

ARTICULO ORIGINAL

Rehabilitación funcional de dunas en la playa Guanabo, Playas del Este de la Habana, Cuba

Dunes functional rehabilitation in Guanabo Beach, Havana's Eastern Beaches, Cuba

Lourdes Rivas-Rodríguez^{1*}
Christian Fernández-Diez²
Arian Castro-Reyes²
Juan Luis Olivera-Rodríguez²
Yisset Caridad Rabeiro-Rodríguez³
Adrián Niévares-Pérez¹
Liz Izquierdo-Amat²
Yasmany Almeida-Villegas²
Solvieg Rodríguez-Troche⁴
Yesenia Ibáñez-Carbonell⁴

¹ Inversiones GAMMA S.A. Calle 14, No. 308, entre 3era y 5ta avenida, Miramar, municipio Playa, La Habana, Cuba.

² Instituto de Ciencias del Mar. Calle Loma, entre 35 y 37, Alturas del Vedado, municipio Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba.

³ Dinámica Costera EIRL. Ave Uruguay, Edificio 556, Oficina 304, Valparaíso, Chile.

⁴ Delegación Territorial del CITMA de La Habana. Calle 17, No. 5008, entre 50 y 52, municipio Playa, La Habana, Cuba.

Autor para la correspondencia:
lourdesrivas1967@gmail.com

OPEN ACCESS

Distribuido por:
Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional
(CC BY-NC 4.0)

Editor:
Eduardo Salinas
(Instituto de Desarrollo Territorial,
Universidad de Granada, España)

Recibido: 27.05.2024

Aceptado: 18.02.2025

Resumen

La playa Guanabo, ubicada en la ensenada de Sibarimar, La Habana, Cuba, es un sector costero que ha sido afectado durante décadas por el proceso de la erosión, y hoy presenta una crítica situación ambiental. El área de estudio tiene una longitud aproximada de 1 974 m y se extiende entre las calles 462 y 500, perpendiculares a dicha playa. El principal objetivo de este trabajo es mostrar el estado actual de este litoral y ofrecer los parámetros de diseño para la conformación de un cordón dunar único, teniendo en cuenta las experiencias nacionales e internacionales. Guanabo presenta un área de dunas muy degradada debido a la intensa urbanización de la zona. Las dunas tienen poco desarrollo y se encuentran fragmentadas dada la presencia de construcciones rígidas, bocacalles perpendiculares a la línea de costa y colectoras de albañales que drenan hasta la zona de baño. Se propone la construcción de una duna continua, con una altura entre los 3 m y 4 m sobre el nivel del mar, un ancho entre 30 m y 35 m, y pendientes que oscilan entre los 15° y 20°, para lo cual se necesita un volumen total de 99 130 m³ de arena esponjada. Se propone la construcción de 18 pasarelas para acceder a este sector costero. Para lograr una efectiva ejecución del proyecto es necesario, además, eliminar los elementos que contribuyen al deterioro de la playa y perjudican la estabilidad y mantenimiento de la duna rehabilitada, así como la ampliación del área de sol.

Palabras clave: Proyecto ejecutivo, cordón dunar, erosión, pasarelas, deterioro ambiental.

Abstract

Guanabo Beach, located in the Sibarimar Cove, Havana, Cuba, is a coastal sector, for decades, have been affected by the process of erosion and at the moment presents a critical environmental situation. The study area has an approximate longitude of 1 974

m and extends among the streets 462 and 500, perpendicular to this beach. The main objective of the present work is to show the current state of this littoral section and to offer the design parameters for the conformation of a unique dune cord, following the previous national and international experiences. Guanabo Beach has a very degraded area of dunes due to the intense urbanization of this coastal sector. These dunes have little development and break into fragments given the presence of rigid constructions, perpendicular intersections to the coastline and collected of sewers that drainages until the swimming area. It is proposed the construction of a continuous dune, with a height between the 3 m and 4 m above the sea level, a width among 30 m and 35 m, and slopes with range between 15° and 20°, and to follow that purpose a total volume of 99 130 m³ of fluffy sand is needed. Intends the construction of 18 gangplanks to access to the beach. To achieve an effective execution of the project it is necessary, as well, to eliminate the elements that contribute to the deterioration of this coastal sector and harm the stability and maintenance of the rehabilitated dune, as well as the amplification of the sunny area.

Keywords: Executive project, dune cord, erosion, gangplanks, environmental deterioration.

Introducción

Las Playas del Este presentan un intenso proceso de erosión costera originado por causas naturales y antrópicas, el cual constituye uno de los principales problemas ambientales que enfrenta hoy en día este litoral. Entre las causas naturales, sobresalen el incremento en el número e intensidad de los eventos meteorológicos extremos y la ausencia de fuentes productoras de sedimento que garanticen el abastecimiento natural de arena a la playa. Entre las causas antrópicas, se destacan la urbanización del litoral, la afectación a la vegetación costera y la extracción de arena fuera del sistema costero.

Dentro de estas playas se destaca, por la situación crítica que presenta, Guanabo, la cual ocupa el frente

marino del poblado del mismo nombre, cuyo Consejo Popular tiene una población de 25 036 habitantes (ONEI, 2017), de los cuales aproximadamente 1 000 residen en las zonas costera y de protección, según funcionarios de la Defensa Civil de dicho territorio (comunicación personal, septiembre de 2024).

Una contribución significativa a este deterioro proviene de la presión que ejerce la población flotante que visita la zona, principalmente en el período vacacional, la cual según González (2018) asciende a 100 000 bañistas en un solo día de verano. Además, muchos dueños de viviendas se han convertido en trabajadores por cuenta propia y ofrecen servicios de arrendamiento a turistas nacionales y extranjeros en cualquier época del año, lo que hace que se eleve aún más el número de personas que hacen uso de este sector costero.

En consecuencia, la intensa urbanización de la ribera marina ha provocado un empeoramiento de sus condiciones estético-recreativas e higiénico-sanitarias por la presencia de zanjas de albañales que drenan directamente a la costa, así como afectaciones en el sistema playa-duna, entre las que se destaca la existencia de dunas bajas fragmentadas, dada la presencia de instalaciones rígidas en el litoral, asociado a un ancho de playa muy reducido, situación que además de limitar el desarrollo natural de las dunas, propicia las inundaciones costeras por penetraciones del mar durante la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos.

La crítica situación en que se encuentra esta línea de costa constituye una preocupación desde el punto de vista socio-ambiental, por lo que la playa Guanabo se considera una de las áreas priorizadas dentro del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, conocido como “Tarea Vida”.

Sobre la base de dicha problemática y teniendo en cuenta la importancia de las dunas, como elemento de protección costera, el Estado cubano designa un financiamiento para realizar investigaciones que contribuyan a mitigar o resolver esa situación. Para ello surge el presente trabajo que tiene como principal objetivo

mostrar el estado actual de la zona y ofrecer el diseño para la rehabilitación de las dunas existentes en la playa Guanabo, definiendo los parámetros técnicos necesarios para la realización de un proyecto de esta envergadura.

Materiales y métodos

Los trabajos de rehabilitación concebidos en la presente investigación se extienden entre las calles 462 y 500 en la playa Guanabo, la cual pertenece a las Playas del Este de La Habana, ubicada en la Ensenada de Sibarimar y tiene una longitud aproximada de 1 974 m (Fig. 1).

Se llevó a cabo un recorrido a todo lo largo del área de estudio, el cual permitió conocer la situación actual que el mismo presenta.

Además, se realizó un levantamiento topográfico, siguiendo transeptos perpendiculares a la costa, a intervalos de 5 m, en el área de dunas, posplaya y posduna, siendo complementadas con mediciones aisladas, lo que permitió cubrir todas las irregularidades del terreno. También se realizó el levantamiento de la línea de costa y de la desembocadura del río Guanabo, por ser un área propuesta como zona de préstamo.

Las mediciones se realizaron con una Estación Total modelo TC 805. La información primaria fue extraída

mediante la utilización del software Leica Geo Office. Para el procesamiento de los datos del levantamiento topográfico y su representación cartográfica, así como para la salida final de los planos, se hizo uso del Qgis 3.6. El cálculo de los volúmenes y de las áreas se obtuvo mediante el empleo del software SAGA GIS versión 7.2.

Se adoptó la proyección Cónica Conforme de Lambert y el Sistema de Coordenadas Planas Rectangulares Cuba Norte, Datum NAD 27 Cuba. Como documentación de apoyo para la labor cartográfica se utilizaron imágenes de satélite, tomadas del software libre, SASPlanet, con fecha septiembre del 2019, tomada del Google Earth.

Para determinar la evolución de la línea de costa en el área de estudio se emplearon las imágenes satelitales de los años 1985 y 2019. A modo de comparación se agregó además la línea de costa medida, durante la presente investigación, en marzo de 2019.

Para la digitalización de la línea de costa de los años 1985 y 2019 se utilizaron las imágenes de los satélites Landsat 5 y 8, respectivamente. Con una resolución de 30 m. Se trabajó con la banda de infrarrojo cercana, la cual tiene en el Landsat 5 una longitud de onda de 0.76 - 0.90 micrómetros, correspondiente a la banda 4



Fig. 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Fig. 1. Geographical location of study area.

y el Landsat 8 que tiene una longitud de onda de 0.85 - 0.88 micrómetros, que corresponde a la banda 5. Una vez determinada la banda se comenzó el procesamiento en el QUANTUM Gis (Qgis), el cual presenta su propio algoritmo para determinar la línea de costa a partir de la banda infrarroja cercana en las imágenes satelitales.

Con el objetivo de conocer las características granulométricas y composicionales del sedimento presente en el sistema playa-duna y en el área propuesta como zona de préstamo se realizó un muestreo sedimentológico en ambas zonas. En la playa se colectaron, de forma manual, un total 86 muestras superficiales de sedimento, las cuales fueron tomadas a lo largo de 20 perfiles sedimentológicos, recogiendo sedimentos en 5 puntos del perfil de playa: duna, posplaya, anteplaya, inflexión y un punto en agua a una profundidad aproximada de 1 m (Fig. 2).

Aunque la actual investigación se limita a la rehabilitación funcional de dunas, se colectaron muestras de sedimento en todos los elementos del perfil de playa porque con posterioridad se debe llevar a cabo un proyecto de ampliación del área de sol en este sector

costero y dicha información sedimentológica servirá de línea base en su elaboración.

En la desembocadura del río Guanabo se colectaron 16 muestras de arena, tomadas a diferentes profundidades, en 10 calas geológicas realizadas (Fig. 3). Para ello se empleó una barrena manual de 1.65 m de largo.

A todas las muestras se les realizó el análisis granulométrico, a través del método de tamizaje seco, propuesto por Petelín (1967) para sedimentos arenosos. En este procedimiento se utilizó una tamizadora analítica Restsh As 200 y un juego de tamices con mallas de 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063 mm.

Los datos de peso por tamiz fueron procesados mediante el software Gradistat Versión 8 (Blott, 2010) y se obtuvo, por el método de los momentos, el diámetro medio de la partícula (M) y la desviación estándar. Para la clasificación del sedimento se empleó la propuesta por Wentworth, en el Shore Protection Manual (1984).

La muestra tipo se adquirió de acuerdo con la metodología existente en el Shore Protection Manual (1984) y en el Coastal Engineering Manual (2002).

El análisis de la composición se realizó siguiendo la metodología de Avello y Pavlidis (1975), a 31 muestras

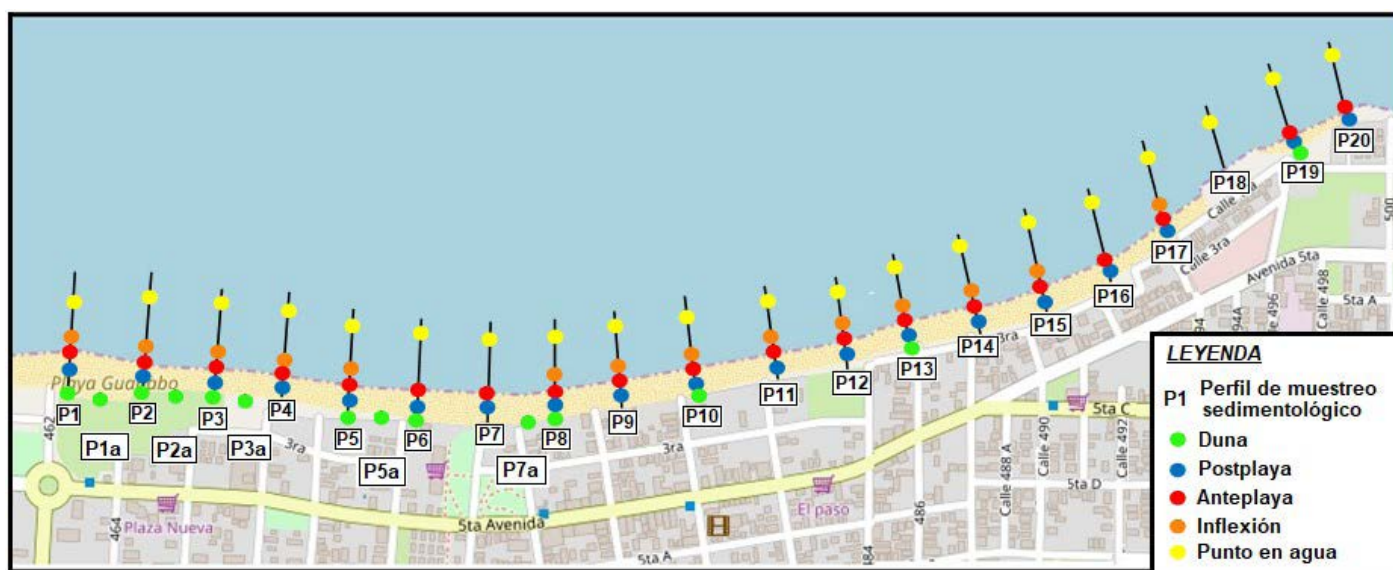


Fig. 2. Ubicación de los puntos de muestreo sedimentológico en la playa.

Fig. 2. Location of sedimentological sampling points in the beach.

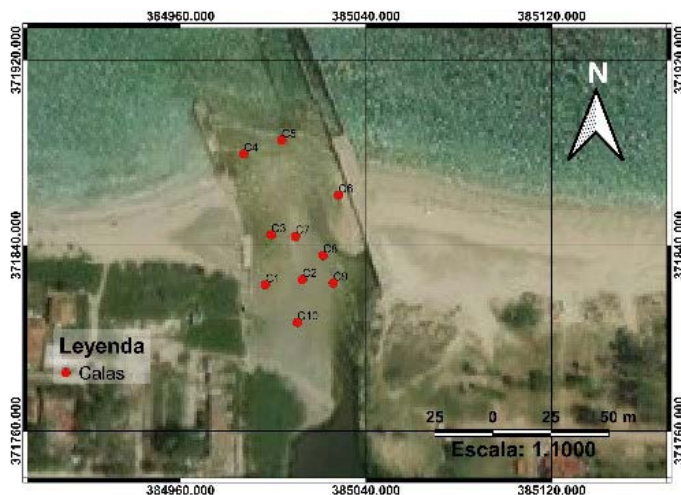


Fig. 3. Ubicación de las calas en la zona de préstamo.
Fig. 3. Location of perforations in the borrow area.

colectadas en la playa, a lo largo de 7 perfiles sedimentológicos (perfiles: 1, 4, 7, 10, 13, 16 y 19), de esta forma se logró conocer la génesis del sedimento en toda la zona de trabajo. En la posible zona de préstamo este análisis se les practicó a 6 muestras, tomadas en 4 de las calas (1, 4, 6 y 8), seleccionadas de forma aleatoria. En todas se analizó el sedimento superficial y en la 1 y 8, a muestras tomadas a la profundidad, donde se observaba un cambio de textura.

Para la definición del diseño de la duna a construir, se realizó una revisión bibliográfica de proyectos elaborados en nuestro país, cuyo objetivo fundamental era la rehabilitación funcional de dunas. Ellos son: los cinco proyectos elaborados en otros sectores costeros de las Playas el Este (Sosa *et al.*, 2011; 2013; 2014; 2017 y Pi *et al.*, 2019), así como tres proyectos elaborados para tramos costeros de la playa de Varadero (Izquierdo *et al.*, 2014; Caballero *et al.*, 2015; Morales *et al.*, 2018).

También se tuvo en cuenta el informe elaborado por Sosa (2017), en el cual se recogen las afectaciones ocurridas en Playas del Este, tras el paso del huracán Irma (Categoría 4), ocurrido en septiembre de 2017. La información recogida en este informe sirvió de base para

definir el criterio de diseño de la nueva duna, teniendo en cuenta el impacto provocado por dicho evento y la respuesta que tuvo la playa Guanabo ante la ocurrencia del mismo.

Se consultaron, además, el Manual de Restauración de Dunas (Ley *et al.*, 2007) y el Manual de Dunas Costeras de Texas (Patterson, 2005), los cuales constituyen referentes internacionales en la temática.

En todos los proyectos consultados, la propuesta de diseño para las dunas estaba dirigido en dos direcciones: crear una duna con dimensiones tales que fuera capaz de cumplir con su doble función ante el paso de eventos meteorológicos extremos y considerar las dimensiones de las dunas naturales adyacentes o mejor conservadas dentro del área de trabajo, para extrapolar los mismos parámetros a la nueva duna, logrando conexión y continuidad con las ya existentes.

Resultados y discusión

Situación actual del área de estudio

De manera general, la playa Guanabo se caracteriza por presentar dunas fragmentadas, de alturas entre 1 m y 2.5 m sobre el nivel del mar, aunque hacia el oeste aparece un pequeño tramo con mayor altitud, con cotas entre 4.5 m y 5.5 m. En el área de estudio existe un predominio de pendientes suaves, inferiores a los 16°, aunque puntualmente se registran valores más elevados, que logran alcanzar cifras entre 32° y 65° de pendiente, asociadas a las dunas de mayor altura, antes mencionadas.

La duna actual ocupa un área de aproximadamente 71 350 m², envolviendo un volumen aproximado de 32 777 m³.

Se pudo comprobar que en el sector costero objeto de estudio existe un área de dunas fragmentadas dada la presencia de estructuras rígidas y permanentes, tanto en zona costera, como de protección. Se logró contabilizar un total de 28 edificaciones ubicadas en área donde se debe ejecutar el proyecto de rehabilitación, de las

cuales 25 son viviendas particulares y las tres restantes, son construcciones estatales.

Además, se pudo apreciar tanto en el área de sol, como en la pendiente submarina, próximo a la línea de costa, el afloramiento de una gran cantidad de cimientos de antiguas edificaciones, aceras, calle 1.^a, etc. y la presencia de numerosas bocacalles perpendiculares a la línea costera.

En el poblado de Guanabo, el sistema de alcantarillado se encuentra, en gran medida, desarticulado. Este problema del drenaje superficial, existente por décadas, provoca inundaciones durante la ocurrencia de intensas lluvias. Con el objetivo de facilitar la evacuación de las aguas pluviales se toma la medida de separar con buldócer la arena frente a las bocacalles; esto resuelve momentáneamente el problema de la inundación, pero origina otros, al crear mayores aberturas en las dunas, lo que facilita los procesos erosivos y las inundaciones costeras por penetraciones del mar durante la ocurrencia de fenómenos atmosféricos.

La mayoría de las viviendas, ubicadas entre 5.^a avenida, que es el principal vial del poblado de Guanabo, y la línea de playa no cuentan con ninguna evacuación, ni tratamiento de sus aguas residuales, las cuales son vertidas a través de zanjias ubicadas a lo largo de las bocacalles, que drenan directamente a la costa. Durante los

recorridos de campo se lograron identificar un total de 13 colectoras de albañales, ubicadas en las calles: 462, 466, 468, 476, 478, 480, 482, 486, 488, 490, 492, 494 y 500.

La presencia de estas colectoras de albañales, además de crear problemas de contaminación, afectan la estabilidad de las dunas, pues estas son interrumpidas para darle paso a las zanjias. Ese sitio donde se rompe la duna crea un espacio que favorece las penetraciones del mar.

Sectorización del área de estudio

Teniendo en cuenta la extensión del área de trabajo y que, durante el levantamiento topográfico se pudieron apreciar ciertas diferencias morfológicas en el perfil de playa, a lo largo del sector costero estudiado, este fue dividido en tres tramos: I, II y III (Occidental, Central y Oriental, respectivamente) (Fig. 4).

Sector I (Occidental)

Hacia el oeste aparecen tramos de la duna original, son estas las de mayor altura dentro del área del proyecto, con cotas aproximadas entre 5.5 m y 4.5 m y un ancho entre 30 m y 35 m. En dirección este aparece dunas más bajas, con una cota promedio de 2.5 m de altura sobre el nivel del mar (Fig. 5A).



Fig. 4. Sectorización del área de estudio.
Fig. 4. Sectorization of the study area.

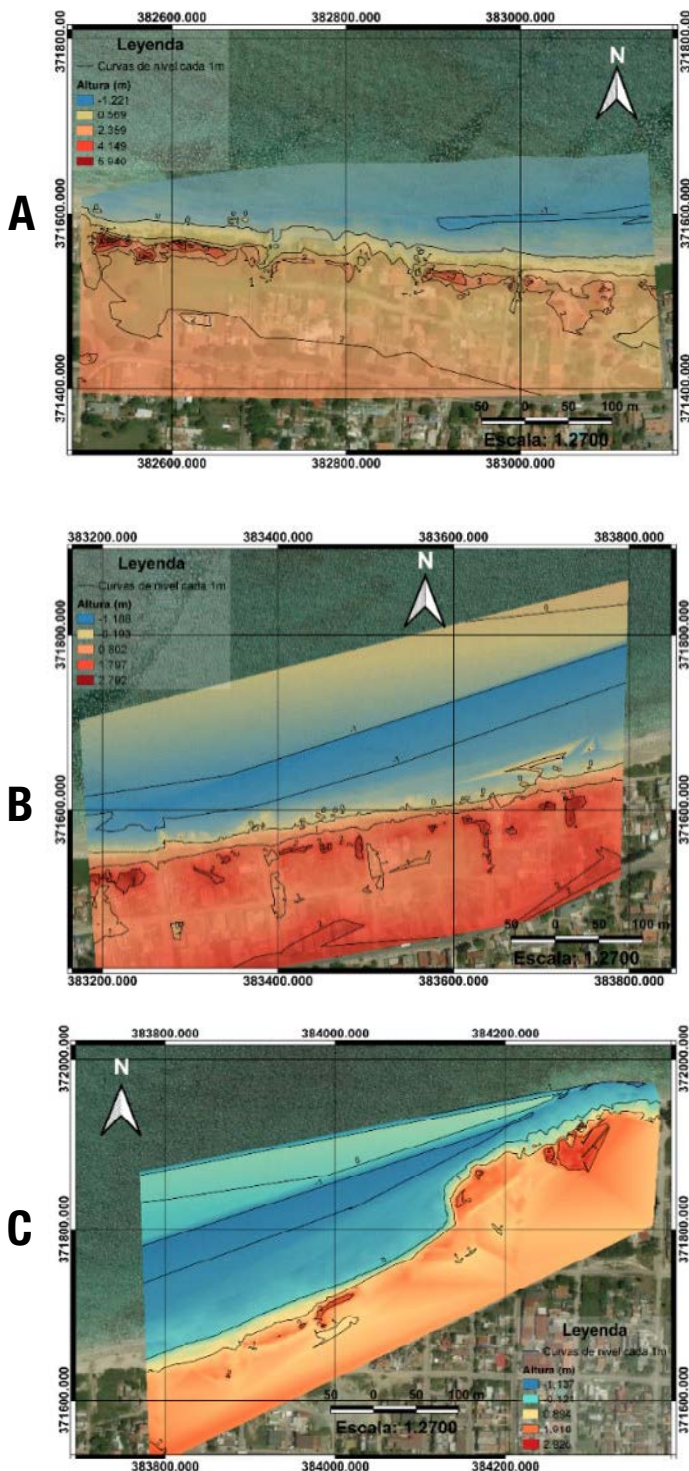


Fig. 5. Mapa topográfico actual: **A.** Sector I. **B.** Sector II. **C.** Sector III.
Fig. 5. Current topographical map: **A.** Sector I. **B.** sector II. **C.** sector III.

Sector II (Central)

Se caracteriza por la presencia de dunas bajas, con una cota promedio de 2 m sobre el nivel del mar y un ancho entre 15 m y 25 m (Fig. 5B).

Sector III (Oriental)

Es el tramo más extenso y complejo dentro del área del proyecto, dado el deterioro de su calidad ambiental y el intenso proceso erosivo que presenta, con dunas bajas cuya altura fluctúa entre 1 y 2 metros sobre el nivel del mar (Fig. 5C).

Caracterización de la zona de préstamo

El área valorada como zona de préstamo se localiza en la desembocadura del río Guanabo, a una distancia aproximada de 610 m del sector costero a rehabilitar. Tiene un área de 12 350 m² y un ancho entre 47 m y 57 m. La misma está formada por la arena que ha quedado atrapada en el interior del canal de entrada de dicha corriente fluvial. Además, se evaluaron los montículos de arena ubicados en la parte emergida, al este del espigón occidental, depositada allí luego de dragados realizados en el canal.

Evolución de la línea de costa

En investigaciones realizadas por Sosa *et al.* (1995), se pudo conocer que en la playa Guanabo la costa había mantenido un ritmo de erosión de 0.47 m/año, estimado mediante series de fotos aéreas, lo cual reveló un retroceso de la línea de costa de 14 m en 30 años.

En otro momento Sosa *et al.* (2008), comprobaron un retroceso de 25-30 m en 26 años, siendo el ritmo promedio de erosión de aproximadamente 1.1 m/año, medidos a partir de la superposición de los perfiles de máxima erosión de los años extremos de la serie de mediciones realizadas en la playa Guanabo.

La superposición de la línea de costa obtenida de las imágenes satelitales de los años 1985 y 2019 (Fig. 6) y su comparación con la medida *in situ* durante la presente investigación permitió constatar que, durante ese

período de 34 años, en este litoral se produjo un retroceso promedio de la misma de 41 m, siendo el ritmo de erosión de 1.21 m/año.

El análisis comparativo de los resultados anteriores permite comprobar que, desde el año 1965 hasta la actualidad, se ha producido un progresivo retroceso de la línea de costa, lo que unido al reducido ancho de área de sol que existe en este sector costero contribuye al aumento de la erosión, así como a afectaciones en la duna y a la pérdida de las condiciones estético-recreativas de la playa.

Resultados del análisis granulométrico y de composición

Los resultados del análisis granulométrico y de composición realizados permitieron conocer que en la playa Guanabo existe un marcado predominio de arena fina, la cual constituye aproximadamente el 88 % del total de las muestras colectadas en la playa, con una presencia casi absoluta en las dunas de este tipo de clasificación.

El sedimento presente en la playa tiene un origen predominantemente biogénico: se destacan por su abundancia las algas calcáreas, los moluscos y los foraminíferos. También se observa un alto porcentaje de restos inorgánicos, si se compara con otros sectores de las Playas del Este, el cual se debe a la presencia de minerales oscuros, aportados por el río Guanabo que desemboca muy próximo al área de estudio, lo que le confiere el color gris a la arena.

Es importante señalar que, a pesar del predominio de arena fina existente en la playa Guanabo, las dunas han tenido poco desarrollo, con alturas inferiores a las alcanzadas en otros sectores de dicha unidad físico-geográfica. Esta situación se debe fundamentalmente al reducido ancho de playa y a la falta de disponibilidad de nuevos ingresos de sedimento.

Diseño del perfil y forma en planta de la duna reconstruida

Con posterioridad al paso del huracán Irma (Categoría 4), se llevó a cabo una visita a las Playas del Este, en cuyo informe se concluyó: “Las evidencias apuntan a que, en general, las olas del huracán Irma no sobrepasaron la cota de 3 m (sobre el nivel medio del mar) en las Playas del Este” (Sosa, 2017), por lo cual se considera la necesidad de diseñar una duna con una altura a partir de ese valor.

Sin embargo, teniendo en cuenta que en los recorridos realizados por el área de estudio se pudo constatar que dentro del mismo no existe el volumen de arena necesario para satisfacer las necesidades del proyecto, no se consideró prudente extrapolar la altura de las dunas ubicadas en su extremo más occidental, con valores entre 4 m y 5 m respecto al nivel medio del mar y que de forma puntual presentan una cota máxima superior a esta última cifra.

Sobre la base de lo antes expuesto, se definió que la altura de duna debería oscilar entre 3 m y 4 m respecto

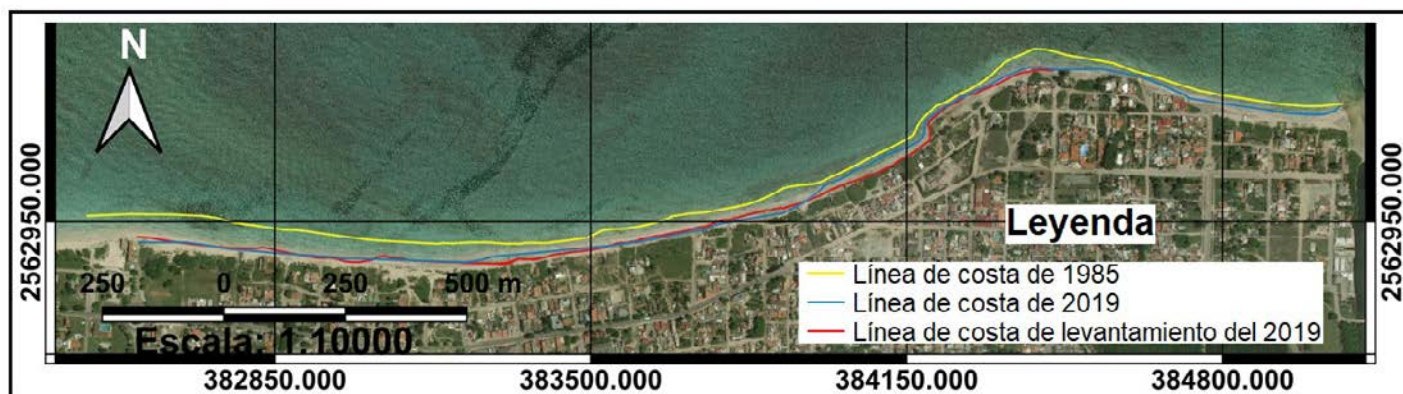


Fig. 6. Posición de la línea de costa en diferentes momentos.

Fig. 6. Coastline position at different times.

al nivel del mar. Esta decisión garantiza una duna que cumpla con su función de protección costera, a la vez de que se evita el acarreo de un mayor volumen de arena desde zonas distantes lo que encarecería la ejecución del proyecto.

Para la propuesta del ancho de la nueva duna rehabilitada, sí se tuvo en cuenta el existente en las dunas ubicadas en el tramo más occidental de la zona de intervención, que son las que mejor respondieron durante la ocurrencia del huracán Irma, mostrando solo escarpes erosivos, por lo que resultan ser las dunas naturales mejor conservadas dentro del área de estudio.

Todos esos criterios permitieron sentar las bases para definir los parámetros físicos del diseño empírico para la duna que debe ser rehabilitada en el tramo costero objeto de estudio, los cuales son:

Longitud de la sección en la base: Entre 30 m y 35 m.

Cota de la cima: La altura de la duna diseñada se estableció entre los 3 m y 4 m sobre el nivel del mar. Se definió una meseta superior de 14 m (7 m a cada lado del eje central).

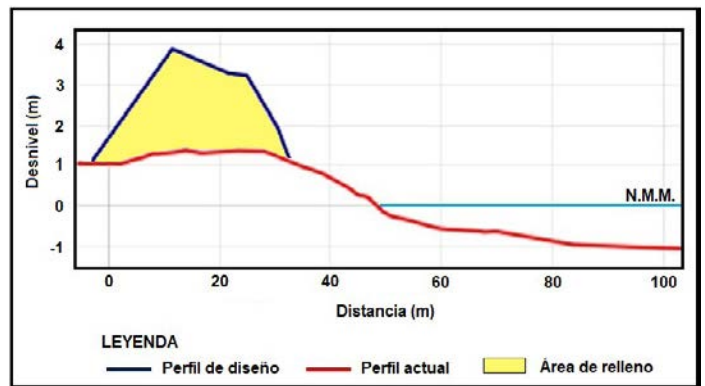
Pendientes de la duna: La pendiente de la cara frontal de la duna oscila alrededor de los 20°, mientras que en su sección hacia tierra es de aproximadamente 15°, valores que no superan los 34°, el cual constituye el ángulo de reposo de las arenas, lo que garantiza su estabilidad.

La duna reconstruida se emplazará teniendo en cuenta la ubicación de las pequeñas dunas que aisladamente se extienden a lo largo del sector costero, conectando con las que se encuentran mejor conservadas, ubicadas al oeste del área de intervención.

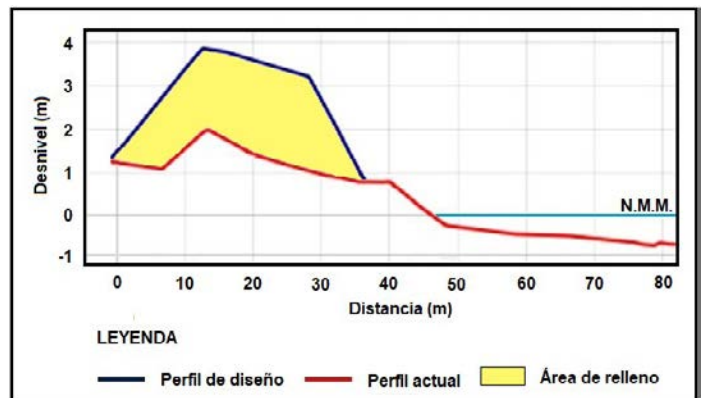
La fig. 7 permite apreciar el perfil de diseño representativo para la duna que se pretende lograr en cada sector.

Por su parte, la fig. 8, muestra la nueva propuesta de dunas para cada sector, en que se dividió el tramo costero estudiado.

Sector I (occidental)



Sector II (central)



Sector III (oriental)

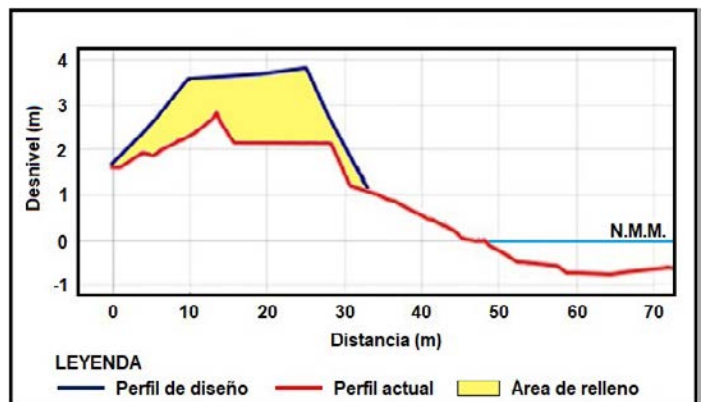


Fig. 7. Perfiles de diseño representativos para los sectores I, II y III, respectivamente.

Fig. 7. Representative design profiles for the sectors I, II and III, respectively.

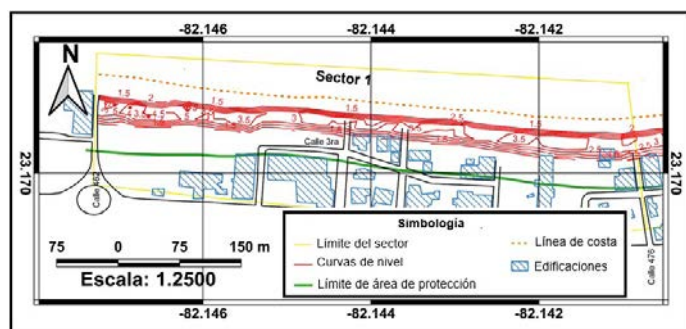
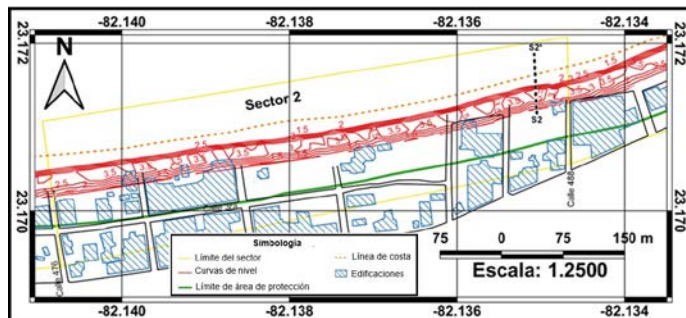
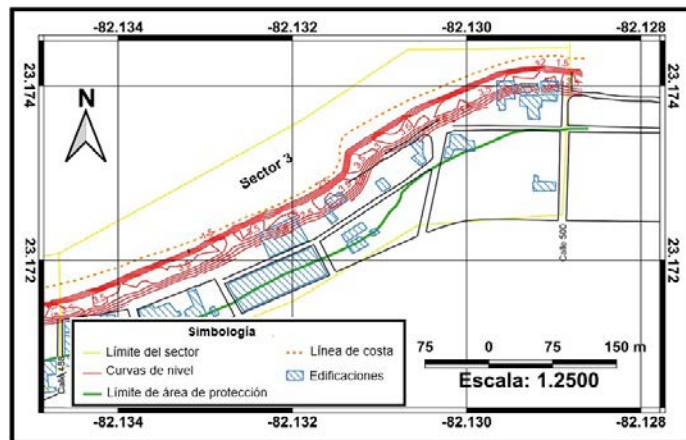
Sector I (occidental)**Sector II (central)****Sector III (oriental)**

Fig. 8. Plano de la duna diseñada para los sectores I, II y III respectivamente.

Fig. 8. Plan of the designed dune for the sectors I, II and III, respectively..

Volúmenes de arena requeridos para la conformación de la duna

A partir del levantamiento topográfico realizado, se elaboró un modelo digital del terreno que permitió diseñar la nueva duna con los parámetros expresados en el apartado anterior. Ambos modelos, el diseñado y el actual, fueron restados y se obtuvo como resultado que el volumen necesario para reconstruir la duna es de 89 306 m³.

Estos valores aumentan hasta 99 130 m³, teniendo en cuenta el esponjamiento que sufre la arena al ser extraída de la zona de préstamo, lo cual se corrige al multiplicar dichos volúmenes por un coeficiente con valor de 1.11, establecido para la arena por el Sistema de Precios de la Construcción (PRECONS II, 2005).

En el extremo más occidental del área de intervención, donde se encuentran las dunas más altas y que mejor han respondido frente a los eventos meteorológicos extremos, las actuaciones se limitarán a rellenar la cara frontal de la duna, que actualmente se encuentra escarpada, así como el cierre de algunas aberturas que existen en la misma.

La tabla 1 muestra las densidades y volúmenes de arena necesarios para lograr la rehabilitación funcional de la duna en el área de estudio.

Valoración de la zona de préstamo

Las perforaciones llevadas a cabo en el depósito del canal de entrada del río Guanabo permitieron comprobar que solo la capa superficial, que varía entre 0.50 m y 1 m de espesor, constituye arena limpia, de color gris claro, con una tonalidad muy similar al de las muestras colectadas en el área de estudio. Por debajo de esa capa de sedimento, aparece una arena de color gris más oscuro, contaminada con materia orgánica, la cual va aumentando con la profundidad, hasta encontrarse un sedimento gris oscuro, con gran plasticidad y olor a ácido sulfhídrico.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado y considerando una profundidad de dragado entre 0.50

Tabla 1. Densidades y volúmenes de arena total y por sectores.
Table 1. Densities and volumes of total sand and for sectors.

Sector		Longitud (m)	Volumen de arena en reposo (m ³)	Volumen de arena esponjada (m ³)	Densidad media (m ³ /m)
I (Occidental)	Entre las calles 462 y 466. Reforzamiento de la cara frontal de la duna y cierre de aberturas	215	208	231	-
	Entre las calle 466 y 476	451	13 156	14 603	32
II (Central)		625	33 896	37 625	60
III (Oriental)		683	42 046	46 671	68
Total		1 974	89 306	99 130	

m y 1 m, el volumen de sedimento atrapado en el canal del río Guanabo que se puede emplear es de aproximadamente 3 344 m³ de arena (3 712 m³ de arena esponjada).

Por su parte, los montículos de arena existentes en la parte emergida, al este del espigón occidental, contienen un volumen aproximado de arena de 2 268 m³ (2 517 m³ de arena esponjada). Ambos volúmenes contabilizan un total de 5 612 m³ (6 229 m³ de arena esponjada), el cual representa solo el 6 % del total del volumen de arena necesario para la rehabilitación de las dunas en este sector costero. Por tal motivo resulta imprescindible buscar y valorar otras zonas de préstamo, cuyos volúmenes de sedimento satisfagan las necesidades requeridas para lograr la creación de un cordón dunar continuo a lo largo del área de estudio.

Los análisis de granulometría y de composición genética realizados a las muestras colectadas en la duna y en la posible zona de préstamo permitieron apreciar la similitud de ambos sedimentos (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Resultados del análisis granulométrico de las muestras tipos de la duna y la zona de préstamo. M = Diámetro medio de la partícula
Table 2. Results of the grain size analysis of the type samples from the dune and borrow area. M = Mean particle diameter

Muestra Tipo	M			Desviación Estándar	
	(mm)	(Ø)	Clasificación	(Ø)	Clasificación
Duna	0,19	2,39	Arena Fina	0,41	Bien seleccionada
Zona de préstamo	0,19	2,37	Arena Fina	0,45	Bien seleccionada

Estos resultados permiten confirmar la idoneidad del sedimento existente en el canal de entrada del río Guanabo, disponible para ser empleado en la rehabilitación de las dunas en el sector costero estudiado, dada su similitud con la arena presente en las mismas, a lo cual también se une el color que presentan ambos sedimentos.

Creación de los accesos a la playa

Con vistas a lograr la conservación de la duna reconstruida y permitir el acceso de los usuarios a la playa, se propone la construcción de 18 pasarelas a lo largo de todo el sector rehabilitado. Su ubicación coincidirá con la mayoría de las bocacalles que existen perpendiculares a la línea de costa y que en la actualidad constituyen los lugares por donde los bañistas acceden a este sector costero. Estas calles son: 462, 466, 468, 470, 472, 474,

Tabla 3. Composición genética de las muestras de la duna y la zona de préstamo

Table 3. Genetics composition of samples from the dune and borrow area

Componentes	Muestra promedio (en %)	
	Duna	Zona de préstamo
Algas calcáreas	36,52	39,31
Moluscos	23,73	21,63
Foraminíferos	13,30	14,14
Bioclastos no identificados	19,44	17,75
Otros Grupos	0,90	1,35
Restos Inorgánicos	6,09	5,79

476, 478, 480, 482, 484, 486, 488, 490, 492, 494, 496 y 500.

Siguiendo los parámetros internacionales y la experiencia acumulada en proyectos nacionales se propone que las pasarelas tengan un ancho de 1.5 m, con una altura del piso, respecto al nivel de la arena, de 0.75 m. La altura de las barandas será de 0.90 m y el espaciado entre las tablas del piso de 0.15 m. De elegirse el diseño de pasarelas, que en ambos extremos terminen en rampas, la pendiente de las mismas no debe exceder los 10° (18%).

Estabilización de la duna

Una vez concluidos los trabajos de conformación de dunas, esta debe estabilizarse con la siembra de vegetación apropiada. Para ello deben emplearse especies de las dunas costeras que cumplan tres requisitos: que sean fijadoras de sedimento, que tengan la capacidad de sobrevivir al enterramiento por arena y que logren regenerarse naturalmente tras el paso de eventos meteorológicos extremos.

Para lograr la efectividad del proyecto deben llevarse a cabo las siguientes acciones:

1. Resolver los problemas que presenta la red de alcantarillado.
2. Darle solución a la evacuación de las aguas residuales provenientes de las viviendas ubicadas entre 5.^a avenida y la costa.
3. Demolición de todas las construcciones ubicadas en el área donde se va a construir la duna.
4. Demolición de los restos de cimientos de antiguas edificaciones, de la avenida 1.^a, aceras, etc., ubicadas dentro de la zona del proyecto.
5. Búsqueda y evaluación de cuencas externas cuya arena sea compatible con la de la playa y satisfaga las necesidades para la construcción de la duna diseñada.
6. Reconstrucción de la duna y de forma simultánea llevarse a cabo:
7. La creación de los accesos a la playa y

8. La reforestación de la duna recién construida.

Para lograr la recuperación total del sector estudiado y la mayor efectividad del proyecto de rehabilitación funcional de dunas RESULTA IMPRESCINDIBLE llevar a cabo la ampliación del área de sol, mediante el vertimiento de arena, ya que dado el reducido ancho que el mismo presenta en la actualidad, de no ejecutarse esta acción se pondría en peligro la estabilidad y conservación de la duna reconstruida.

Declaraciones

Financiamiento

Para la realización del estudio se ha recibido financiamiento de la Delegación de Medio Ambiente de La Habana.

Conflicto de intereses

No existen conflicto de intereses financieros o no financieros que declarar que sean relevantes para el contenido del manuscrito.

Comportamiento ético

No se utilizaron animales durante la presente investigación.

Permisos de muestreos y otros permisos

No se necesitó solicitar permisos para la realización de esta investigación.

Referencias

- Avello, O y Pavlidis, Y. (1975). Sedimentos de la Plataforma Cubana I. Golfo de Guanahacabibes. *Rev. Ser. Oceanol.*, 30, 1-17.
- Blott, S. (2010). *GRADISTAT Versión 8.0: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by sieving or laser granulometer.*
- Caballero, V., González, R., Morales, P., Felipe, M., Niévares, A., Olivera, J., ...D. Rojas, L. (2015). *Proyecto ejecutivo para el mejoramiento del frente de playa del hotel*

- Iberostar Varadero*. Sector Los Taínos. Empresa Inversiones GAMMA S.A.
- Coastal Engineering Manual (2002). *Coastal Engineering Research Center*.
- Dirección de Presupuestos y Precios del Ministerio de la Construcción. (2005). *Sistema de Precios de la Construcción (PRECONS II)*. Editorial OBRAS. Centro de Información de la Construcción.
- González, M.J. (2018). *Resultados de los talleres realizados por el Grupo Tarea Vida Guanabo, con la comunidad*. Conferencia impartida en el Taller: Diálogo ambiental sobre la Tarea Vida en la zona costera de Guanabo.
- Izquierdo, M., Peña, L.I., León, L.V., Cuervo, Z., Fontela, J.L., Gonzáles, S., ... Almeida, L.D. (2014). *Rehabilitación de la duna del hotel Internacional de Varadero. Ideas conceptuales*. Empresa Inversiones GAMMA S.A.
- Ley Vega de, S. C., Gallego, J.B. y Vidal. P. (2007). *Manual de Restauración de Dunas*. Dirección General de Costas Ministerio de Medio Ambiente de España. ISBN-13:978-84-8320-409-2. 252 pp.
- Morales, P., Peña, L.I., López, D.J., Martínez, M., Rodríguez, Y., Rojas, L., y Brito, A. (2018). *Acciones de reconstrucción de la duna y reforestación de la zona costera en el sector Punta Blanca. Ideas conceptuales*. Empresa Inversiones GAMMA S.A.
- ONEI (2017). *Anuario estadístico La Habana 2016*. Habana del Este. Edición 2017. www.onei.gob.cu.
- Patterson, J. (2005). *Coastal Dunes. Dune Protection and Improvement Manual for the Texas Gulf Coast*. Fifth Edition.
- Petelín, V. M. (1967). *Análisis granulométrico de los sedimentos marinos*. Edit. Nauta, Moscú, 76 pp.
- Pi, A. L., Fernández, C. A., Rivas, L., Fernández, Y., Perdomo, D., Castro, A., Oliva, J. (2019). *Rehabilitación funcional de las dunas del sector de 900 m comprendido entre el tramo ya restaurado frente al hotel Tropicoco y el Mégano, en las Playas del Este, de la Habana*. Delegación del CITMA de La Habana.
- Shore Protection Manual. (1984). *Material del litoral*. Tomo 1, Capítulo 4, pp. 4-12. Coastal Engineering Research Center.
- Sosa, M., Arteaga, F., Álvarez, M., y Rivas, L. (1995). *Variaciones espacio-temporales en el comportamiento del perfil de playa en las Playas del Este*. Informe inédito. Archivo científico del Instituto de Ciencias del Mar.
- Sosa, M., Rivas, L., Guerra, R., Felipe, M., Niévares, A, y Álvarez de Zayas, A. (2008). *Seguimiento de los cambios morfológicos del sistema playa-duna en las Playas del Este. Caracterización de la flora. Resultados 3 y 4*. Archivo científico del Instituto de Ciencias del Mar.
- Sosa, M., Rivas, L., Guerra, R., Álvarez de Zayas, A., Cuervo, Z., Perdomo, D., Felipe, M. (2011). *Rehabilitación funcional de las dunas en un sector de la playa de Santa María del Mar, al Este de La Habana*. Informe de proyecto ejecutivo. Delegación de Medio Ambiente de La Habana.
- Sosa, M.; Álvarez de Zayas, A.; Rivas, L.; Cuervo, Z.; González, S.; Perdomo, D.; Salazar, H.; Casellas, R. J.; Almeida, L.D. (2013). *Rehabilitación funcional de las dunas en el sector de playa que se extiende a ambos lados de la desembocadura del río Itabo, al Este de La Habana*. Informe de proyecto ejecutivo. Delegación de Medio Ambiente de La Habana.
- Sosa, M., Rivas, L., Perdomo, D., Salazar, H., Felipe, M., Raibeiro, Y. C., Almeida, L.D. (2014). *Rehabilitación funcional de las dunas en el sector de playa que se extiende desde Avenida de las Banderas hasta el Círculo Militar, en las Playas del Este de la Habana*. Informe de proyecto ejecutivo. Delegación de Medio Ambiente de La Habana.
- Sosa, M., Rivas, L., Perdomo, D., Salazar, H., y Felipe, M. (2017). *Rehabilitación funcional de las dunas en el sector de playa que se extiende desde el Círculo Militar hasta la rotonda del Itabo, en las Playas del Este de la Habana*. Informe de proyecto ejecutivo. Delegación de Medio Ambiente de La Habana.
- Sosa, M. (2017). *Evaluación de las afectaciones provocadas por las inundaciones costeras asociadas al huracán Irma en las playas del polo turístico del Este de la Habana*. Delegación del CITMA de La Habana.

Como citar este artículo

Rivas-Rodríguez, L., Fernández-Diez, Ch., Castro-Reyes, A., Olivera-Rodríguez, J. L., Rabeiro-Rodríguez, Y. C., Niévarés-Pérez, A., Izquierdo-Amat, L., Almeida-Villegas, Y., Rodríguez-Troche, S., Ibáñez-Carbonell, Y. (2024). Rehabilitación funcional de dunas en la playa Guanabo, Playas del Este de la Habana, Cuba . *Rev. Invest. Mar.*, 45(1), e-10914.

<https://revistas.uh.cu/rim/article/view/10914>
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14826786>

REVISTA INVESTIGACIONES MARINAS
RNPS: 2096 • ISSN: 1991-6086 • VOL. 45 • No. 1 • ENERO-JUNIO • 2025 • pp: e-10914
