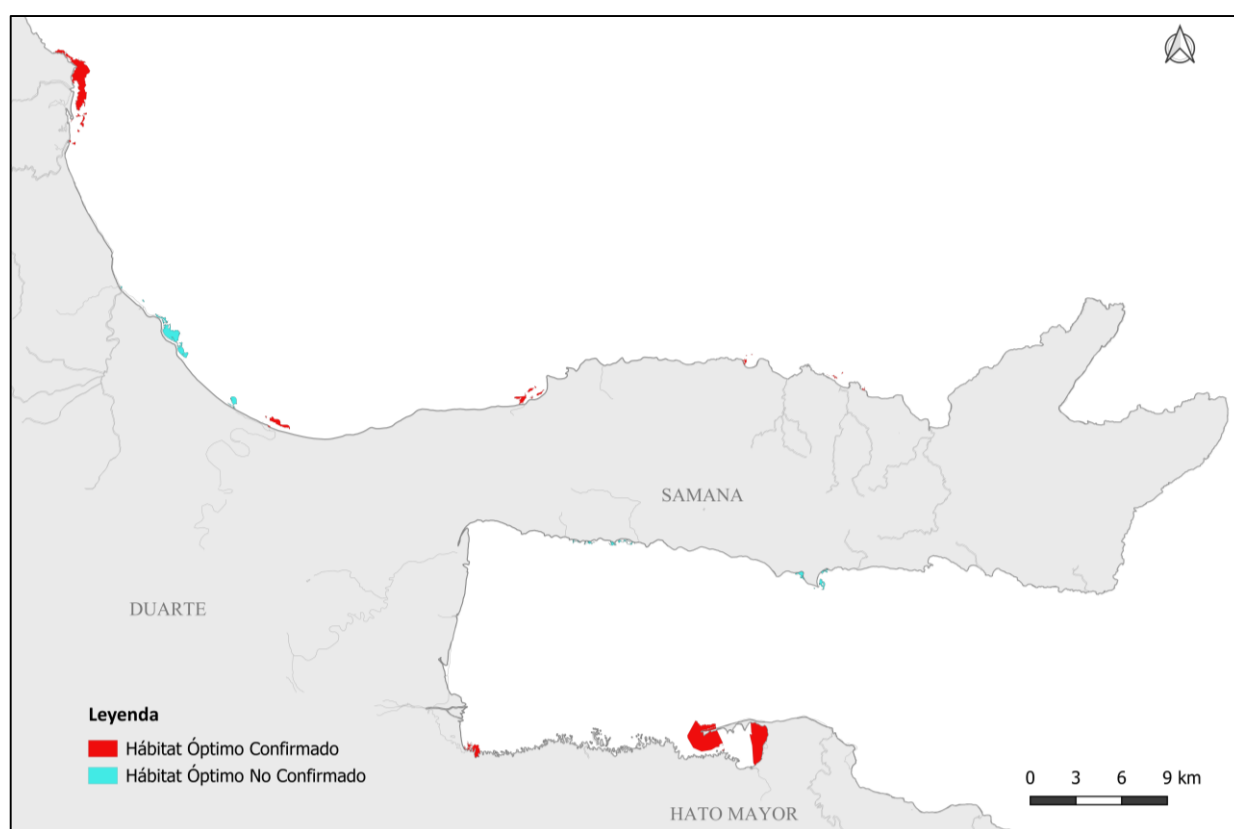


Fig. 14f. Mapa de Uso de Hábitat ampliado para la sección focal V: zona de la Bahía Escocesa y Bahía de Samaná. Los polígonos color rojo corresponden al HOC y polígonos color turquesa al HONC.

A partir del mapa resultante se identificaron un total de 79,78 km² de Hábitat Óptimo Confirmado y 10,18 km² de Hábitat Óptimo No Confirmado. Al analizar la representación de cada uno de los hábitats en relación a las tres regiones del país, se observó que la región norte constituyó la zona con mayor número de parches de HOC, es decir de alta aptitud y con presencia confirmada de la especie. Así mismo esta región presentó la mayor superficie de HOC compartiendo la posición con la

región sureste, la cual repartió dicha área en 266 parches. En tercer lugar, la región suroeste presentó la mitad de la superficie de las otras. Los hábitats de gran aptitud donde no se constató la presencia de la especie (HONC) fueron la minoría, siendo la región norte con un total de 301 parches de HONC y 7 km² de superficie la más representada por esta clasificación (Tabla 12).

Tabla 12. Valores de área (km²) y número de parches discriminado para categoría de hábitat y región geográfica.

	Hábitats Confirmados		Hábitats No confirmados	
	Área (km ²)	Nº de Parches	Área (km ²)	Nº de Parches
Región Norte	32	615	7	301
Región Sureste	32	266	3	90
Región Suroeste	16	487	0.2	6

Estado de Protección de los Hábitats

En esta sección, se presenta el análisis de los Hábitats Óptimos para el manatí del Gran Caribe en relación con las áreas protegidas en la República Dominicana según la definición de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. De esta manera se dio lugar al Mapa 3 de Estado de Protección de los Hábitats (Figura 15a), identificándose cuatro categorías a partir de él: Hábitat Óptimo Confirmado Protegido (HOCP), Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido (HOCNP), Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido (HONCP) y Hábitat Óptimo No Confirmado No Protegido (HONCNP).

El Hábitat Óptimo Confirmado Protegido (HOCP) abarca las áreas del HOC que se encuentran dentro de la jurisdicción de un área protegida. El Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido (HOCNP) corresponde a áreas dentro del territorio marino-costero de la República Dominicana que han sido identificadas como esenciales para la supervivencia y conservación del manatí del Gran Caribe pero que actualmente carecen de estatus de protección. El Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido (HONCP) son aquellas áreas que se identifican como hábitats con potencial para albergar al manatí del Gran Caribe. El Hábitat Óptimo No Confirmado No Protegido (HONCNP) se refiere a áreas que, si bien tienen el potencial de albergar manatíes, actualmente no cuentan con estatus de protección alguno.

Nuevamente la resolución del tamaño de los parches de cada una de las categorías a la escala integral del país confirió un desafío a la hora de presentar visualmente los resultados. Sumado a la necesidad de expresar de manera clara es estado de protección de dichos hábitats, se optó por exponer las cuatro categorías agrupándolas en dos: “Hábitats Óptimos Protegidos” y “Hábitats Óptimos No Protegido”. Hábitats Óptimos Protegidos se denominó a aquellas áreas del "Hábitat Óptimo Confirmado" (HOC) y del "Hábitat Óptimo No Confirmado" (HONC) que se encuentran dentro de los límites de al menos un área protegida designadas. Mientras que los Hábitats Óptimos No Protegidos se denominó a las áreas del “Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido” (HOCNP) y del “Hábitat Óptimo No Confirmado No Protegido” (HONCNP) que no están presente dentro de un área protegida. En la Figura 15b-f se muestran a partir de las zonas focales ampliadas, solo algunas zonas relevantes y representativas para la especie que ilustran los resultados obtenidos.

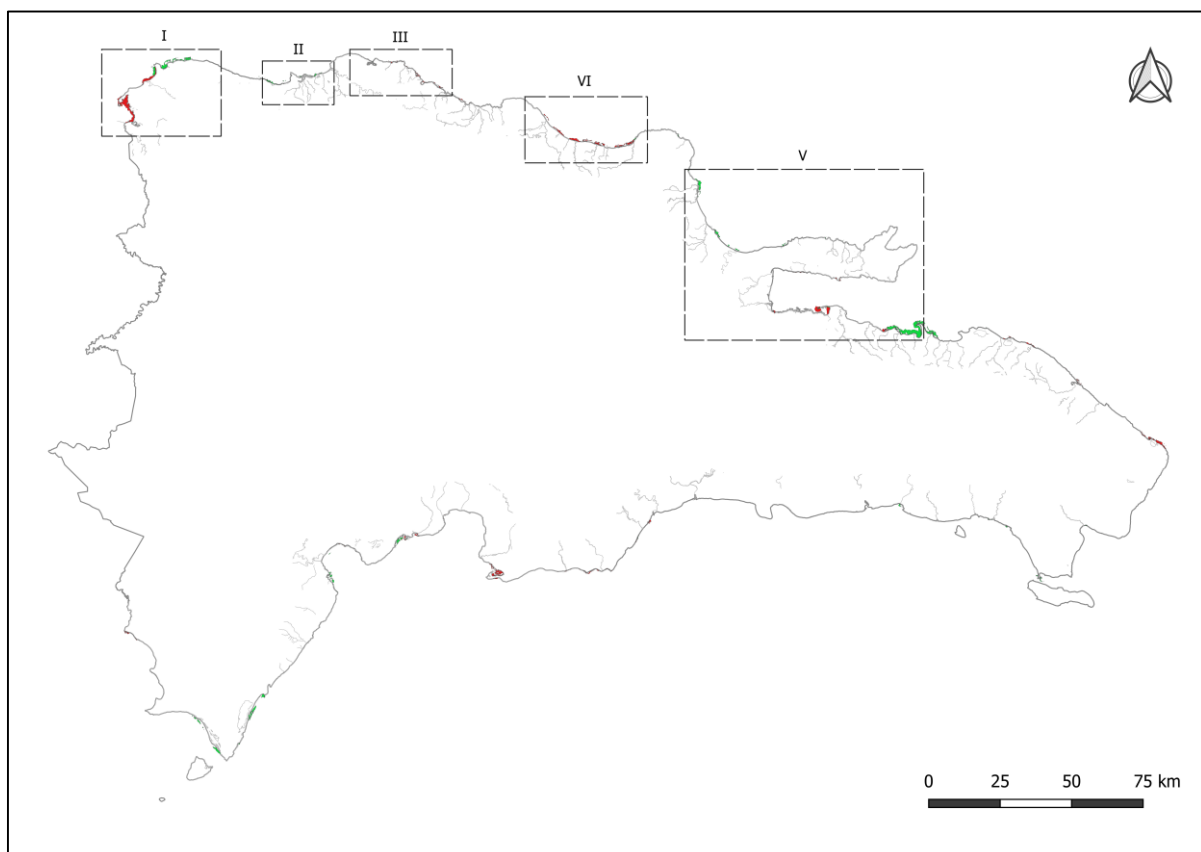


Fig. 15a. Mapa de Estado de Protección de los Hábitats. Se observan dos categorías: Hábitat Óptimo No Protegido (HOCNP + HONCNP) en polígonos color rojo y Hábitat Óptimo Protegidos (HOCNP + HONCNP) en polígonos color verde. Los cuadros de línea punteada corresponden a la secciones focales ampliadas.

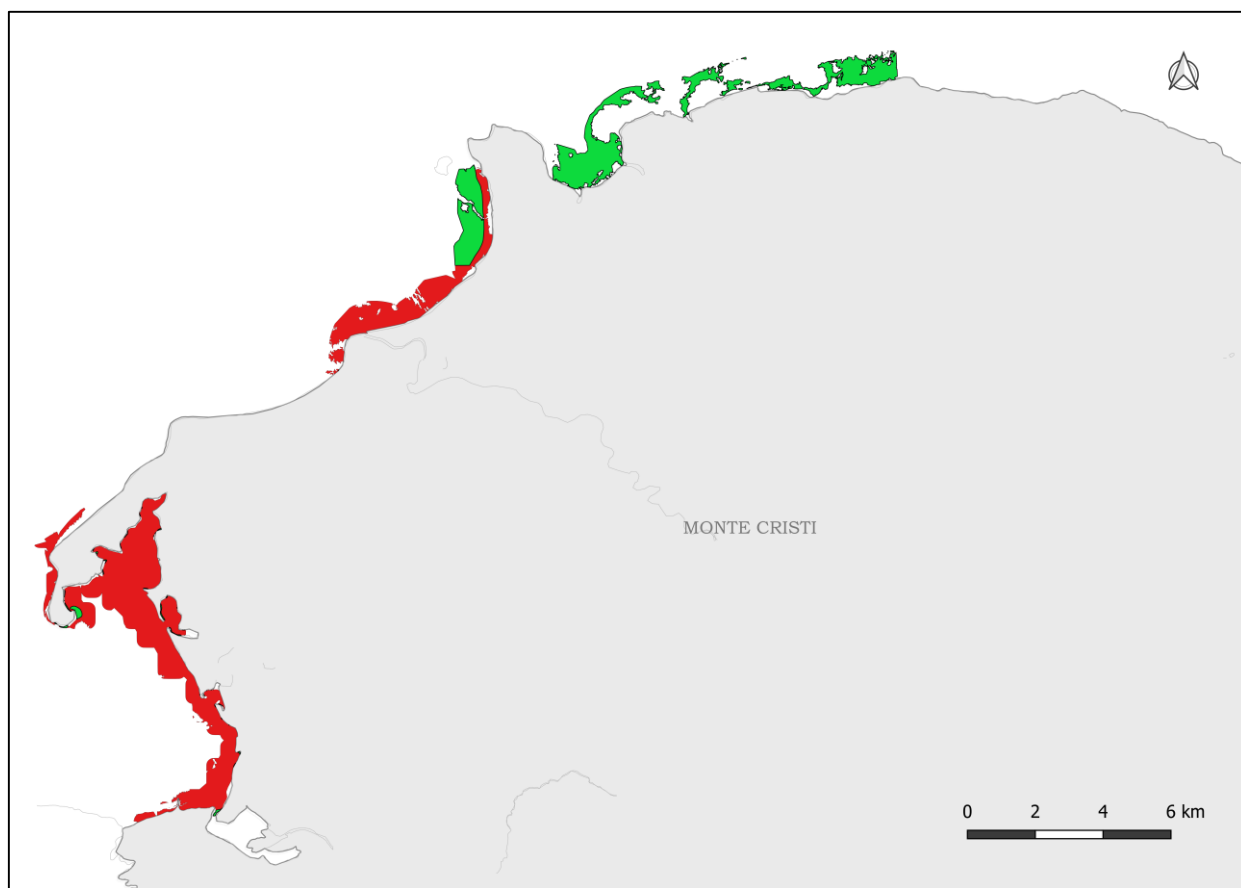


Fig. 15b. Mapa de Estado de Protección de los Hábitats ampliado para la sección focal I: zona de Montecristi.

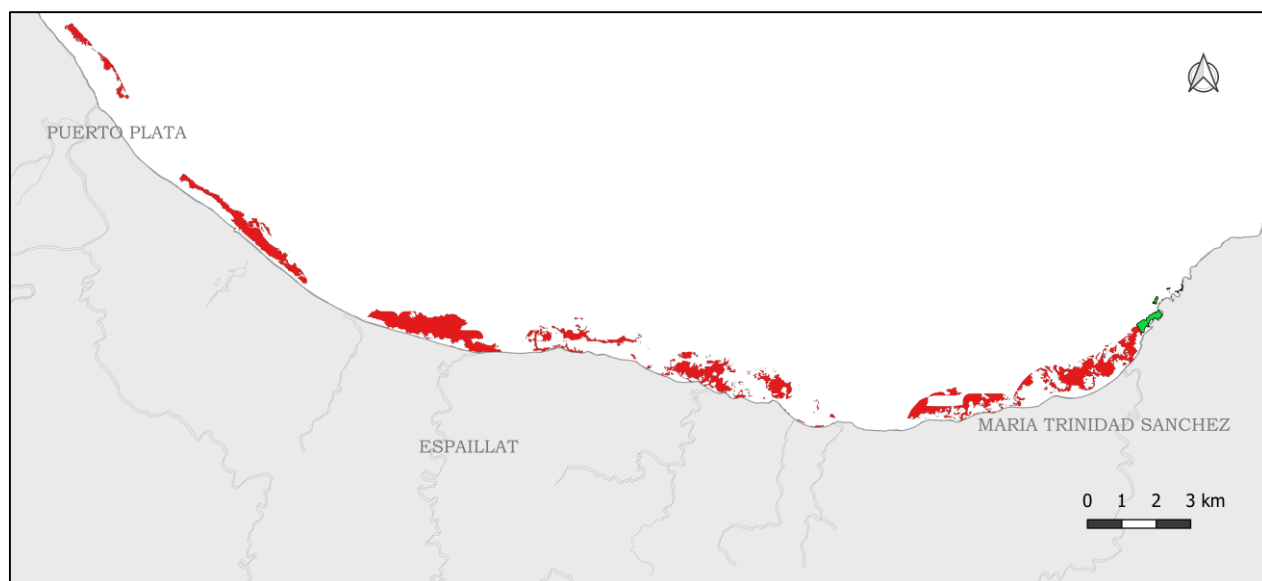


Fig. 15c. Mapa de Estado de Protección de los Hábitats sección focal II: desde Punta Rucia hasta Estero Hondo.

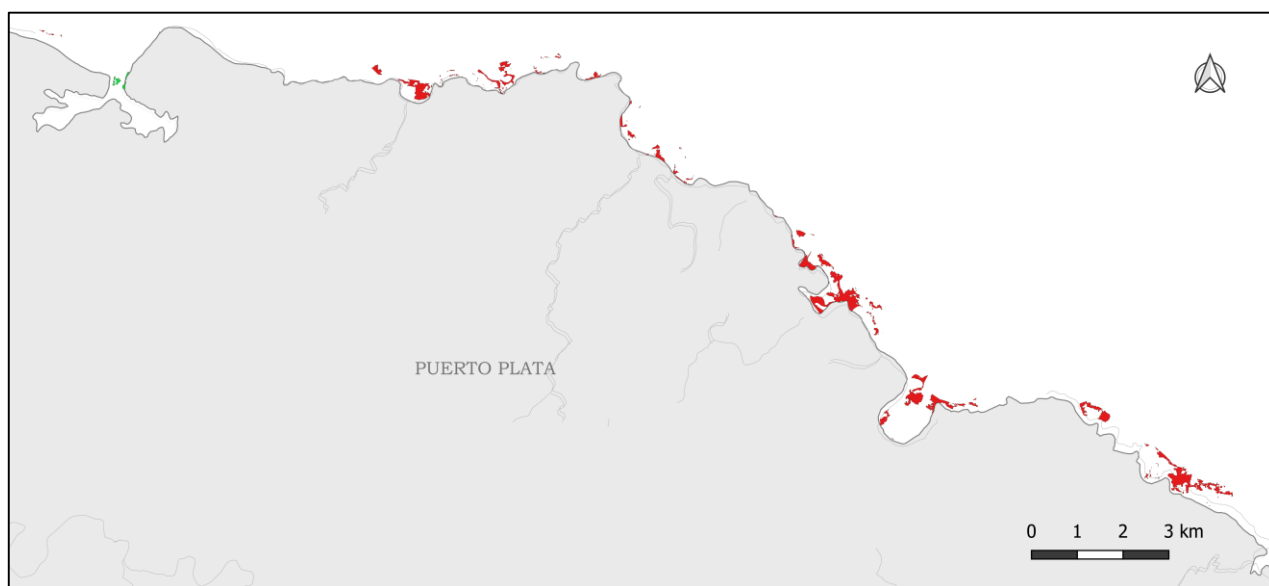


Fig. 15d. Mapa de Estado de Protección de los Hábitats ampliado para la sección focal III: zona de Puerto Plata desde Luperon hasta Cofresi incluyendo la zona de Estero Hondo.

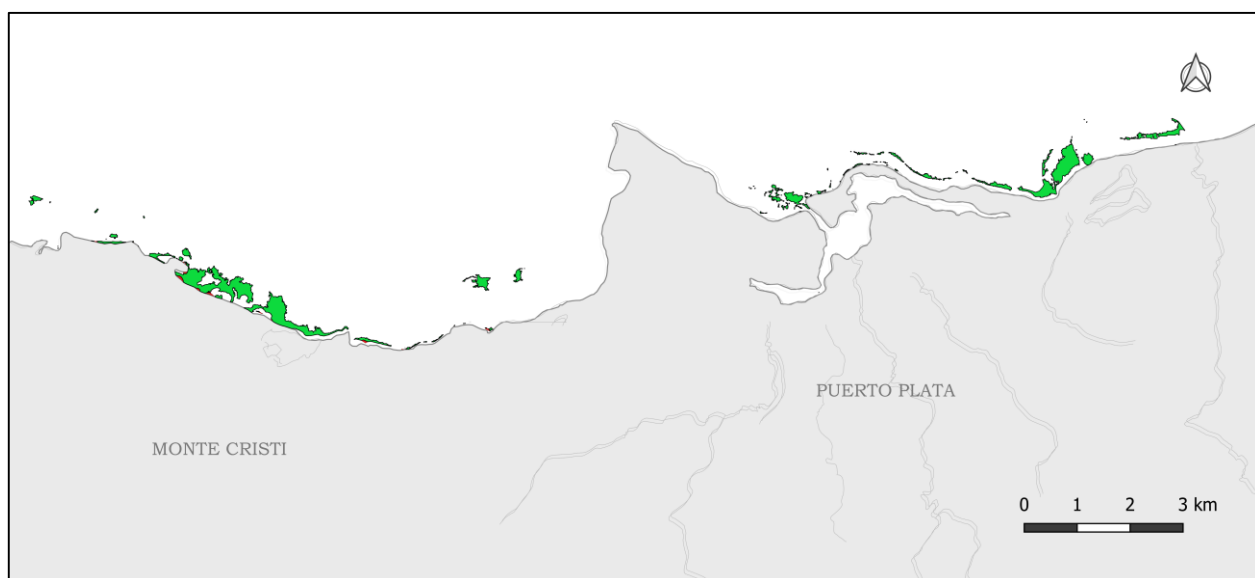


Fig. 15e. Mapa de Estado de Protección de los Hábitats ampliado para la sección focal IV: zona de la provincia de Espaillat.

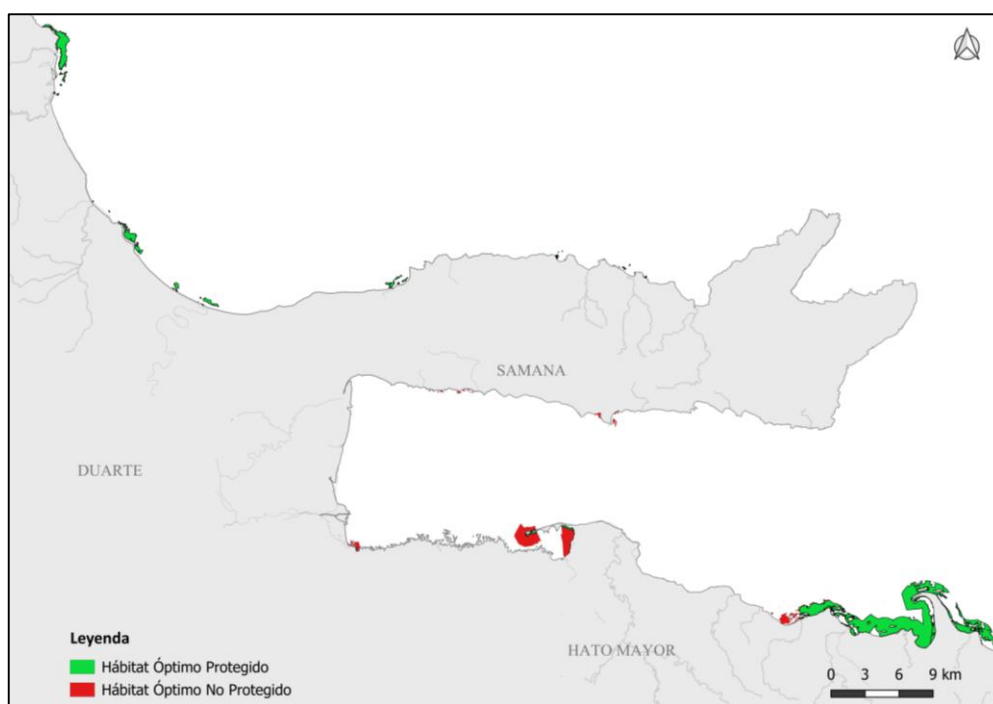


Fig. 15f. Mapa de Estado de Protección de los Hábitats ampliado para la sección focal V: zona de la Bahía Escocesa y Bahía de Samaná.

El 52,70% del total de los hábitats óptimos identificados en este proceso estuvo representado por hábitats protegidos, mientras que el 47,30% restante fue para los hábitats no protegidos (Figura 16).

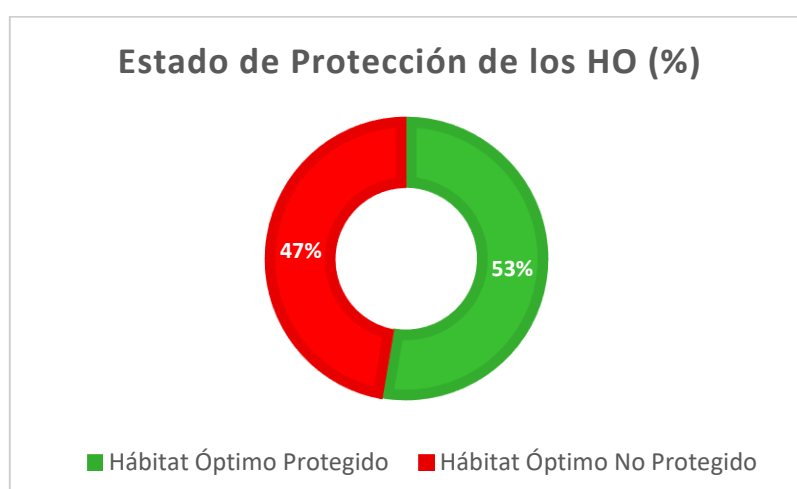


Figura 16. Porcentaje de hábitats óptimos protegidos en color verde (Hábitat Óptimo Confirmado Protegido + Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido) y hábitats óptimos no protegidos en color rojo (Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido + Hábitat Óptimo No Confirmado No Protegido) respecto del Hábitat Óptimo total.

A partir de esta categorización se identificaron áreas de 42,82 km² correspondiente al Hábitat Óptimo Confirmado Protegido y 36,97 km² de Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido. Por su parte el Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido estuvo representado por un área de 4,59 km² y el Hábitat No Confirmado No Protegido por un área de 5,58 km². Se resume esta información en la Tabla 13.

Tabla 13. Superficie y cobertura porcentual de cada categoría respecto del Hábitat Óptimo.

Categoría	Área (km²)	% de Cobertura del HO
Hábitat Óptimo Confirmado Protegido (HOCP)	42.82	47.59%
Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido (HOCNP)	36.97	41.09%
Hábitat Óptimo No Confirmado No Protegido (HONCNP)	5.59	6.21%
Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido (HONCP)	4.60	5.11%

El HOCP presenta la mayor superficie y cobertura, continuado por el HOCNP. En última instancia los hábitats con presencia no confirmada, HONCNP y HONCP. Es decir que los ambientes con presencia confirmada, protegidos y no protegidos son los más abundantes, alcanzando casi el 90% del total de los parches de hábitats de mayor aptitud. En la Figura 17 se muestra la cobertura porcentual y el estado de protección de las distintas categorías definidas. Del 100% del HO ya identificado, el 53%, en tonos verdes, expresan la cobertura de los ambientes protegidos, tanto los de uso confirmado como los no confirmado (HOCP + HONCNP). Luego el 47% de HO restante, en colores rojizos, hacen referencia a las coberturas de los ambientes no protegido, confirmados como no confirmados (HOCNP + HONCNP).

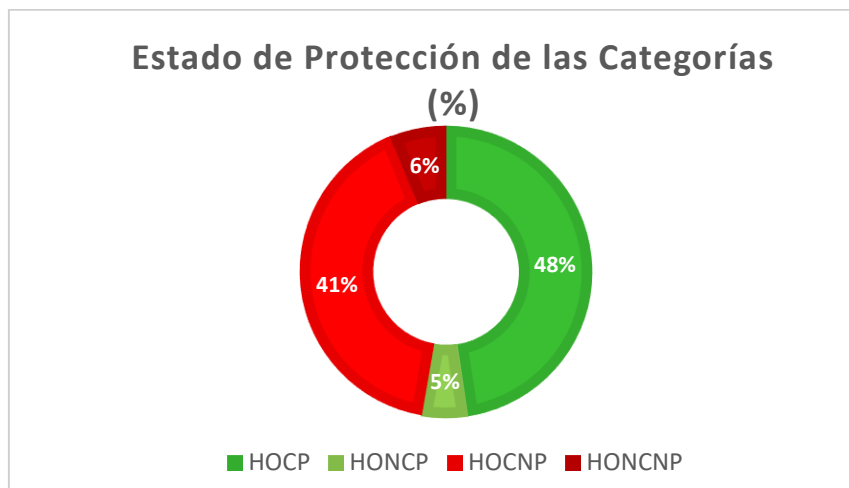


Figura 17. Representación porcentual de la cobertura de cada uno de los hábitats óptimos según su categorización del estado de protección. En tonos verdes, el Hábitat Óptimo Confirmado Protegido (HOCP), y el Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido (HONCP). En tonos rojos el Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido (HOCNP) y el Hábitat Óptimo No Confirmado No Protegido (HONCNP).

Por último, es relevante mencionar que del Hábitat Óptimo Confirmado total identificado previamente en el Mapa 2 de Uso de Hábitat, en el Mapa 3 de Estado de Protección, el 53,7% correspondió al HOCP y el 46,3 % al HOCNP (Figura 18). Esto quiere decir que una proporción ligeramente mayor de los HO con uso confirmado por parte de la especie se encuentran bajo alguna categoría de protección, mientras que una proporción casi igual, no se encuentra aún protegida. Se destaca que este 46,3% de HOCNP, corresponde a los denominados vacíos de conservación, siendo estos hábitats caracterizados por su máxima aptitud (HO) y con presencia y uso confirmados por parte de la especie.

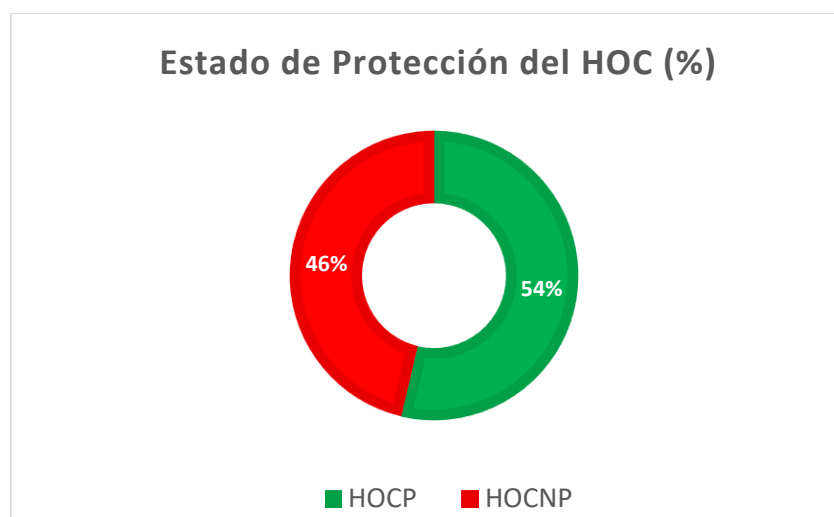


Figura 18. Porcentaje de Hábitat Óptimo Confirmado Protegidos (HOC) en color verde, y Hábitat Óptimo Confirmado No Protegido (HOCNP) en color rojo.

Grado de Protección de los Hábitats

De acuerdo con la adecuación de la protección para el manatí del Gran Caribe, y basándose en los resultados del Mapa 3 sobre el Estado de Protección de los Hábitats, en esta etapa de la investigación se llevó a cabo la recategorización exclusivamente de los ambientes clasificados como protegidos. Como resultado del proceso se obtuvo el Mapa 4 de Grado de Protección de los Hábitats (Figura 19a). Discriminando según la presencia confirmada o presencia no confirmada de la especie en los hábitats óptimos, las nuevas categorías identificadas fueron las siguientes: Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Más Estricto (HOCP+E)/Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Menos Estricto (HOCP-E) y Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Más Estricto (HONCP+E)/ Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Menos Estricto (HONCP-E).

A medida que se profundiza en el análisis de hábitats específicos de forma anidada, la escala de trabajo se reduce, lo que dificulta la visualización de los parches a nivel general del país. Es por eso que al igual que para mapas anteriores, para presentar visualmente los resultados se optó por agrupar las cuatro categorías en dos: Hábitats de Protección Más Estricta (HOCP+E + HONCP+E) y Hábitats de Protección Menos Estricta (HOCP-E + HONCP-E). Las Figuras 19b-d destacan zonas de la costa dominicana, ilustrando de manera representativa algunos de los resultados obtenidos.

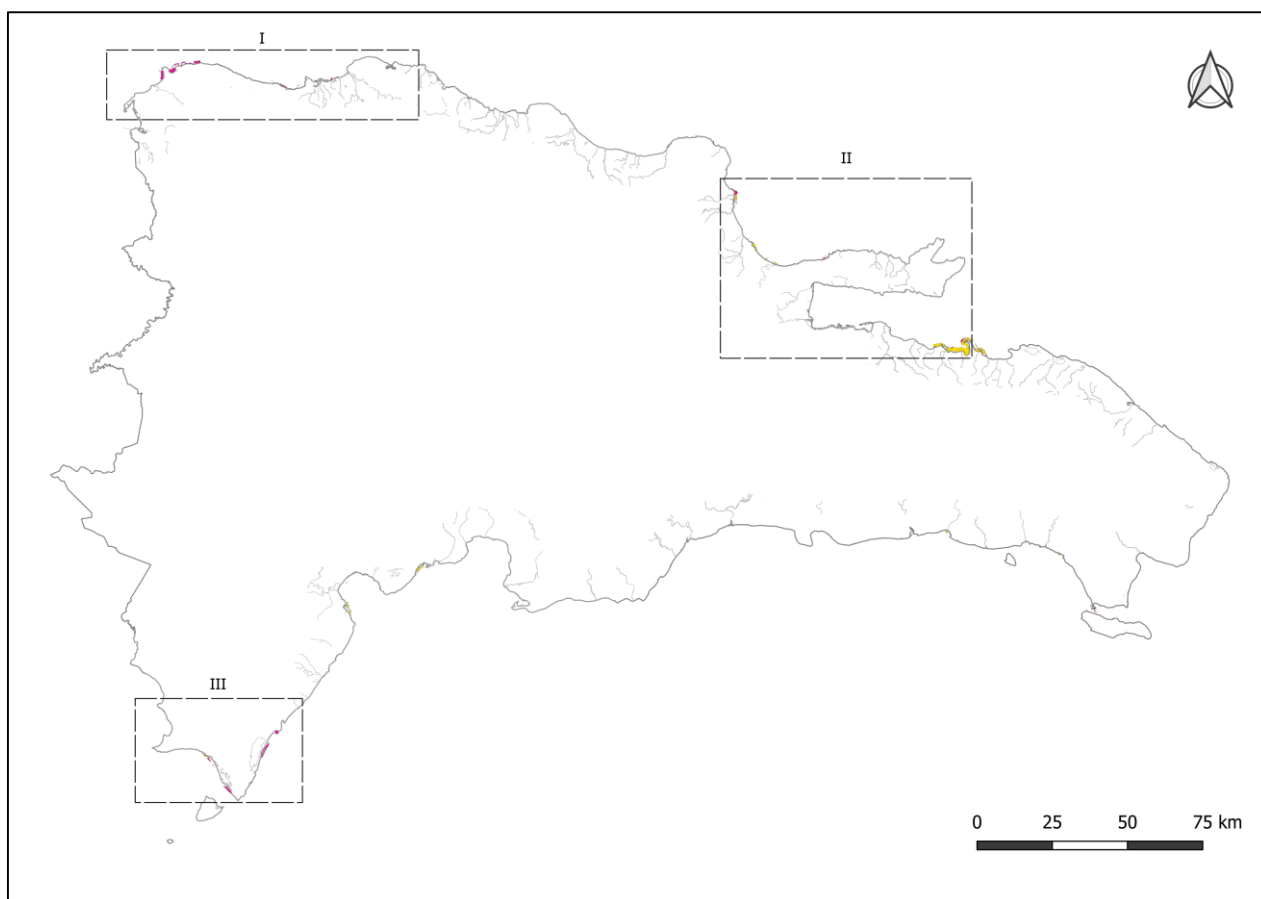


Fig. 19a. Mapa de Grado de Protección de los Hábitats. Se observan las dos categorías: Hábitats de Protección Más Estricta (HOCP+E + HONCP+E) en polígonos color magenta y Hábitats de Protección Menos Estricta (HOCP-E + HONCP-E) en polígonos color amarillo. Los cuadros de línea punteada corresponden a la secciones focales ampliadas.

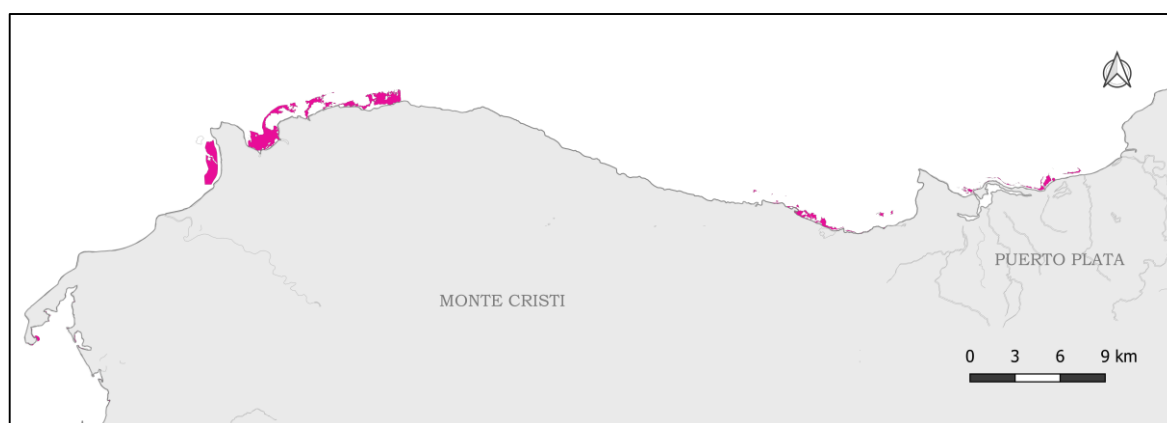


Fig. 19b. Mapa de Grado de Protección de los Hábitats ampliado para la sección focal I: zona de Montecristi. Hábitats de Protección Más Estricta en polígonos color magenta y Hábitats de Protección Menos Estricta en polígonos color amarillo.

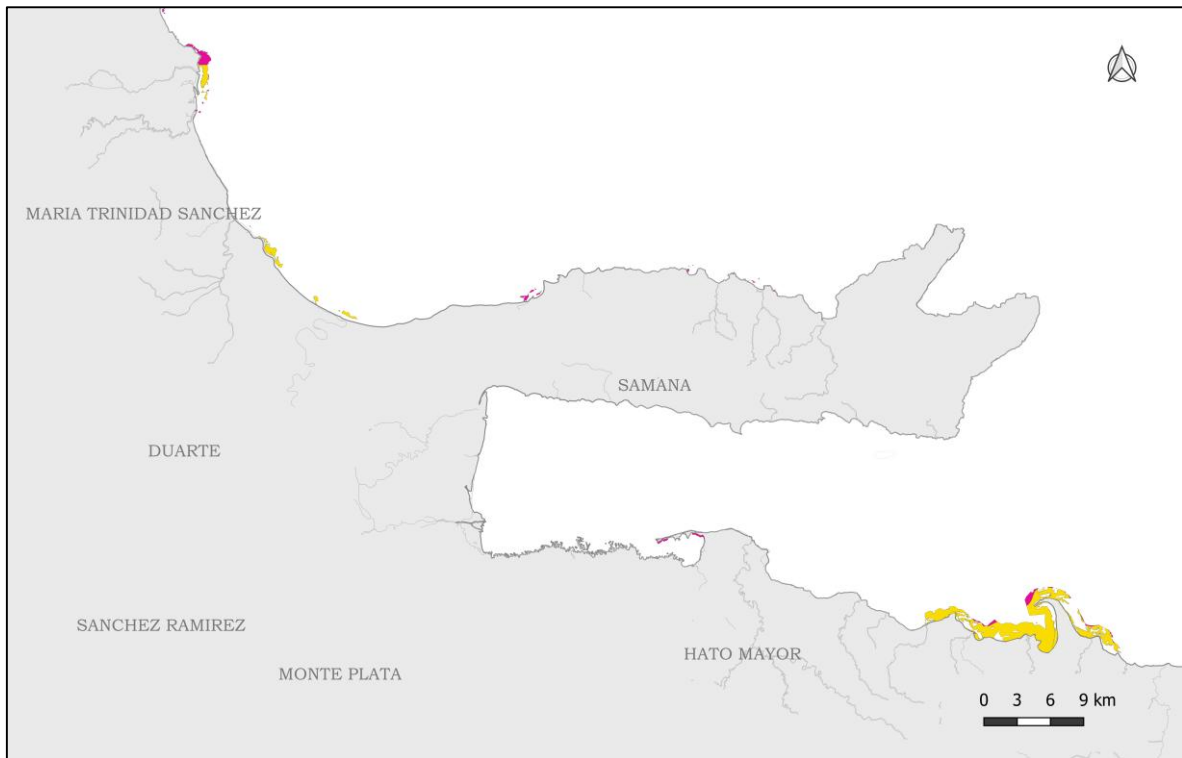


Fig. 19c. Mapa de Grado de Protección de los Hábitats ampliado para la sección focal II: zona de Samaná. Hábitats de Protección Más Estricta en polígonos color magenta y Hábitats de Protección Menos Estricta en polígonos color amarillo.

El Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Más Estricto (HOCP+E) abarcó áreas de HOCP que son altamente compatibles con la conservación de la especie y donde las actividades o intervenciones humanas permitidas representarían en menor medida amenazas significativas debido a que se encuentran ubicadas dentro de los límites de la jurisdicción de un área protegida estricta. El Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Menos Estricto (HOCP-E) en contraste, incluyó áreas de HOCP donde el nivel de protección es menos estricto y por lo tanto podría no ser adecuado para la conservación del manatí.

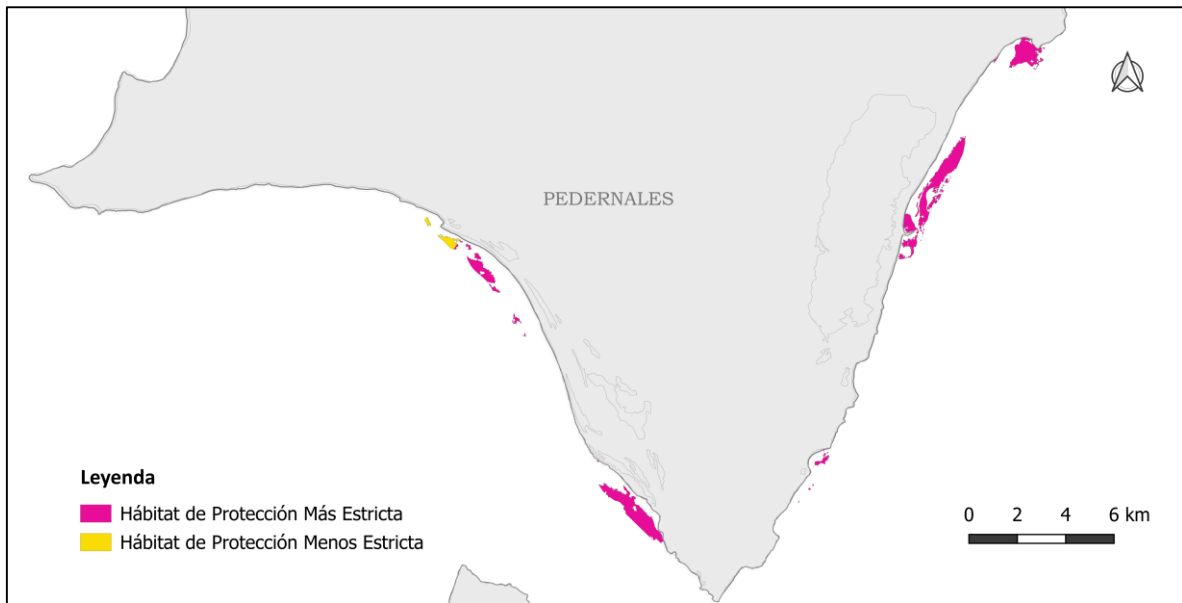


Fig. 19d. Mapa de Grado de Protección de los Hábitats ampliado para la sección focal III: zona de Pedernales. Hábitats de Protección Más Estricta en polígonos color magenta y Hábitats de Protección Menos Estricta en polígonos color amarillo.

Por su parte, en el Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Más Estricto (HONCP+E), nos encontramos con áreas de alta aptitud para los manatíes, donde si bien no se ha confirmado la presencia y uso por parte de la especie, su carácter de potencialidad de hábitat y grado de protección estricto los vuelve zonas de interés para su atención y preservación. Por último, el Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Menos Estricto (HONCP-E), de igual forma que en la clasificación previa, se corresponde con áreas de alta aptitud y donde no se constata la presencia de la especie. Sin embargo, difiere en que, si bien podrían tratarse de hábitats potenciales de alto valor, su grado de protección podría no ser adecuado para el manatí y por lo tanto ser zonas de gran vulnerabilidad. Todos estos aspectos serán discutidos en detalle posteriormente.

A partir de esta nueva recategorización enfocada en el grado de la protección de los ambientes de gran aptitud, la mayor cobertura corresponde al Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Menos Estricto (HOCP-E), seguido por el Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Más Estricto (HOCP+E), luego el Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Menos Estricto (HONCP-E) y por último el Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Más Estricto (HONCP+E) (Tabla 14).

Tabla 14. Superficie y cobertura porcentual de cada categoría respecto de los hábitats óptimos protegidos (HOCP y HONCP).

Categoría	Área (km²)	% de Cobertura del HCP
Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Menos Estricto (HOCP-E)	24.47	51.61%
Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Más Estricto (HOCP+E)	18.34	38.69%
Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Menos Estricto (HONCP-E)	4.32	9.11%
Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Más Estricto (HONCP+E)	0.28	0.58%

En la representación gráfica porcentual de la Figura 20 se observa cómo se distribuye la superficie total según el grado de protección en las 4 categorías. Del proceso resultante se evidencia la dominancia de los hábitats de protección menos estricta en los tonos rojos. Es decir que dichos ambientes si bien están contenidos dentro de un área protegida, las categorías de protección actual se corresponderían con áreas de alto uso y actividad humana.

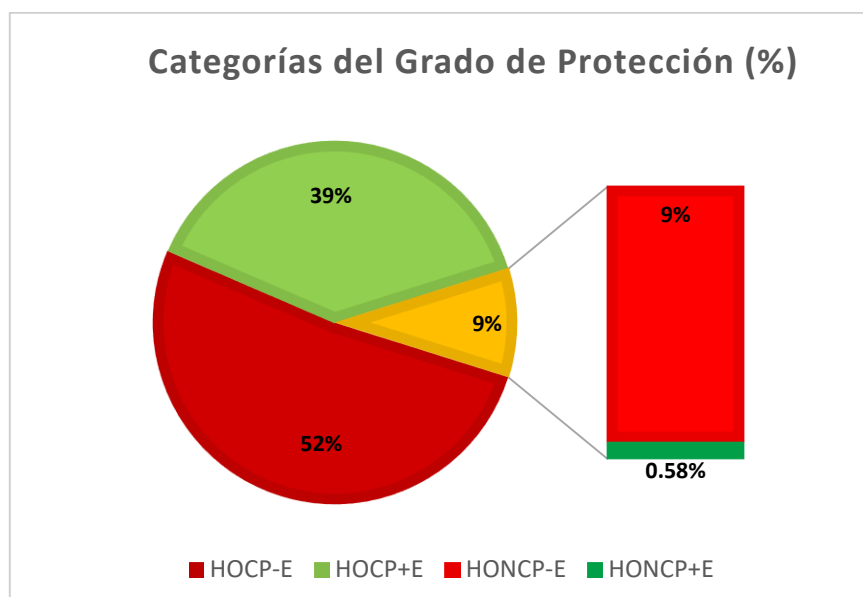


Figura 20. Representación porcentual de la cobertura de cada uno de los hábitats según su categorización del grado de protección. HOCP-E: Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Menos Estricto; HOCP+E: Hábitat Óptimo Confirmado Protegido Más Estricto; HONCP-E: Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Menos Estricto; HONCP+E: Hábitat Óptimo No Confirmado Protegido Más Estricto.

Al agrupar estas clasificaciones de hábitats según el grado de protección vemos que el 39,27% de los hábitats óptimos con presencia confirmada y protegidos (HOCP) pertenecen a las categorías de protección más estrictas (categorías I, II y III), mientras que 60,73% de esos hábitats restantes presentan una protección menos estricta (categorías IV, V y VI) y potencialmente menos adecuada para el manatí (Figura 21).

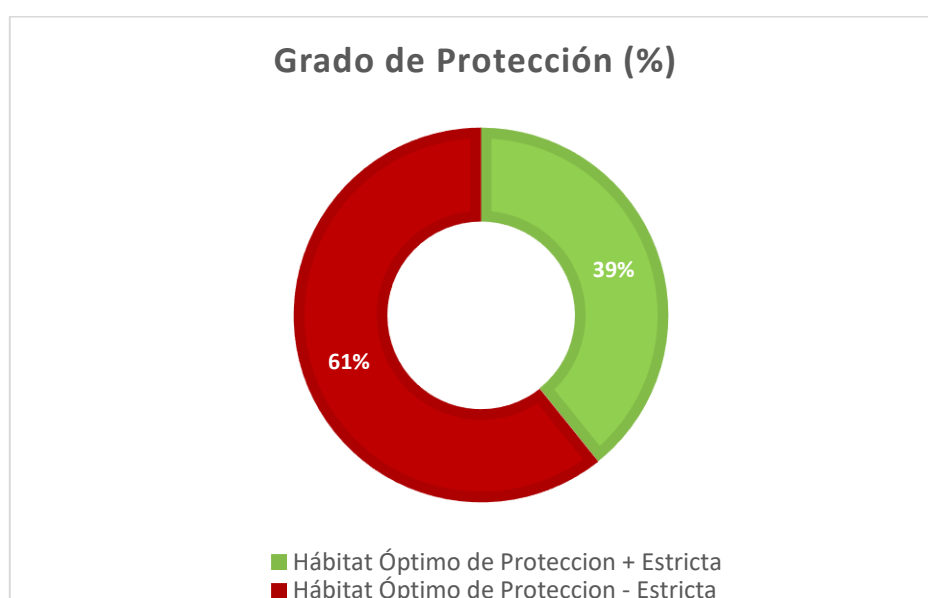


Figura 21. Porcentaje de cobertura de los hábitats óptimos confirmados según el grado de protección. En verde los HOC de protección más estricta (HOCP+E y HONCP+E) y en rojo los HOC de protección menos estricta (HOCP-E y HONCP-E).

7- Discusión

Este estudio marca un avance significativo al ser pionero en la identificación precisa y detallada de los hábitats óptimos para el manatí del Gran Caribe en la República Dominicana. Investigaciones previas se centraron en aspectos poblacionales (Domínguez-Tejo, 2016, 2021; Lefebvre, 2001 y Belitsky & Belitsky, 1980, 1978), brindando información sobre las áreas con mayores densidades de individuos, lo que permitía inferir la presencia de hábitats con características adecuadas en dichas zonas. Mientras que este trabajo proporciona una evaluación sistemática e independiente sobre la disponibilidad de hábitats adecuados a lo largo de toda la

costa dominicana. A la vez, no solo revela como los *hot-spots* históricos de avistamientos se corresponden con los hábitats óptimos, sino que ofrece una caracterización de estos hábitats óptimos delimitados. Conocer la distribución de los hábitats marino-costeros que cumplen con los requisitos ecológicos esenciales del manatí del Gran Caribe resulta fundamental, ya que estos hábitats constituyen áreas de alta calidad para la reproducción, alimentación y refugio los cuales proveerían un alivio fisiológico minimizando el costo energético para los individuos (Haase et al. 2023). La relación encontrada entre los hábitats adecuados (Hábitats Óptimos) y los hábitats no adecuados (Hábitat No Apto Costero + Hábitat Subóptimo) fue de aproximadamente 1 a 14, destacando una disparidad en la disponibilidad de hábitats óptimos. Con un Hábitat Óptimo (HO) de cerca de 90 km² de superficie frente a 1260 km² de los Hábitat No Apto Costero más Hábitat Subóptimo, se observa una prevalencia en dos órdenes de magnitud de estos últimos. Esto podría tener implicaciones para la conservación del manatí, ya que frente a un predominio de áreas con hábitats no adecuados se podría esperar un mayor gasto de energía por parte del individuo al moverse para hacer uso de los recursos necesarios.

La identificación geográfica del Hábitat Óptimo Confirmado (HOC) es fundamental como herramienta de gestión para la conservación de la especie en República Dominicana. El análisis de la distribución geográfica de estos hábitats revela patrones que coinciden con aquellos señalados previamente por Domínguez-Tejo (2021, 2016) y Belitsky & Belitsky (1980, 1978). Con un 89% de los hábitats óptimos con confirmación de uso por parte de la especie se destaca la asociación positiva entre los manatíes y la identificación de Hábitat Óptimo. Si bien es evidente que en algunas zonas identificadas como HOC la densidad de parches es mayor que en otras, en este estudio no se evaluó dicha medida. Por lo tanto, incluso aquellas zonas con baja frecuencia de parches óptimos con uso confirmado como el norte de Samaná, Estero Hondo y Luperón fueron correctamente categorizados como HOC. La identificación de los HOC también establece los fundamentos para iniciativas de conservación con un enfoque basado en áreas. Este enfoque se caracteriza por la identificación y designación de áreas que actúen como refugios para la vida silvestre, promoviendo la conservación de hábitats críticos y especies amenazadas. El análisis

de vacíos en conservación proporciona un marco teórico adecuado para discutir los resultados obtenidos sobre la distribución y la efectividad del sistema de áreas protegidas para la conservación del manatí del Gran Caribe. En nuestro estudio, hemos identificado y mapeado hábitats óptimos y áreas protegidas relevantes, revelando vacíos críticos en la protección de aproximadamente el 50% de los hábitats óptimos caracterizados. Ahora bien, como señala esta metodología, es necesaria una priorización para avanzar en la acción de llenar dichos vacíos. Es por eso que se determina y propone priorizar en las planificaciones, la protección de los Hábitats Confirmados No Protegidos (HOCNP), que representan más del 41% del total de hábitats relevantes con uso confirmados.

En la República Dominicana, el marco de trabajo del Convenio de Diversidad Biológica es el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), el cual con el fin de cumplimentar los objetivos asumidos llevó a cabo el Análisis de Vacíos del SINAP bajo los criterios establecidos por Dudley y Parrish (2006, 2005). Dicho análisis reveló una falta de representación en su componente marino-costero para el manatí del Gran Caribe, y para abordarlo se definió que las modificaciones al SINAP debían proteger legalmente las áreas críticas, como praderas marinas y fuentes de agua dulce, especialmente en aquellas zonas que históricamente han reportado poblaciones residentes de esta especie (Domínguez, 2008). La concordancia con estos antecedentes fortalece el presente trabajo, más aún al considerar que las recomendaciones del SINAP surgen de identificar sitios funcionales a través de criterios amplios y generales, mientras que la presente investigación se enfoca en un único objeto de conservación y busca proporcionar herramientas más específicas para la planificación y acciones futuras. La evaluación del grado de protección de los hábitats revela una disparidad significativa entre la protección más estricta y menos estricta. Más del 60% de los Hábitat Óptimo Confirmado Protegido (HOCP) presentan una protección menos rigurosa, lo que podría subrayar la necesidad de evaluar las estrategias de conservación actuales. Esta diferencia entre los HOCP más y menos estrictos se refleja en el Mapa 4 de Grado de Protección de los Hábitats, donde más del 51% de estos se identifican como HOC Protegidos Menos Estrictos (HOCP-E), sugiriendo la necesidad de evaluar si este grado de protección podría no ser suficiente para garantizar la supervivencia de la especie. En consecuencia, se

recomienda realizar una revisión crítica de las estrategias de gestión de áreas protegidas para garantizar su efectividad en la conservación de hábitats y especies vulnerables, especialmente aquellos con una protección menos rigurosa. Existen diversos enfoques de gestión que pueden no ofrecer una protección completa para ciertas especies o ecosistemas (Dudley y Parrish, 2006). Los vacíos en la gestión pueden adoptar diversas formas, lo que resalta la importancia de evaluar la adecuación de las medidas de conservación actuales. Es esencial considerar los HOCP-E como hábitats vulnerables y priorizar su protección con designaciones apropiadas, no solo para resguardar la especie, sino también para preservar los ecosistemas en su conjunto. La categorización global reconocida internacionalmente y empleada en este estudio (Dudley, 2008) reconoce seis categorías de gestión según sus objetivos, desde aquellas estrictamente protegidas hasta áreas que incluyen paisajes culturales y comunidades humanas establecidas, lo que destaca la diversidad de enfoques necesarios para la conservación efectiva de hábitats marinos en peligro. La protección de los Hábitats Óptimos No Confirmados (HONC) podría parecer de importancia secundaria frente a los otros aspectos destacados en este trabajo. Sin embargo, podrían desempeñar un papel crucial en el panorama ecológico nacional. Representan más del 10% del Hábitat Óptimo, resaltando la necesidad de investigaciones y monitoreo para confirmar la presencia de la especie y considerarlos en futuros planes de manejo. La incertidumbre actual sugiere prestar una especial atención para garantizar la protección efectiva de todos los hábitats óptimos disponibles para la especie en el mediano plazo, priorizando estratégicamente aquellos más vulnerables, especialmente dado el avance en la degradación del ambiente marino y los efectos del cambio climático.

La elección de la metodología empleada proporcionó una herramienta simple y eficiente a la hora de abordar las complejidades inherentes a la conservación del hábitat del manatí del Gran Caribe. En la definición de unidades homogéneas de conservación, se debe considerar la incertidumbre intrínseca y su posible influencia en los resultados, derivada de la calidad y disponibilidad de datos, así como de la complejidad de los ecosistemas marino-costeros. Durante el proceso de categorización de hábitats, se enfrentó la elección entre datos ráster y vectoriales, optando por estos últimos debido a su accesibilidad, facilidad en el manejo, y la

posibilidad de integrar la información a través de procesos de análisis espacial sencillos. Aunque esta elección simplificó el proceso de identificación y delimitación de hábitats, se reconoce que los datos ráster podrían ser más adecuados para ciertos análisis que requieren mayor resolución y el reconocimiento de gradientes con un grano fino a la escala de unos pocos metros. Asimismo, es importante destacar que la ocurrencia de otros factores ambientales, como la presencia de aguas tranquilas generadas por cadenas arrecifales cercanas a la costa y las surgencias de agua dulce subterránea, podría haber sido de interés para su evaluación e inclusión en el análisis. Estos elementos han sido sugeridos como aspectos potencialmente relevantes para el hábitat del manatí y, de haberse considerado, podrían haber aportado una perspectiva más integral al estudio, sin embargo, esta información aún no ha sido relevada y por lo tanto no se encuentra disponible.

Por otra parte, la definición de los criterios seleccionados fue crucial en la metodología de este estudio y, como tal, deben ser valorados en la interpretación de los resultados. Es relevante considerar el factor "criterio experto", el cual se apoya en el conocimiento y discernimiento del investigador, pudiendo influir en la identificación de los hábitats óptimos. Es determinante reconocer que este enfoque podría introducir un componente subjetivo en la delimitación de los hábitats incluso a pesar de estar bien fundamentado. La definición de criterios en procesos similares se realiza comúnmente mediante talleres que involucran a una red de expertos (Drew, et al. 2012; Domínguez, 2008) donde se fomenta la colaboración y el intercambio de ideas, enriqueciendo el proceso y aumentando la legitimidad y aceptación de los criterios definidos. En este trabajo nos basamos en la metodología empleada en dichos talleres al trabajarlo de manera interdisciplinaria con expertos, alcanzando el mejor conocimiento hasta la fecha para nuestro caso de estudio. Reconocemos que este enfoque está sujeto a mejoras futuras, y por ello, se pone a disposición la información generada para su utilización por parte de otros investigadores y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). Esta iniciativa pretende sumar a los esfuerzos preexistentes, permitiendo que nuestro trabajo sea una base sólida y adaptable para futuros estudios y estrategias de conservación. En cuanto a la disponibilidad y calidad de los datos, se ha hecho un esfuerzo significativo en su recolección y garantía de integridad, pero la limitada

disponibilidad y actualización de los datos puede haber afectado la precisión temporal de los resultados, especialmente en un entorno tan dinámico como el ecosistema marino-costero. La falta de detalle sobre la metodología empleada para obtener ciertos datos base podría haber influido en el alcance de los resultados y conclusiones finales. Esto resalta la importancia continua de realizar esfuerzos de recopilación de datos, así como su actualización periódica. En este sentido, en este trabajo ofrecemos una base de datos actualizada a partir de una recopilación exhaustiva de la información disponible, así como una metodología detallada, lo que permitirá a futuros investigadores y gestores diagramar acciones de conservación más asertivas. Otro aspecto a considerar es la precisión de los datos de registros de presencia de manatíes para la validación de los vacíos de conservación. Los registros utilizados en este estudio carecen de la precisión necesaria para lograr dicha validación, debido al proceso de digitalización de datos a partir de documentos cartográficos en formato PDF. La realización de un censo poblacional con datos georreferenciados permitiría realizar una validación exhaustiva y de mejor calidad el cual permitiría determinar qué porcentaje de los registros de presencia se encuentran efectivamente en los hábitats óptimos identificados y cuántos no.

Los resultados obtenidos en este estudio sientan las bases para la gestión y conservación de los hábitats marino-costeros de los que el manatí del Gran Caribe depende, destacando el logro que implicó el haber colectado y unificado los datos e información suministrados por distintos actores e instituciones. La integración de datos actualizados, el uso de técnicas avanzadas de sistema de información geográfica (SIG) y la validación en terreno, se proyectan para alcanzar mayor precisión en las actualizaciones futuras. La colaboración adicional con expertos en la revisión de estas y posteriores categorizaciones asistirá con robustez el rigor científico del enfoque utilizado. Estos hallazgos representan un avance significativo en el campo de la ecología marina para la República Dominicana y ofrecen una guía invaluable para la toma de decisiones informadas en la planificación y ejecución de estrategias de conservación. En síntesis, este trabajo acentúa el compromiso continuo con la mejora de las metodologías de investigación aplicadas para la toma de decisiones basada en evidencia en pos de la protección efectiva de los ecosistemas marinos.

8- Conclusiones y Recomendaciones Finales

En función de los resultados obtenidos y con el objetivo de traducir este estudio en acciones concretas para la conservación del manatí del Gran Caribe en la República Dominicana, se presentan a continuación una serie de recomendaciones estratégicas que contribuyen a la preservación efectiva de los hábitats. Estas recomendaciones se presentan en un orden de prioridad que refleja la urgencia de las acciones propuestas.

1- Propuesta para la validación a campo de los Hábitats Óptimos

Con el propósito de asegurar la fiabilidad y robustez de las conclusiones derivadas del estudio, se propone la validación en campo de los hábitats identificados como óptimos para el manatí del Gran Caribe. Este proceso implica una confirmación directa de la presencia de variables de clasificación, como la presencia de manglares, praderas y fuentes de agua dulce a una cierta distancia, y de otras variables derivadas esperadas como podrían ser la baja salinidad, la turbidez y el pH. La validación en terreno ofrecerá detalles adicionales sobre estos hábitats y potencialmente sobre la interacción del manatí con los mismos. Este enfoque de validación, al estar anclado en la observación empírica, proporcionará una base sólida para la planificación y ejecución de medidas de conservación específicas y adaptadas a las necesidades reales del manatí en su entorno marino-costero.

2- Propuesta para validar el “uso confirmado” de los hábitats

El área de uso confirmado es clave para delimitar las medidas de conservación. Sin embargo, es necesario validar estos hábitats de manera más exhaustiva para poder mejorar nuestra intervención y decisiones de manejo. Con el objetivo de determinar con mayor precisión cuales son los hábitats óptimos para la especie y, en consecuencia, las prioridades para su conservación, sería importante contar con datos actualizados correspondientes al último censo realizado para la especie en 2023 cuyos datos aún no se encuentran disponibles (A. Alvarez Alemán, comunicación personal, Diciembre de 2023). Integrar datos actualizados sobre la distribución y estimaciones de densidad de la población de manatíes en la República Dominicana fortalecerá la precisión de las conclusiones de este trabajo a su vez que brindará mejor orientación sobre las estrategias de conservación a realizar.

3- Propuesta para abordar la protección efectiva de los Hábitats Óptimos Confirmados No Protegidos (Vacíos de Conservación)

La preservación de los Hábitats Óptimos Confirmados No Protegidos (HOCNP), reconocidos como áreas óptimas con presencia confirmada del manatí, debe ser abordada con un enfoque estratégico urgente. La representación de estos hábitats relevantes en el sistema de áreas protegidas nacional es una medida crítica. Ahora bien, la creación de nuevas áreas protegidas sería solo el primer paso de la presente propuesta; el compromiso continuo y la implementación de estrategias adaptativas son esenciales para garantizar el éxito a largo plazo en la conservación de estos hábitats críticos. En este sentido se propone como base la generación de talleres participativos y colaborativos con actores clave para definir las acciones a tomar de manera efectiva. Una vez generado dicho insumo, a corto plazo se sugiere implementar medidas para fortalecer la conservación en los HOCNP. Esto podría incluir: 1- el desarrollo de estrategias de monitoreo continuo de largo plazo para evaluar la salud, dinámica de recursos y presión antropogénica; 2- colaboración con comunidades locales al involucrarlas activamente en la gestión y conservación de dichas áreas; 3- implementación de medidas de mitigación para minimizar impactos negativos potenciales, considerando actividades humanas como la navegación y el desarrollo costero; 4- educación y sensibilización a través de campañas educativas para concientizar a la población local, pescadores y visitantes sobre la importancia de estos hábitats y las prácticas de conservación necesarias para su salvaguarda; 5- evaluación periódica de efectividad para medir la efectividad de las medidas de conservación implementadas y ajustar estrategias según sea necesario.

4- Propuestas sobre los Hábitats Óptimos Confirmados Protegidos Menos Estrictos

Ante la identificación de hábitats potencialmente vulnerables, como los Hábitats Óptimos Confirmados Protegidos Menos Estrictos (HOCP-E), se sugiere una evaluación minuciosa de las medidas de protección actuales asociadas a su categorización. Como resultado de dicha evaluación se propondrán, según el caso, los cambios identificados como necesarios a cerca de la gestión de estas áreas o incluso la recategorización propiamente dicha. Reforzar y fortalecer las salvaguardas en estas áreas contribuirá a reducir amenazas potenciales y a consolidar la conservación del manatí del Gran Caribe.

5- Propuestas sobre los Hábitats Óptimos No Confirmados

Se sugiere la realización de campañas de campo focalizadas en las áreas identificadas como Hábitats Óptimos No Confirmado (HONC), con el propósito de verificar la presencia o ausencia de la especie y recopilar datos directos. La colaboración con expertos locales y comunidades costeras podría enriquecer este trabajo, aprovechando su conocimiento tradicional. De esta manera se podrían definir su función para la especie y tomar acciones en consecuencia acertadas.

9- Perspectivas de Investigación a Futuro

Otro punto relevante que complementa este trabajo y que podría tener implicaciones significativas para la conservación del manatí en la República Dominicana, es la identificación y protección de corredores ecológicos entre los hábitats relevantes identificados. Los manatíes utilizan zonas más profundas para trasladarse entre sitios de uso clave. En este trabajo esos sitios se corresponderían con los denominados Hábitats Subóptimos. Sin embargo, conocer el uso e importancia de estos ambientes para la especie reviste gran importancia. Si durante un futuro análisis se encontraran áreas que conectan los hábitats óptimos con uso confirmado entre sí, preservar estos corredores podría facilitar el movimiento de los manatíes entre diferentes zonas importantes para su supervivencia, asegurando flujo génico entre individuos. La creación y preservación de estos corredores contribuiría a mitigar la fragmentación del hábitat que se encuentra en proceso y fortalecer la resiliencia de la población de manatíes.

En la próxima fase de investigación y a corto plazo, sería esencial incorporar a esta evaluación la vinculación entre los hábitats relevantes identificados y las actividades antropogénicas. Considerándose en este proceso factores de revisten amenazas significativas para la especie como ser la actividad náutica, el desarrollo urbano y la actividad pesquera en zonas costeras. Estas interacciones potenciales entre los hábitats críticos para el manatí y las actividades humanas deben ser examinadas a fondo para comprender cómo la presión antropogénica puede afectar la integridad de estos entornos. Este análisis proporcionará información crucial para el diseño de estrategias de conservación efectivas, que no solo se centren en la protección directa de los hábitats, sino también en la mitigación de impactos negativos derivados de

la actividad humana. Aportando una invaluable herramienta de gestión a la hora de definir acciones prioritarias y destino de recursos. En este sentido también se sugiere un taller colaborativo y participativo de actores clave donde se evalúen y definan las amenazas para la especie en el país.

10- Bibliografía

Allen, A., Beck, C., Bonde, R., Powell, J. and Gomez, N. (2018). Diet of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in Belize, Central America. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 98(7), 1831-1840.

Alvarez-Alemán, A. (2010). Estado actual del manatí (*Trichechus manatus*) en la Ensenada de la Siguanea: Consideraciones para su conservación. Tesis presentada en opción al Título Académico de Maestro en Manejo Integrado de Zonas Costeras, Universidad de la Habana, La Habana, Cuba. 96 pp.

Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. (editors) (2006). The nature of the community, patterns in space and time. In Ecology: from Individuals to Ecosystems pp 471–472 Oxford: Blackwell.

Belitsky, D. W., and Belitsky C. L. (1978). The manatee, *Trichechus manatus*, in the Dominican Republic: distribution and abundance. Serie Publicaciones Científicas Núm. 1. Dirección Nacional de Parques, Santo Domingo, Dominican Republic.

Belitsky, D. W., Belitsky, C. L. (1980). Distribution and abundance of manatees (*Trichechus manatus*) in the Dominican Republic. Biological Conservation 17:313-319.

Castelblanco-Martínez, D. N., Morales-Vela, B., Hernández-Arana, H. A., and Padilla-Saldivar, J. (2009). Diet of the manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Chetumal Bay, Mexico. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 7(1-2), 39-46.

Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. Sci. Adv. 1, e1400253.

Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Raven, P. H. (2020). Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 117(24), 13596–13602.

Collazo, J.A., Krachey, M.J., Pollock, K.H., Pérez-Aguilo, F.J., Zegarra, J.P., & Mignucci-Giannoni, A.A. (2019). Population estimates of Antillean manatees in Puerto Rico: an analytical framework for aerial surveys using multi-pass removal sampling. Journal of Mammalogy, 100(4), 1340–1349. DOI:

10.1093/jmammal/gyz076. Published by Oxford University Press on behalf of American Society of Mammalogists.

Dirzo, R., Ceballos, G., Ehrlich, P. R. (2022). Circling the drain: the extinction crisis and the future of humanity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 377(1857), 20210378.

Domning, D.P., Hayek, L.A.C. (1986). Interspecific and intraspecific morphological variation in manatees (*Sirenia: Trichechus*). *Mar Mammal Sci* 2:87-144.

Domínguez, E., Grasela, K. y Núñez, F. (2008). Análisis de Vacíos de Representación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de la República Dominicana. Informe Técnico Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.”

Domínguez-Tejo, H.M. (2016). Distribution and conservation of the Antillean manatee in Hispaniola. PhD thesis, Duke University, Durham, USA.

Domínguez-Tejo, H.M. (2021). History and conservation status of the Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in Hispaniola. *Oryx*, 55(2), 284-293.

Drew, C. A., Alexander-Vaughn, L. B., Collazo, J. A., Reid, J. P., and Slone, D. H. (2012). Science summary in support of Manatee Protection Area (MPA) design in Puerto Rico. Technical Bulletin 330. North Carolina Agricultural Research Service, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University, Raleigh, NC.

Dudley, N. (Editor) (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. Gland, Suiza: UICN. x + 96pp.

Dudley, N. and Parrish, J. (2006). Closing the GAP: creating ecologically representative protected area systems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity – UNEP. 108 pp.

Dudley, N. y Parrish, J. (2005). Cubriendo los vacíos, la creación de sistemas de áreas protegidas ecológicamente representativos. The Nature Conservancy (TNC). Yucatán, México. 117 p.

Edwards, H. (2013). Potential impacts of climate change on warm water megafauna: the Florida manatee example (*Trichechus manatus latirostris*). *Clim. Change* 121, 727–738. doi: 10.1007/s10584-013-0921-2.

Flores-Cascante, L. (2009). Dieta del manatí *Trichechus manatus* Linnaeus 1758, mediante el análisis de heces y revisión bibliográfica de su fisiología digestiva. Chetumal, Quintana Roo. Instituto Tecnológico de Boca del Río, 29 pp.

Gallopín, G. C. (1996). Una metodología multivariable para la regionalización ambiental. I. Bases Metodológicas. *Ecología Argentina*. 7: 161-176.

García-Gómez, J. C., Corzo, J. R., López-Fe, C. M., Sánchez-Moyano, J. E., Corzo, M., Rey, J., et al. (2003). Metodología cartográfica submarina orientada a la gestión y conservación del medio litoral: mapa de las comunidades bentónicas del frente litoral norte del estrecho de Gibraltar. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 19, 149–163.

- Hartman, D. S. (1979). Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. American Society of Mammalogists Special Publication 5:1–153.
- Haase, C. G., Fletcher Jr, R. J., Slone, D. H., Reid, J. P., & Butler, S. M. (2023). Quality of thermal refuges influences use by the cold-intolerant Florida manatee. *Endangered Species Research*, 51, 89-101.
- Hill, A., Reynolds III, J. E. (1989). Gross and microscopic anatomy of the kidney of the West Indian manatee, *Trichechus manatus* (Mammalia: Sirenia). *Cells Tissues Organs*, 135(1), 53-56.
- Hockings, M., Stolton, S., Leverington, F., Dudley, N. and Courrau, J. (2006). Evaluating Effectiveness: A framework for assessing management effectiveness of protected areas. 2nd edition. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xiv + 105 pp.
- Hoson, O., Kawada, S. I., Oda, S. I. (2012). Ossification patterns of basicranial sutures in manatees, genus *Trichechus*. *Mammal study*, 37(3), 213-225.
- Hurst, L. A., and Beck, C. A. (1988). Microhistological characteristic of selected aquatic plants of Florida, with techniques for the study of manatee food habits. Department of the Interior. Fish and Wildlife Service, 145 pp.
- Kandus, P. y Minotti, P. (2018). Propuesta de un marco conceptual y lineamientos metodológicos para el Inventario Nacional de Humedales., Informe final. Documento Rector del Inventario Nacional de Humedales DI-2018-3-APN-SSPYOAD#MAD, 3iA-UNSAM, 135 pp.
- Kandus, P. (1997). Análisis de patrones de vegetación a escala regional en el Bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Lefebvre, L.W., Provancha, J.A., Slone, D.H., Kenworthy, W.J. (2017) Manatee grazing impacts on a mixed species seagrass bed. *Mar Ecol Prog Ser* 564:29-45. <https://doi.org/10.3354/meps11986>
- Lefebvre, L., Marmontel, M., Reid, J.P., Rathbun, G.B., Domning, D.P. (2001). Status and biogeography of the West Indian manatee. In: *Biogeography of the West Indies, Patterns and perspectives*. Woods Ch.A., Sergile, F.E. (Eds.), second ed. CRC, Boca Raton, FL, pp. 425–474.
- Lefebvre, L.W., Reid, J.P., Kenworthy, W.J., Powell, J.A. (2000). Characterizing manatee habitat use and seagrass grazing in Florida and Puerto Rico: implications for conservation and management. *Pacific Cons. Biol.* 5, 289–298.
- Maluff, N.S.R. (1989). Renal anatomy of the manatee, *Trichechus manatus* (Linnaeus). *American Journal of Anatomy* 184, 269–286.
- Marsh, H., Sobtzick, S. (2019). Dugong dugon (amended version of 2015 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T6909A160756767.

- Marsh, H. (Ed.). (2022). *Ethology and Behavioral Ecology of Sirenia* (Vol. 6). Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-90742-6>.
- MEPyD, (2018). Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo de la Republica Dominicana. Contexto actual del agua en la República Dominicana. Mesa de Coordinación del Agua, Octavo Foro Mundial del Agua.
- Mignucci-Giannoni, A. A., González-Socoloske, D., Aquarium, C., Aquino, J., Caicedo-Herrera, D., Castelblanco-Martínez, D. N., ... & Silva, C. J. (2024). What's in a Name? Standardization of Vernacular Names for *Trichechus manatus*. *Caribbean Naturalist*, (98), 1-17.
- Mignucci-Giannoni, A. A., Beck, C. A., Montoya-Ospina, R. A., and Williams, E. H. (1999). Parasites and commensals of the West Indian manatee from Puerto Rico. *Journal of the Helminthological Society of Washington*, 66(1), 67-69.
- MMARENA, (2011). Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de la Republica Dominicana. Lista de especies en peligro de extinción, Amenazadas o Protegidas de la Republica Dominicana (Lista Roja Nacional). Santo Domingo, República Dominicana.
- MMARENA, (2012). Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de la Republica Dominicana. Atlas de Biodiversidad y Recursos Naturales de la República Dominicana.
- MMARENA, (2018). Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de la Republica Dominicana. Lista de Especies de Fauna en Peligro de Extinción, Amenazadas o Protegidas de la República Dominicana (Lista Roja Nacional). Santo Domingo, República Dominicana.
- Morales-Vela, B., Quintana-Rizzo, E. & Mignucci-Giannoni, A. (2024). *Trichechus manatus* ssp. *manatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2024: e.T22105A43793924. Accessed on November 2024.
- Olivera-Gómez, L.D., Mellink, E. (2005). Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) as a function of habitat characteristics, in Bahía de Chetumal, Mexico. *Biological Conservation* 121(1), 127–133.
- Packard, J.M. (1984). Impact of manatees *Trichechus manatus* on seagrass communities in eastern Florida. *Acta Zoologica Fennica* 172, 21–22.
- Pérez-Chacón Espino, E. (2005). "Unidades de paisaje: aproximación científica y aplicaciones.": 122-135.
- Powell, J.A., Belitsky D., Rathbun, G.B. (1981). Status of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*) in Puerto Rico. *Journal of Mammalogy* 62:642-646.
- Reynolds III, J. E. (1981). Behavior patterns in the West Indian manatee, with emphasis on feeding and diving. *Florida Scientist*, 44(4), 233-241.

- Ripple, W.J., Wolf C., New-some, T.M, et al. (2019). Are we eating the world's megafauna to extinction?. Conservation Letters. 2019; e12627. <https://doi.org/10.1111/conl.12627>.
- Self-Sullivan, C., Mignucci-Giannoni, A. (2008). *Trichechus manatus ssp. manatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: [e.T22105A9359161](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T22105A9359161.en). <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T22105A9359161.en>. Acceso en Junio de 2024.
- Soulé, M.E. (1986). What is Conservation Biology? BioScience 35(11): 727-734.
- Stoffle, R.W., Halmo, D.B., Wagner, T.W. et al (1994). Reefs from space: Satellite imagery, marine ecology, and ethnography in the Dominican Republic. Hum Ecol 22, 355–378.
- Powell, J. A. (2002). Manatees. Natural History and Conservation. Voyageur Press, Vancouver; 72 pp.
- QGIS.org (2022). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- UICN (2024). *Trichechus manatus ssp manatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2024: <https://www.iucnredlist.org>. Acceso en Noviembre de 2024.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2016). *Trichechus inunguis* (datos espaciales). The IUCN Red List of Threatened Species 2016. <https://www.iucnredlist.org>. Acceso en Febrero de 2024.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2015). *Trichechus senegalensis* (datos espaciales). The IUCN Red List of Threatened Species 2015. <https://www.iucnredlist.org>. Acceso en Febrero de 2024.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2008 a). *Trichechus manatus* (datos espaciales). The IUCN Red List of Threatened Species 2008. <https://www.iucnredlist.org>. Acceso en Febrero de 2024.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2008 b). *Trichechus manatus ssp manatus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. <https://www.iucnredlist.org>. Acceso en Febrero de 2024.
- UNEP, (2010). Regional Management Plan for the West Indian Manatee, *Trichechus manatus* (CEP Technical Report No. 48). UNEP Caribbean Environment Programme, Kingston, Jamaica.
- UNEP-WCMC and UICN (2023). Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA), marzo/2023, Cambridge, RU: UNEP-WCMC y UICN. <http://www.protectedplanet.net>
- Wilson, E. O. (2016). Half-Earth. Our Planet's Fight For Life. New York, NY: Liveright Publishing Corporation.

Whittaker, R. (1975). *Communities and ecosystems*. MacMillan Publishing Co., Inc. New York.

11- Glosario

Este glosario busca garantizar claridad en el uso de términos clave según el contexto de este trabajo. Las definiciones reflejan su aplicación específica en el estudio, aunque pueden variar en otras disciplinas o áreas de investigación.

Aptitud de hábitat: se refiere a la capacidad o idoneidad de un área para satisfacer las necesidades ecológicas esenciales de una especie, permitiendo su supervivencia, desarrollo y reproducción.

Buffer: área de influencia o zona de margen que se delimita alrededor de un elemento geográfico en análisis espaciales.

Hábitat: en ecología, se refiere al entorno físico y biológico en el que vive una especie o población, que proporciona los recursos esenciales, como alimento, refugio y condiciones ambientales adecuadas, necesarios para la supervivencia, reproducción y desarrollo de los organismos que lo habitan. En esta investigación, el término se utiliza también para nombrar las clasificaciones de áreas según su aptitud (HO, HSO, HNAC, etc.) para satisfacer los requerimientos ecológicos esenciales del manatí del Gran Caribe, pudiendo variar respecto a su uso y definición en otros contextos o disciplinas.

Hábitat Óptimo (HO): área geográfica de alta aptitud que reúne todos los requerimientos ecológicos esenciales para la subespecie, incluyendo praderas marinas, manglares, fuentes de agua dulce y profundidades adecuadas, delimitada según los criterios ecológicos establecidos en este estudio.

Hábitat Óptimo Confirmado (HOC): área geográfica de alta aptitud que reúne todos los requerimientos ecológicos esenciales (praderas marinas, manglares, fuentes de agua dulce y profundidades adecuadas) para la subespecie, y en la que, además, se ha confirmado su presencia con base en los registros utilizados en este estudio.

Hábitat Óptimo No Confirmado (HOC): área geográfica de alta aptitud que reúne todos los requerimientos ecológicos esenciales (praderas marinas, manglares, fuentes de agua dulce y profundidades adecuadas) para la subespecie, pero cuya presencia no ha sido confirmada según los registros utilizados en este estudio.

Hábitat Subóptimo (HSO): área geográfica de aptitud intermedia que presenta profundidades adecuadas y uno o dos de los recursos ecológicos esenciales (praderas marinas, agua dulce o manglares).

Hábitat No Apto Costero (HNA): área geográfica de aptitud baja ya que presenta profundidades adecuadas, pero carece de todos demás los recursos esenciales para la subespecie (praderas marinas, agua dulce o manglares).

Mapa de aptitud: herramienta gráfica generada en este estudio para visualizar la distribución espacial de las áreas clasificadas según su aptitud para la especie.

Requerimientos ecológicos esenciales: en ecología se definen como los factores físicos, químicos y biológicos fundamentales que una especie necesita para sobrevivir, crecer, reproducirse y mantener poblaciones viables. Estos incluyen, pero no se limitan, a recursos como alimento, agua, refugio y condiciones ambientales específicas, así como la ausencia de perturbaciones significativas que comprometan su desarrollo. En esta investigación, se refiere a las praderas marinas, manglares, agua dulce y profundidad adecuada. La presencia conjunta de estos requerimientos define áreas de alta aptitud, clasificadas como hábitats óptimos.

Unidades homogéneas de conservación (UHC): áreas definidas espacialmente que comparten características ecológicas, ambientales y de uso similares, lo que permite agruparlas como unidades funcionales para planificar y gestionar esfuerzos de conservación. Estas unidades se delimitan considerando, por ejemplo, atributos como la composición de hábitats, la presencia de especies clave, los procesos ecológicos dominantes y las amenazas compartidas. En esta investigación, las UHC fueron aquellas áreas clasificadas según los criterios definidos, identificando zonas prioritarias del territorio costero-marino para la gestión y conservación del manatí y sus recursos críticos.

Variables de delimitación: factores utilizados para definir los límites espaciales de los hábitats según su aptitud. En este estudio, incluyeron la profundidad del agua, la proximidad a fuentes de agua dulce, la cobertura de pastos marinos y la presencia de manglares, entre otros. Ejemplo: la profundidad del agua, utilizada para identificar áreas potencialmente aptas para la especie según sus patrones de uso del hábitat.