

Cambios Geomorfológicos en las Dunas de la Costa de Isabela

*Néstor D. Monserrate Pérez
Maestría en Ciencia y Tecnología Geoespacial
Prof. Víctor Romero
Departamento de Agrimensura y Ciencias Geoespaciales
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Resumen – Este estudio presenta los cambios geomorfológicos de las dunas en el área de Isabela. Estos se comparan en tres décadas (60, 80 y 2000) diferentes. Se sobrepuso y se comparó las tres décadas y se observaron los cambios sufridos en las dunas. Por los pasados años las dunas o montículos de arenas dinámicas han estado sufriendo cambios en sus formas dramáticamente [1]. Los cambios de estas son por dos razones, una la naturaleza y la otra por el hombre. Esta última teniendo como resultados efectos negativos para las mismas. Como es de conocimiento, para la década de los años 60 las personas realizaban extracción de arena de las dunas, para uso comercial (construcciones) y ésta ha sido la consecuencia de los mayores cambios ocurridos en ellas [2].

Palabras Claves: Cambios Geomorfológicos, Dunas, Isabela, Modelo Elevación Digital.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se refiere al tema de los cambios geomorfológicos en las dunas de Isabela. Las dunas constituyen defensas contra el embate del mar en las costas [2]. Estas son áreas de almacenaje de arena y son la formación playera protectora de mayor importancia. También son protectoras de residencias, animales, huracanes u otros fenómenos naturales. Los daños más perjudiciales que pasan en las dunas son causados por el factor humano, algunos de ellos son:

- El uso de vehículos de campo traviesa.
- La extracción de arena para la construcción (Ver figura 5).

Uno de los efectos que surge a consecuencia de los daños causados a las dunas es la eliminación de lugares donde pueda alojarse la fauna en las mismas. En los cambios geomorfológicos de las

dunas es la condición natural, la transportación de las arenas por el viento.

El enfoque de este proyecto es determinar mediante análisis de comparación de elevaciones, los cambios que han ocurrido en esta área de la costa norte, específicamente en el pueblo de Isabela.

Debido a las condiciones geográficas de la isla, nuestras dunas juegan un papel muy importante, por tal razón se debe monitorear los cambios geomorfológicos que ocurran en estas.

OBJETIVOS

Los objetivos de este proyecto son:

1. Determinar mediante análisis de comparación de elevaciones el cambio geomorfológico en las dunas del área de Isabela.
2. Identificar aproximadamente la disminución o el aumento de las dunas. Esta información puede ser de ayuda para las entidades que están restableciendo estos montículos de arena para su conservación.

MARCO TEÓRICO

Las dunas o medianos costeros de Puerto Rico, se encuentran en toda la costa norte de la isla, desde Loiza hasta Isabela. Son barreras naturales contra fuertes marejadas. Sus procesos han sido interrumpidos por el impacto humano. Las causas debido a los efectos negativos son: el *overwash* e inundaciones provocadas por marejadas que han contribuido a los cambios geomorfológicos de estos montículos. La remoción de las dunas ha desestabilizado las playas del norte convirtiéndolas en zonas vulnerables a la erosión. (Ver figura 6) El Departamento de Recursos Naturales ha implementado leyes, reglamentos y órdenes así

también como ha llevado a cabo actividades de manejo y recuperación para estas formaciones.

INFORMACIÓN GENERAL

Es muy importante entender la magnitud de las interacciones entre los procesos con el fin de planificar las actividades de revegetación en sistemas de dunas costeras [3]. Las dunas se encuentran a lo largo de la costa, en lugares donde existen grandes aportes de arena, viento suficiente para desplazarla y un lugar propicio donde se pueda acumular. Actualmente se pueden encontrar dunas de arena en las áreas de Hatillo, Camuy, Arecibo, Barceloneta, Isabela y Loíza [4]. Las únicas dunas de arena significativas en PR se encuentran en la zona noroeste. Las dunas costeras de arena situadas entre los Kilómetros 10-12 en la carretera estatal PR-466, ubicada en el municipio de Isabela, que solían alcanzar de 15 a 19 metros de altura, décadas atrás. La línea de costa a lo largo de este sistema no parece estar en retirada. Las dunas forman parte de la zona marítimo terrestre.

Generalmente estas acumulaciones de arena se forman en hileras alagadas, paralelas a la playa. La parte de la duna orientada hacia el viento (barlovento) es convexa y de pendiente suave [4]. En este lado de la duna se presentan ondulaciones producidas por el viento (sotavento) es de pendiente más empinada, y en algunos casos es de forma cóncava. Este lado carece de ondulaciones. El mecanismo de formación de las dunas puede describirse de la siguiente forma: las corrientes transportan la arena hacia la costa, luego el oleaje y las mareas depositan parte de esta arena en la playa, entonces el viento desplaza la arena seca hasta la playa alta [4]. El transporte de arena por el viento se añade al causado por el oleaje. Los factores más importantes que influyen en el transporte de arena son el tamaño de las partículas, su densidad, su forma y la cohesión entre éstas.

Ciertas especies de plantas y animales adaptados a las condiciones existentes en las dunas empiezan a colonizarlas [4]. La vegetación es importante ya que provee estabilización de las

dunas y actúa como amortiguador del viento y su poder acarreador.

En términos geológicos, en Puerto Rico existe dos tipos de dunas: dunas activas y dunas estabilizadas.

Las activas, consisten en arenas calcáreas sueltas que forman dunas a lo largo de la costa norte de la isla. En este estado la arena está suelta y es visiblemente apreciable que la duna está ganando o perdiendo arena, alterándose así el tamaño, forma y posición de la misma. Estas están cubiertas de parcialmente cubiertas de vegetación.

En el estado estabilizado la duna está cubierta por vegetación permanentemente y esto minimiza el movimiento de la arena. Son la serie más antigua de este sistema y consiste en dunas cementadas. La vegetación es el factor más importante que controla la morfología de las dunas costaneras. La misma actúa como una barrera que promueve el depósito de arena y estabiliza la misma una vez depositada.

Este sistema se ha reducido de manera significativa por la extracción de arena excesiva para ser usada por la industria de la construcción y el tráfico de vehículos que ha dado lugar a una erosión colosal.

A pesar de que la extracción de arena comercial no se está llevando a cabo actualmente, los individuos extraen un gran volumen de arena de este sistema, para actividades en construcción, sobre una base regular.

ÁREA DE ESTUDIO

Para realizar este trabajo se utilizó como modelo el área de la costa del municipio de Isabela, específicamente en la Carretera PR466 cerca del Paseo Lineal, en la playa Middles Beach. Actualmente se pueden encontrar dunas de arena en las áreas de Hatillo, Camuy, Arecibo, Barceloneta, Isabela y Loíza [4]. Se escogió las dunas de Isabela ya que tienen la mayor concentración de arena (Ver figuras 1 y 2).

METODOLOGÍA

Como parte de la metodología este trabajo se dividió en tres fases: recopilar, analizar y procesar toda la información de campo obtenido. La toma de información para realizar la topografía fue en un área de 400 metros de longitud por 45 metros de ancho aproximadamente. Para realizar esta topografía, se utilizó un sistema de GPS Trimble Mod. R6 RTK. – [5] En inglés Real Time Kinematic o navegación cinemática satelital en tiempo real. Es un equipo que se utiliza para trabajos de agrimensura, topografías y navegación basado en uso de medidas de base de navegación con señales de GPS [5]. Se realizó la topografía haciendo transversales a cada 20 metros hasta llegar a los 400 metros.

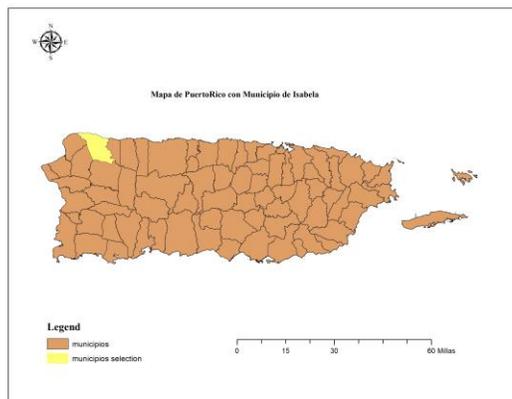


Figura 1
Mapa del Municipio de Isabela



Figura 2
Área de Estudio en la Costa de Isabela

La misma se procesó utilizando el programa Carlson Survey versión 2014, éste se utiliza para procesar la información colectada en el campo, ya sea con estaciones totales o equipo de GPS [5]. También al estar montada en una plataforma de AutoCAD esto permite que la data procesada se

pueda dibujar. Esta información se utilizó para determinar las elevaciones del área de estudio. Luego de haber procesado la información se creó un MED utilizando el programa Arc.GIS (permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica creado por la compañía Esri) [5]. Con este MED y con los 2 MED suministrados por el CRIM que data de los años 1982 y 2010, se procede a comparar las elevaciones para ver los cambios ocurridos en las dunas. De esta manera se pudo establecer las comparaciones de estos años. Cabe señalar que estos montículos de arena o dunas al momento de hacer este análisis no tienen la misma elevación tan enorme que solían tener, para los años en que se comenzó a extraer las grandes cantidades de arena desde el 1960 en adelante.

DEFINICIONES

La topografía es la ciencia encargada de describir físicamente la superficie de la tierra, describiendo sus accidentes y características. Además establece los métodos y procedimientos para llevar a cabo estas descripciones [6].

Generalmente se llama Topografía cuando se describe un área generalmente pequeña, digamos hasta una ciudad o un país; cuando describe áreas mayores, como un continente o todo el mundo, se le llama Geodesia [6].

La descripción topográfica utiliza una representación con tres ejes: los ejes de planimetría (X y Y) con los que describe un terreno a lo largo y a lo ancho, y un eje de altimetría (Z) con el que describe las alturas y depresiones. Topografía significa describir detalladamente un terreno muy amplio a escala en papel, y se le llama “plano topográfico”.

La Geomorfometría se define como la disciplina científica cuyo objeto principal es el estudio cuantitativo de la superficie del terreno, incluyendo la caracterización computacional del mismo para analizar su continuidad topográfica [7].

Un Modelo Digital de Elevación (MED) es una representación visual y matemática de los valores

de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo [8].

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo *raster* con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados [8].

En los modelos digitales de elevación existen dos cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital, las cuales varían dependiendo del método que se emplea para generarlos y para el caso de los que son generados con tecnología LIDAR se obtienen modelos de alta resolución y gran exactitud (valores submétricos) [8].

Las dunas o medianos costeros de Puerto Rico son grandes acumulaciones de arena, las cuales son depositados por el oleaje y con la ayuda del viento son desplazadas hacia la alta playa, o a lo largo del litoral.

RESULTADOS

Luego de haber tomado los MED suministrados por el CRIM de los años 1982 y 2010 para el área de la costa de Isabela, estos demuestran que si hubo una disminución sustancial en la altura de las dunas [9]. A su vez comparándolos con el MED creado recientemente (septiembre del 2014) con la información recopilada en el campo mediante un estudio topográfico realizado, los resultados arrojan más cambios en disminución pero a su vez un aumento en su altura. (Ver tabla #1) El MED de 1982 demuestra unas dunas con alturas de más o menos 23 mts. Vs. el MED del año 2010 donde las mismas dunas tenían unas alturas entre 1.5 y 2 metros. Para el MED del año 2014 el estudio topográfico realizado y comparándolo con los anteriores, encontramos como resultado un cambio de recuperación para estos montículos de arena con alturas que fluctúan entre los 5 y 6 metros, esto debido a su reconstrucción [10]. (Ver tabla #2)

Tabla 1

Tabla Comparativa de los Modelos de Elevación Digital por Año [PROPIA]

MED AÑO	Altura (mts.)	Cambios
1982	23	-----
2010	2	disminuye
2014	6	aumento

Tabla # 2

Tabla Comparativa de los Modelos de Elevación Digital por Año

AÑO	OBSERVACION
1982 VS 2010	Diferencia en altura de 21 metros.
1982 VS 2014	Diferencia en altura de 17 metros.
2014 VS 2010	Cambio en aumento donde su altura sube 4 metros.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Puerto Rico cuenta a lo largo de su costa norte con estas montañas de arenas que sirven para proteger el área de embates naturales, ya sea tormentas, embates de marejadas altas, erosión y también sirven como hábitat para algunos animales [11].

Los factores industriales y la construcción han afectado mayormente estas importantes montañas de arena desde décadas atrás (1950 en adelante) donde el hombre empezó a comercializar con las arenas de estas montañas a tal extremo donde no podían ejercer su protección al medio ambiente. A esto también se le añade el ciclo de vida natural [11].

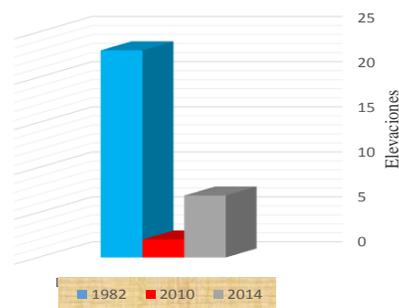


Figura 3

Grafica de Barra Comparación 1982-2010-2014 [PROPIA]

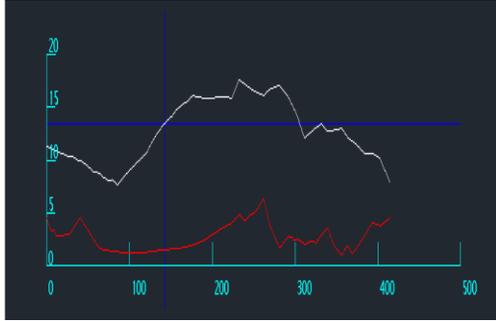


Figura 4
Perfiles Año 1982 vs. 2014 [PROPIA]



Figura 5
Dunas en su Estado Original [1]



Fig. 12. Trench-like pattern extraction used in active extraction site in the Barrio Jobos sand dune. Arrow indicates the residual sand dune.

Figura 6
Duna después de Extracción de Arena [12]

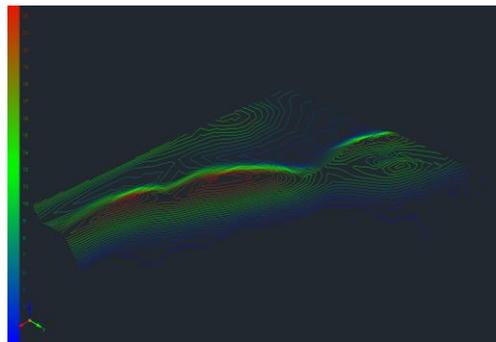


Figura 7
Topografía Dunas 1982 [PROPIA]

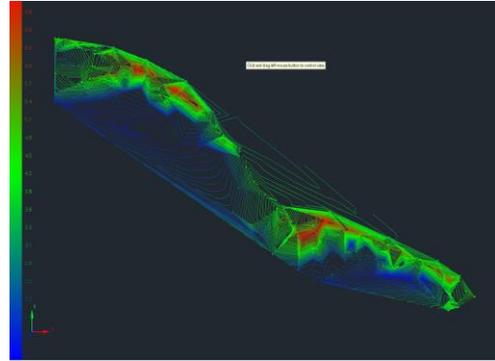


Figura 8
Topografía Dunas 2014 [PROPIA]

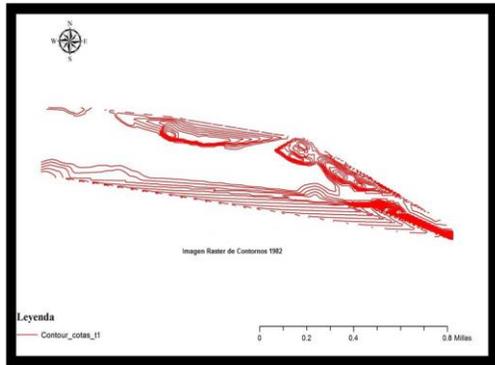


Figura 9
Imagen Raster de Contornos 1982

CONCLUSIÓN

Después de haber realizado este estudio, se llegó a la conclusión que las dunas de la costa norte, específicamente en la costa de Isabela, tuvieron grandes cambios en su forma. Estos montículos disminuyeron en tamaño y por ende su volumen [3]. Es importante mencionar que con la reconstrucción de estas montañas de arena, las mismas han tenido un aumento en su tamaño. Esto apoyado mediante el estudio topográfico realizado en el año 2014. Basado en este análisis comparativo entre los modelos de elevación 1982, 2010 y 2014 donde se compara las alturas y los cambios sufridos por estas formaciones, también podría incorporarse los cálculos de volumen para las mismas.

Este trabajo podría ser de beneficio para entidades, personas o agencias interesadas en reconstruir las dunas o medianos costeros. Debemos proteger nuestros recursos y crear conciencia para beneficio de nuestro ambiente.

REFERENCIAS

- [1] Senado de Puerto Rico. (2013, Mayo 27). "Investigan Extracción de Arena en las Playas," *Comunicado de Prensa de Recursos Naturales* [Online]. Available: <http://www.senado.pr.gov/pdf> . [Accessed 15 Julio 2015].
- [2] Publicación Costas Reservas y Refugio de PR del Departamento de Recursos Naturales. (2012, Febrero 7). *Dunas de Puerto Rico* [Online]. Available: <http://www.drna.pr.gov/costasreservasrefugios/pmzc/publicaciones/.pdfpag8>. [Accessed: 25 Junio 2015].
- [3] R. J. Mayer, PhD, "Las Dunas de Arena," *Marejadas*, vol. 8, no. 1, p. 32-38, 2011.
- [4] D. S. Grill, "Estudio de Impacto Ambiental: Introducción a la Geomorfometría," *Curso de Postgrado*, PR, 2010.
- [5] ESRI, *ARCGIS Software 10.1*, California: ESRI.COM, 2011.
- [6] A. Sosa, "Importancia de la Topografía," *Academia.edu*, Mexico, 2013.
- [7] A. E. Hartermink and A. B. McBrotney, "A soil science renaissance," *Geoderma*, vol. 10, no. 006, pp. 123-129, 2008.
- [8] Instituto de Estadísticas y Geografía. (2014, Septiembre 25). *Modelos Digitales de Elevación* [Online]. Available: <http://www.inegi.org.mx>. [Accessed: 25 Junio 2015].
- [9] Centro de Recaudación de Ingresos Municipales, "Metadata del Med," CRIM, San Juan, 2003.
- [10] M. T. Laborde Medina, (2010, Mayo 06). "Estrategias para el Manejo de la Erosión Costera en Isla Verde," M.S. Tesis, Escuela Graduada de Asuntos Amb., UMET, San Juan, PR. [Online]. Available: http://www.suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis_Ambientales/msem_manejo_cons_recursos_naturales/2010/MLabordeMedina060510.pdf. [Accessed: 30 junio 2015].
- [11] El Nuevo Día, "Acusan a Cuatro por Extracción Ilegal de Arena en Dunas de Isabela," *El Nuevo Día*, 16 marzo 2016.
- [12] Caribbean Environment Programme United Nations Environment Programme, "Manual for Sand Dune Management in the Wider Caribbean," United Nations Environment Programme (UNEP), Caribbean, 1998.