

ARTÍCULO ORIGINAL

COMPORTAMIENTO EROSIVO DE PLAYA RANCHO LUNA, CIENFUEGOS, CUBA.

Erosive behaviour of Rancho Luna Beach, Cienfuegos, Cuba.

Lester Caravaca-Colina^{1*}, Alain Muñoz-Caravaca², Javier Alcántara-Carrió³, Elena Gómez-Castro⁴, Andrés Osorio-Arias⁵

¹ Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, División de Gestión Ambiental, Calle 17, sin número, entre 46 y litoral, Cienfuegos, Cuba. CP 55100.

² Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Calle 18, No. 110, entre 1ra y 3ra, Miramar, Habana, Cuba.

³ Instituto Oceanográfico, Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil.

⁴ Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, División Cienfuegos, Ave 56 No.5101, Cienfuegos, Cuba.

⁵ Grupo de Investigación en Oceanografía e Ingeniería Costera (OCEANICOS), Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Carrera 80, No 65-223, Bloque M2.

* Autor para correspondencia:
lester@gestion.ceac.cu

Recibido: 19 marzo 2015

Aceptado: 8 julio 2015

RESUMEN

La playa Rancho Luna, ubicada en la costa centro-sur de la isla de Cuba, muestra evidentes signos de erosión. Este trabajo analiza los resultados de mediciones de perfiles topográficos perpendiculares a la línea de costa y su comparación para intervalos de diez y once años. Los objetivos son determinar la magnitud de la erosión y variación de la línea de costa durante este tiempo, así como esclarecer el comportamiento espacial y estacional de la playa. Se levantaron seis perfiles en la playa durante las primeras mediciones en 2003-2004 que luego volvieron a ser medidos en 2013-2014. Los perfiles se comparan y se calculan las pérdidas o ganancias de arena y el movimiento de la línea de costa. Como resultado se obtuvo que existe erosión y retroceso significativos en la línea de costa de la playa. La pérdida total de arena en estos diez u once años es entre 9300 y 13000 m³. La tasa anual de pérdida de arena fluctúa entre 853 y 1300 m³ por año mientras el retroceso promedio para toda la playa fluctúa entre 0,54 y 0,8 m por año. Se obtiene una diferencia entre estaciones en cuanto a la magnitud de la erosión y el retroceso. Ambos fenómenos se comportan de forma espacialmente irregular sobre la playa y cambian su distribución espacial según las estaciones.

PALABRAS CLAVE: arena, erosión, línea de costa, playa, retroceso,

ABSTRACT

Rancho Luna beach located at the central south Cuban island shore, shows evident signs of erosion. This work analyses the results from topographic profile surveys perpendiculars to the shoreline in a ten and eleven years interval. The objectives are determining the magnitude of erosion and variation of shoreline during this time and to clear up the seasonal and spatial behavior of the beach. Six profiles were performed during the firsts surveys in 2003-2004, which were measured again in 2013-2014. The obtained surveys are compared and calculated the inputs and losses of sand and the movement of the shoreline. As an obtained result, there is a noticeable erosion and shoreline retreatment on the beach. The total loss of sand on those ten or eleven years reaches between 9300 and 13000 m³. The annual rate of sand loss is between 853 and 1300 m³ per year, while the mean retreatment rate for the entire beach fluctuates between 0.54 and 0.8 m per year. A difference between seasons respect to the magnitude of erosion and retreatment is obtained. Both phenomena behaves in an irregular spatial way over the beach, and change their spatial distribution according to the seasons.

KEYWORDS: beach, erosion, retreatment, sand, shoreline,

INTRODUCCIÓN

Las playas constituyen sistemas muy dinámicos, con una gran variabilidad espacial y temporal por ser el espacio físico de interacción entre el oleaje, las corrientes, marea y vientos con los sedimentos sueltos.

Los cambios en la morfología de la playa se deben fundamentalmente a la hidrodinámica y características de los sedimentos, así como la influencia de la intervención humana, entre otros factores. De esta forma, parámetros como la altura, dirección y período del oleaje, combinados con la amplitud de la marea, así como la densidad, tamaño medio, grado de selección y velocidad de caída de los granos de arena son factores que determinan su morfodinámica (Wright and Short, 1984; Hansen and Barnard, 2009).

Las variaciones morfodinámicas se dividen para su estudio en perpendiculares y paralelas a la línea de costa. El comportamiento perpendicular a la línea de costa se identifica fundamentalmente, por cambios en la forma del perfil tanto espacial como temporalmente. Mientras el comportamiento longitudinal se puede identificar por cambios en la posición de la línea de costa, rotación de la playa y características rítmicas (Karunarathna, *et al.*, 2012). El enfoque de este trabajo se dirige al estudio de variaciones perpendiculares como la forma del perfil y de paralelas como la línea de costa. En la dimensión temporal se estudian aquí sobre todo, las variaciones que ocurren a largo plazo. Dichas variaciones no son las causadas en unos casos por las estaciones del año (verano-invierno o temporada lluviosa y temporada seca) que ocurren en el lapso de meses, ni por patrones hidrometeorológicos cíclicos y alternados que determinan la ocurrencia de algunas unidades de años de erosión y luego una cantidad aproximada de acreción. Las variaciones a largo plazo

engloban estas variaciones de menor escala ya que ocurren generalmente en periodos de diez años o más (Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, 2000). De esta forma, permiten determinar cuál es la tendencia global o secular de la playa.

Las variaciones morfológicas a largo plazo en la playa pueden estar asociadas a un balance sedimentario en equilibrio, o bien mostrar comportamiento de acumulación o erosión neta. De igual modo, pueden relacionarse con una línea de costa en equilibrio, en avance o retroceso. El equilibrio sedimentario e incluso la acumulación, significan generalmente un beneficio para los usuarios de la playa, mientras que la erosión constituye un riesgo geológico para la playa y sus usuarios. Desde hace décadas la mayoría de las playas arenosas del mundo presentan determinados niveles de erosión y retroceso de su línea de costa (Bird, 1985; Zhang, *et al.*, 2004). La erosión implica la redistribución de la arena de la zona supramareal e intermareal de la playa hacia la zona submareal e incluso zonas más profundas. Parte de esa arena puede perderse definitivamente al alcanzar profundidades por debajo del nivel de base del oleaje en condiciones de bonanza e incluso caer por el borde de la plataforma continental o insular. La erosión se produce fundamentalmente por la acción de los temporales y la sobre elevación del nivel del mar que estas producen (Zhang, *et al.*, 2004).

La mayoría de las playas presentan de manera natural un comportamiento cíclico estacional de acumulación y erosión. Cuando se manifiesta una tendencia erosiva neta, esta se hace perceptible generalmente en el largo plazo. La erosión a largo plazo de una playa hace que esta pierda sus propiedades idóneas para la práctica de actividades

recreativas, deportivas y económicas como el baño, el deporte y el turismo. Por tanto, la erosión de las playas ocasiona pérdidas económicas, sociales y ambientales considerables.

La playa Rancho Luna, en la Provincia Cienfuegos ha sido utilizada durante décadas como espacio de baño público. Las mediciones de perfiles topográficos y análisis granulométricos realizados en esta playa durante un corto período (2003-2004) no mostraron la existencia de un proceso erosión (Gómez-Castro, 2004). Sin embargo, se observan en la actualidad signos evidentes de erosión, así como cárcavas y escarpes en la duna, que no han sido analizados en ningún estudio previo. Por tanto el presente trabajo pretende estudiar de manera sistemática el comportamiento morfodinámico de esta playa y la magnitud de los procesos erosivos en la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Rancho Luna es la playa principal de la provincia Cienfuegos, en la zona central de la costa meridional de la isla de Cuba. Se localiza entre los 22° 02' 13,5" de latitud norte y entre los 80° 25' 19,7" de longitud oeste, frente al mar Caribe y sobre una estrecha plataforma. Posee una longitud aproximada de unos 500 m y una orientación de su línea de costa de NW a SE. La playa tiene además asociada una duna con una altura de hasta 4 m y un ancho medio entorno a los 40 m.

Es una playa apoyada en un saliente rocoso natural en su extremo noroeste, con barrera arrecifal protectora que la rodea completamente en su parte marina, expuesta a régimen de ondas de baja energía, que en ocasiones se alterna con ondas de alta energía producidas

por huracanes. El régimen de mareas es semidiurno y micromareal. Las corrientes inducidas por la marea son de poca intensidad con dirección predominante 70° N durante el vaciante y de 310° N durante el llenante, según mediciones realizadas en agosto de 1993 (Castellanos y Satán, 1993; Gómez-Castro, 2004). Su granulometría es de arena media y en su mayor parte, (63,32 %) de origen biogénico (Departamento de Procesos Costeros, Instituto de Oceanología, 2011).

Esta playa tiene un importante uso turístico nacional e internacional (hoteles Rancho Luna y Faro Luna). Se encuentra muy antropizada con numerosas construcciones en la duna y parte de la vegetación existente es introducida (Seisdedo *et al.*, 2007). Presenta un uso intenso en época de verano, sobre todo en los meses de junio a agosto. En este periodo no solo vacacionistas de Cienfuegos la visitan sino también los de la vecina provincia Villa Clara. La duna está ampliamente intervenida con construcciones de ranchones de madera, taquillas e instalaciones gastronómicas de hormigón y de grandes dimensiones.

Este intenso uso y antropización (Gómez-Castro, 2004; Seisdedo *et al.*, 2007) fueron características decisivas para seleccionar esta playa, además de por estar separada de las playas contiguas en su extremo sureste por un afloramiento arrecifal que llega a la orilla, limitando y modelando su interacción con el entorno hidrodinámico circundante.

Mediciones realizadas

La técnica de levantamiento de perfiles perpendiculares a la línea de orilla es un método práctico y rápido para caracterizar y realizar el seguimiento de la morfología de una playa (Posada y Buitrago, 2009). Además da la

posibilidad de cuantificar con precisión la erosión y retroceso de la línea de costa en cada perfil. La medición de los perfiles usando estación total está considerada entre los sistemas de medición más exactos existentes en la actualidad (Lee, *et al.*, 2013). Por ello, este es el método que se aplica en este trabajo para detectar si existe erosión o no, cuantificarla y esclarecer otros aspectos relacionados con el comportamiento de este fenómeno. Entre esos aspectos podemos mencionar el movimiento de la línea de orilla el cual depende de la magnitud de la erosión. Se pretende además obtener información respecto a la periodicidad de la erosión – acumulación y en lo posible sobre las causas que puedan estar ocasionando uno u otro fenómeno.

Las mediciones topográficas de la playa Rancho Luna fueron realizadas usando una Estación Total Leica, con una exactitud teórica de 2 cm. tanto en la vertical como en la horizontal. Se levantaron seis perfiles perpendiculares a la línea de costa con longitudes que oscilan desde los 35 hasta los 80 m y una distancia entre perfiles también variable, siendo la mínima 20 m y la máxima de 123 m (Fig.1). La longitud entre los perfiles de los extremos es de 485 m y la longitud total de la playa de 525 m.

Estos transeptos fueron medidos inicialmente en mayo, junio, septiembre, diciembre de 2003 y enero de 2004, con el objetivo de analizar la variación estacional de la morfología de la playa. El segundo período de mediciones fue realizado en octubre de 2013 y febrero y junio de 2014, con el fin de analizar las variaciones morfodinámicas de la playa a largo plazo (diez y once años). Para ello se ha comparado en todos los casos la misma estación del año, con el fin de minimizar la influencia de las oscilaciones estacionales en

el comportamiento a largo plazo. Es decir se analizan los comportamientos a largo plazo en pleno verano (junio 2003 – junio 2014), al final del verano (septiembre 2003 – octubre 2013) y en invierno (enero 2004 – febrero 2014).

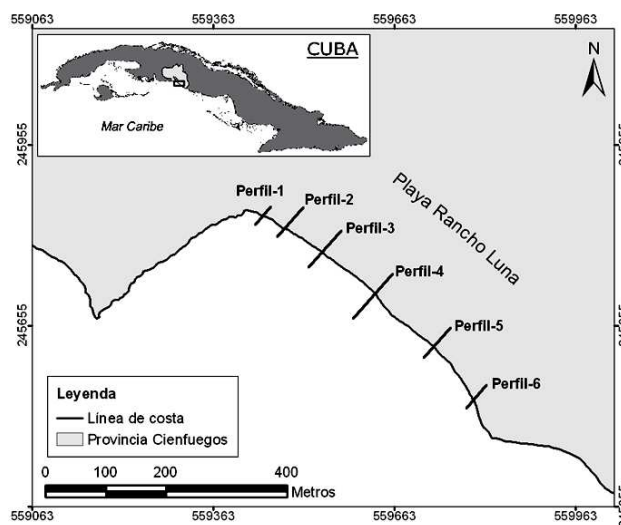


Figura 1. Playa Rancho Luna y localización de los perfiles medidos.

A partir de estos datos se calculan los cambios volumétricos por erosión-acumulación y las tasas de retroceso de línea de costa, mediante un script de cálculo realizado en el software libre Octave, versión 3.6.1 (Eaton, 2012). Las distintas mediciones de un mismo perfil se cortan para su comparación a una misma distancia de la cabeza del perfil, de manera que se compare siempre la misma extensión, evitando así sesgoso errores por variación en dicha dimensión.

Con las variaciones en el área (m^2) de cada perfil multiplicados por el área de playa que representa en sentido paralelo a la orilla se obtuvo el volumen del balance sedimentario (m^3) correspondiente a cada transecto. A continuación la suma de estos seis valores permite obtener el balance sedimentario del conjunto de la playa, es decir, la erosión en caso de resultar dicho balance negativo o

acumulación en caso de ser positivo. Se calcula además el promedio espacial de la erosión y del retroceso de la línea de costa para toda la playa.

RESULTADOS

Al superponer los tres conjuntos de perfiles (para pleno verano, fin del verano e invierno) se observa que las variaciones a largo plazo (diez, once años) son importantes. Así, se puede apreciar un claro desplazamiento hacia tierra de la topografía de la playa en los perfiles del uno al cinco (Fig. 2, 3 y 4),

con erosión y retroceso de la línea de costa, pero sin cambiar la forma del perfil. En el perfil seis se observa retroceso de línea de costa pero no desplazamiento de todo el perfil hacia tierra. Es decir, en este perfil la topografía más reciente refleja un movimiento de la duna hacia arriba y hacia tierra, con erosión en el frente de duna y sedimentación hacia su parte sumergida.

En el período de verano (junio 2003 – junio 2014) se observa un comportamiento erosivo y de retroceso de la línea de costa similar al de los otros dos períodos analizados

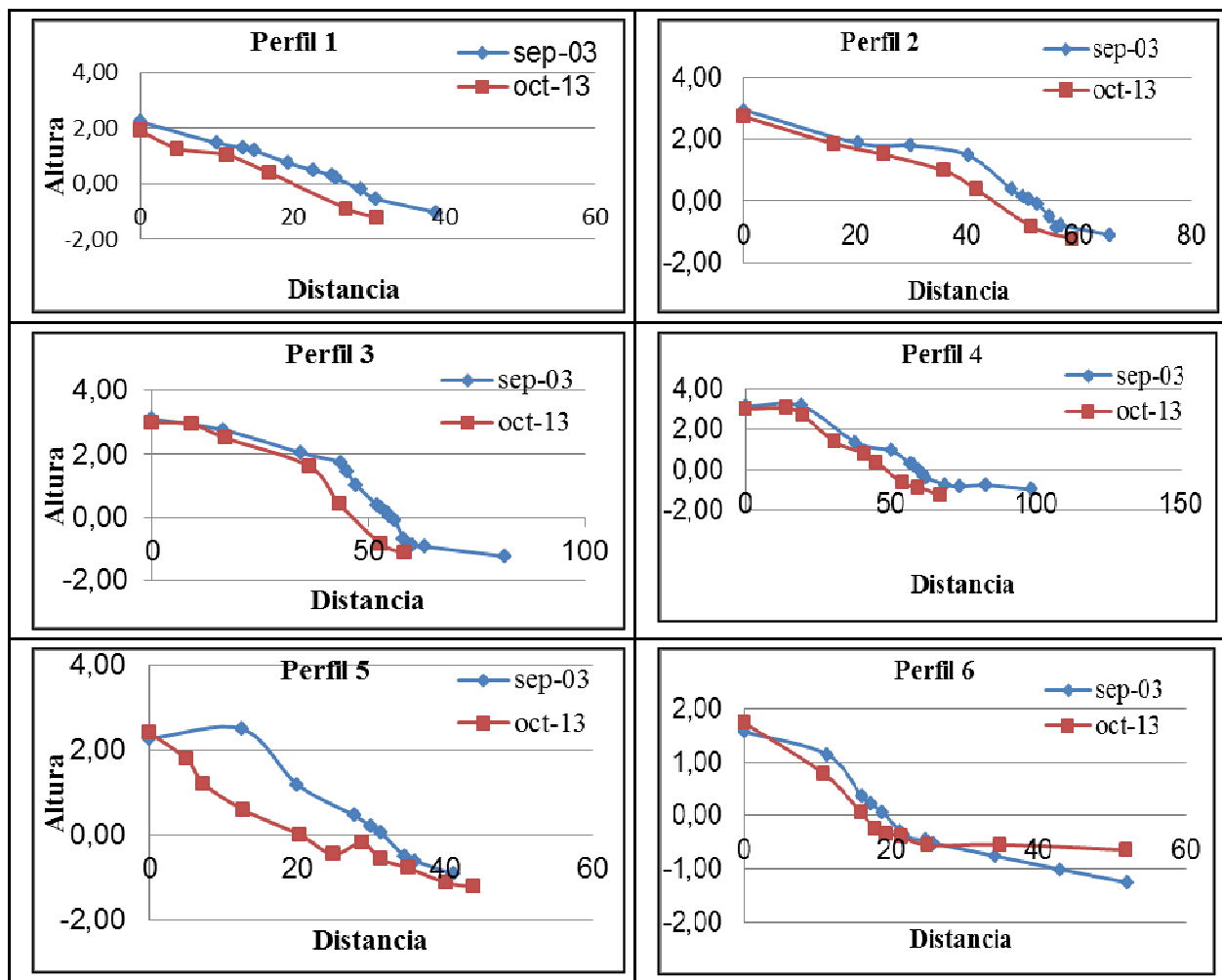


Figura 2. Variaciones topográficas a largo plazo en condiciones de fin de verano (septiembre 2003 - octubre de 2013).

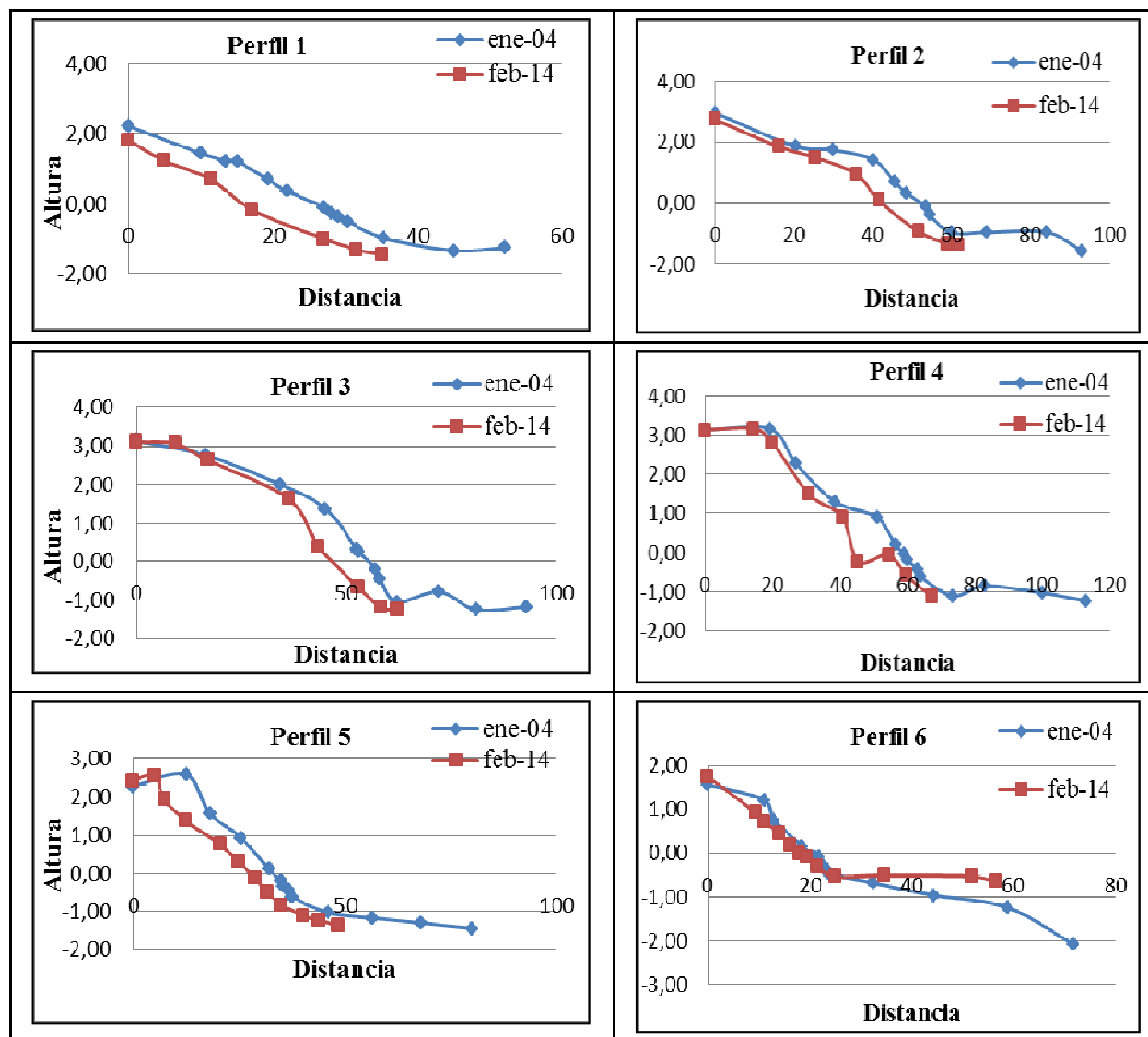


Figura 3. Variaciones topográficas a largo plazo en condiciones de invierno, (enero 2004-febrero de 2014).

(Tablas 1, 2 y 3; Fig. 4). Por tanto para los tres intervalos comparados todos los perfiles muestran retroceso de la línea de orilla, así como descenso de su topografía. No obstante, el perfil más septentrional, P6 (perfil seis), muestra un comportamiento ligeramente diferente, con erosión en la parte alta, pero acumulación de sedimentos en la parte sumergida. Se observa por tanto un claro proceso erosivo en todas las épocas (10027 m³

en invierno, 13562 m³ al final de verano y de 9389 m³ en pleno verano). Esto deriva en una tasa promedio de erosión anual entre 850 m³ y 1350 m³ de arena en esta playa. En cuanto al retroceso de la línea de costa también exhibe valores importantes, que fluctúan desde los 2,2 m (P6) hasta los 14,1 m (P4, perfil cuatro). El promedio espacial de retroceso para toda la playa hallado para este intervalo fluctúa

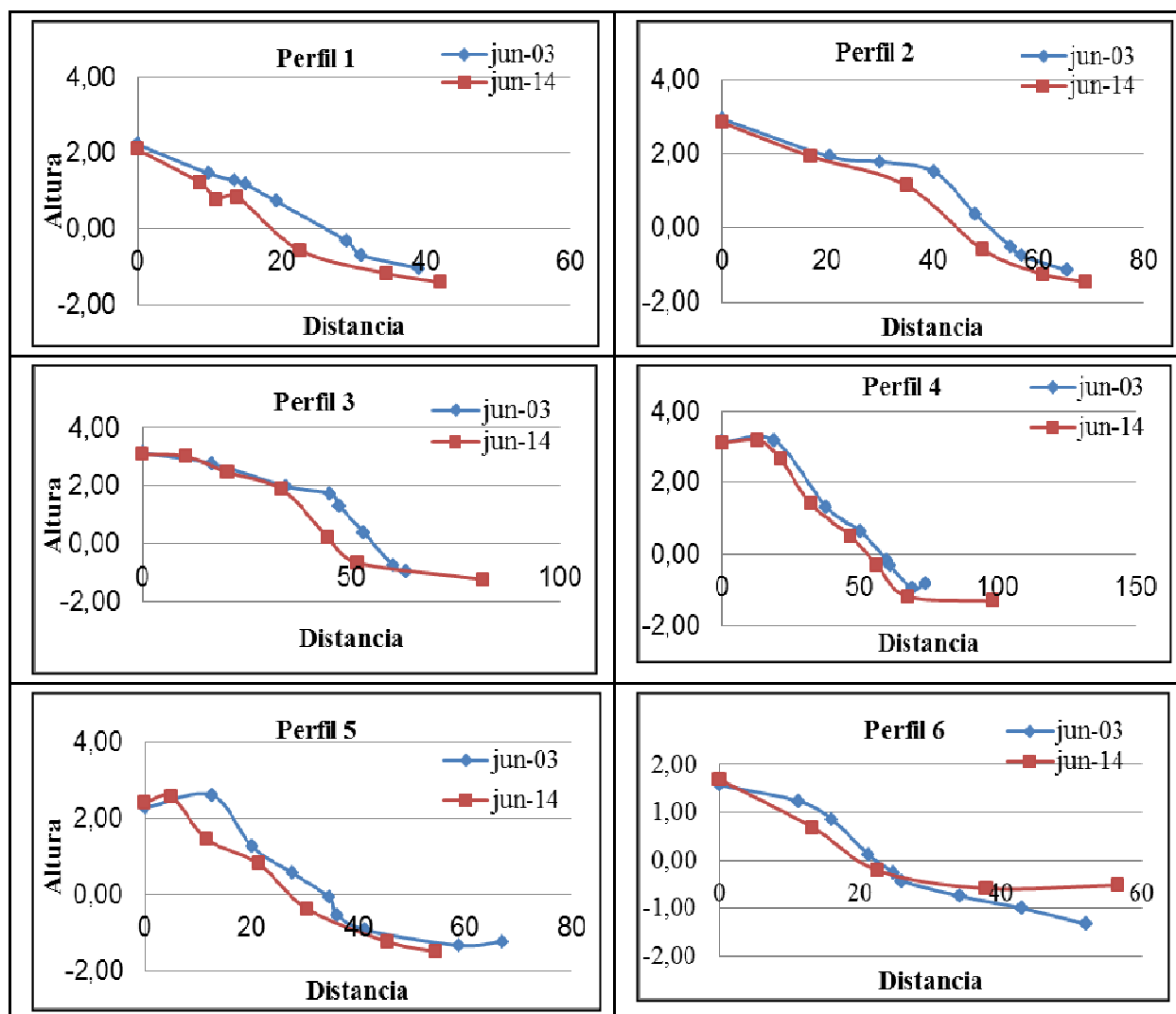


Figura 4. Variaciones topográficas a largo plazo, en condiciones de verano, (junio 2003-junio de 2014).

entre los 5,9 y 8 m en once y diez años respectivamente.

Perfil	Balance sedimentario		Retrceso de la Línea de costa (m)
	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
Perfil 1 (P1)	-19,3	-781,6	7,2
Perfil 2 (P2)	-27,7	-1578,9	6,9
Perfil 3 (P3)	-28,9	-2663,1	8,8
Perfil 4 (P4)	-36,7	-4442	11,1
Perfil 5 (P5)	-36,8	-4400,4	11,3
Perfil 6 (P6)	3,2	304,19	3,0
Promedio	-24,37		8,05
Total		-13562	

Tabla 1. Balance sedimentario y retrceso de la línea de costa. Período de comparación: fin de verano (septiembre de 2003 – octubre de 2013).

Considerando el retroceso para temporadas anuales este alcanza valores de 0,54 a 0,8 metros por año. Es decir, si retrocediese de

sobre el espacio de la playa y cambian al pasar de una estación a otra. Al final del verano, la erosión se concentra sobre todo en la zona central de la playa donde se ubican los perfiles cuatro y cinco (P4 y P5). Por su

Balance Sedimentario			Retroceso de la Línea de costa (m)
Perfil	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
P1	-27,06	-407,9	10,1
P2	-32,6	-1853,7	9,8
P3	-24,5	-2254	8,4
P4	-25,7	-3115,7	14,1
P5	-24,9	-2976,8	5,41
P6	6,2	580,99	2,2
Promedio	-21,43		8,34
Total		-10027	

Tabla 2. Balance sedimentario y retroceso de la línea de costa. Período de comparación: invierno (enero 2004- febrero 2014).

Balance Sedimentario			Retroceso de la Línea de costa (m)
Perfil	Área (m ²)	Volumen (m ³)	
P1	-18,87	-765,9	6,9
P2	-26,12	-1487,9	6,36
P3	-26,83	-2465	9,22
P4	-21,03	-2547,8	5,07
P5	-21,18	-2530	6,16
P6	4,34	407,09	2,012
Promedio	-18,28		5,95
Total		-9389,5	

Tabla 3. Balance sedimentario y retroceso de la línea de costa. Período de comparación: verano (junio 2003- junio de 2014).

forma uniforme toda la línea de costa, lo haría a ritmo de 0,54 a 0,8 m por año.

Como puede apreciarse en la tabla cuatro las áreas de erosión y los valores de retroceso de los perfiles muestran grandes diferencias estacionales. Esto indica que la erosión y el retroceso se distribuyen de forma irregular

parte en invierno son los perfiles del extremo noroeste, el uno, el dos y el tres (P1, P2, P3) los que presentan mayor erosión. Finalmente en pleno verano la mayor erosión se da en los perfiles 2 y 3. El P6, a diferencia de los otros, muestra una pequeña acumulación en todas las comparaciones realizadas. Por su

Perfil	Balance Sedimentario			Retroceso Línea de costa (m)		
	Área (m ²)			2003-2013 fin de verano	2004-2014 invierno	2003-2014 pleno verano
	2003-2013 fin de verano	2004-2014 invierno	2003-2014 pleno verano			
P1	-19,3	-27,06	-18,87	7,2	10,1	6,9
P2	-27,7	-32,6	-26,12	6,9	9,8	6,36
P3	-28,9	-24,5	-26,83	8,8	8,4	9,22
P4	-36,7	-25,7	-21,03	11,1	14,1	5,07
P5	-36,8	-24,9	-21,18	11,3	5,41	6,16
P6	3,2	6,2	4,34	3,0	2,2	2,01
Promedio	-24,37	-21,43	-18,28	8,05	8,34	5,95
Volumen Total (m ³)	-13562	-10027	-9389			

Tabla 4. Balance sedimentario y retroceso en los perfiles para los períodos comparados.

parte el retroceso de la línea de costa muestra generalmente un comportamiento similar al de la erosión. Así, al final del verano se produce el mayor retroceso en el sector central de la playa (P4 y P5) mientras que en invierno se mueve hacia el noroeste para luego en el verano siguiente 2003-2014 desplazarse hacia los perfiles P2 y P3. Es decir el retroceso y la erosión se van trasladando a lo largo de la línea de orilla de la playa, moviéndose de un extremo a otro según van pasando las estaciones del año (Tabla 4). Para una mejor visualización y comparación entre períodos, los resultados obtenidos se sintetizan en la tabla cuatro.

DISCUSIÓN

Los valores de retroceso determinados, entre 0,54 a 0,8 m por año, resultan inferiores al reportado para playas en el Caribe según estudios de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP/GPA, 2003), pero está en el entorno de los valores reportados

para playas de las islas del arco de las Antillas Menores (Cambers, 2009). Estudios realizados en otras playas de Cuba clasifican esta tasa de retroceso anual, por debajo de 1,2 m, como moderada (Juanes-Martí, 1996).

En las figuras cinco y seis se observa la distribución espacial irregular de la erosión y retroceso para una misma temporada, así como las variaciones estacionales de ambos parámetros. De estas figuras y de las tablas uno, dos, tres y cuatro puede definirse que es en la zona central de la playa (P4) donde se produce mayor retroceso de la línea de costa.

Por su parte, la zona de mayor variabilidad estacional es la centro-sureste (P4 y P5), especialmente el P5. El P6 muestra un comportamiento totalmente diferente, sin erosión a largo plazo, sino pequeños valores de acumulación. Sin embargo, ocurre a la vez un pequeño retroceso de la línea de costa en los tres períodos analizados. Es decir se manifiestan a la vez acumulación y retroceso. Este perfil muestra erosión en su parte superior y

acumulación en la parte sumergida, haciéndose más tendido, más disipativo. De este análisis cualitativo y de los valores obtenidos de retroceso, se deduce que la zona correspondiente a este perfil también se erosiona, aunque en una magnitud muy inferior respecto al resto de la playa. Que este perfil se haga más disipativo indica que las condiciones hidrodinámicas pueden haber variado, lo cual puede estar causado por un incremento de temporales o la fragmentación de la barrera arrecifal que llega al pie del mismo. En el resto de la playa el perfil estacional tiene una forma similar al cabo de una década, lo que indica

que no han cambiado significativamente sus condiciones hidrodinámicas.

Entre las causas específicas responsables de que exista una hidrodinámica diferente en este extremo sureste, cabe destacar que presenta un área sumergida muy somera ocupada por arrecifes y rocas, que en ocasiones al

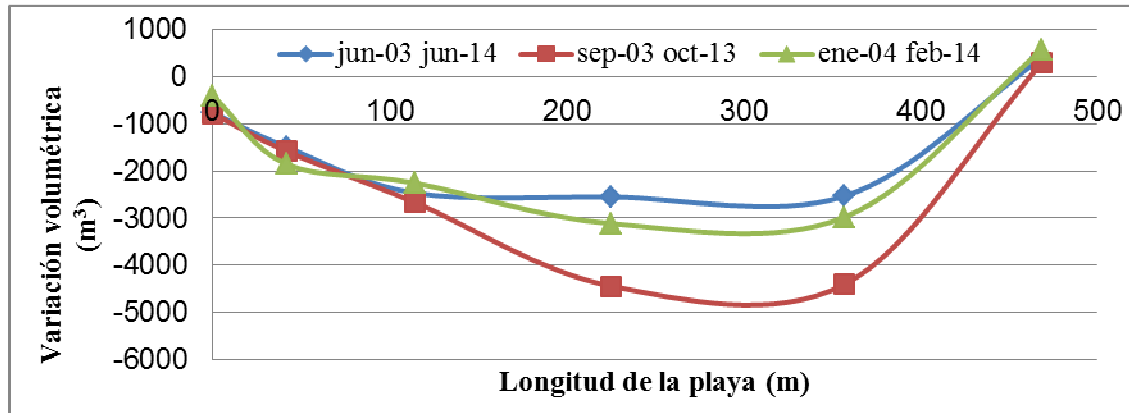


Figura 5. Balance sedimentario (m³) en cada perfil para los tres periodos estudiados.

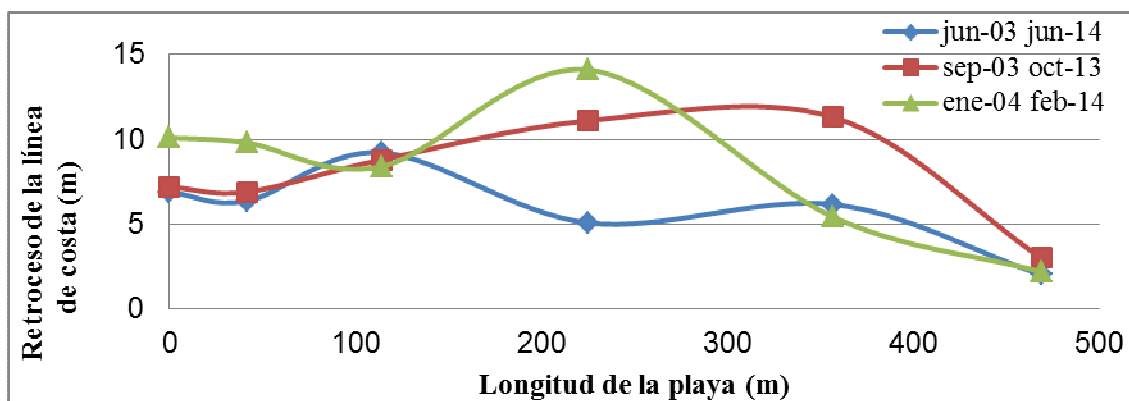


Figura 6. Valores de retroceso de línea de costa en cada perfil, para las tres estaciones estudiadas.

ba-
jar
la

marea queda emergida. Además, el arrecife está ubicado de forma casi perpendicular a la orilla, penetra hasta el mar unos 60 m y tiene un ancho variable de entre 10 y 15 m. Este bajo rocoso actúa como un espigón poroso, transformando la deriva litoral y el transporte de sedimentos, pudiendo causar acumulación en su entorno inmediato, pero retroceso de la línea de costa y erosión en el centro-sureste de la playa. Este bajo puede influir y dominar gran parte de la hidrodinámica de la playa ya que su acción probablemente alcance hasta la zona central de la misma.

Otro elemento destacable son las diferencias estacionales en valores absolutos de erosión y retroceso. Así, en verano (junio 2003 - junio 2014) se observan los menores valores absolutos de erosión ($9389,5 \text{ m}^3$) y retroceso (5,95 m), a pesar de abarcar un año más que las otras dos comparaciones. Los valores de erosión al final del verano (septiembre 2003 - octubre 2013) y en invierno (enero 2004 - febrero 2014), son respectivamente de 13562 y 10027 m^3 , así como $8,05$ y $8,34$ m de retroceso respectivamente. Este resultado es indicativo de un comportamiento estacional o periódico de la playa, donde desde enero a junio se produce acumulación, luego de junio a septiembre-octubre una pérdida notable, y de este hasta enero-febrero otra vez una acumulación.

De las figuras tres y cuatro también se puede observar la oscilación que ocurre en la playa entre estaciones. La zona del P3 se comporta como pivote o eje de oscilación, mientras ambos extremos de la playa se mueven en sentidos opuestos. Dicha oscilación ocurre tanto para la erosión como para el retroceso de la línea de costa.

Las causas de este proceso erosivo y de retroceso de línea de costa para el conjunto

de la playa no se conocen. Pueden estar asociadas a un balance neto negativo en el suministro de sedimentos, debido a la disminución de la arena que entra tanto por el cercano río Arimao, como la aportada por los sedimentos bioclásticos producidos por organismos vivos. Otra de las posibles causas puede ser la acción humana ya que existen construcciones rígidas sobre la duna y se realizan prácticas de manejo inadecuadas (Gómez-Castro, 2004; Seis dedo *et al.*, 2007). Específicamente el escurrimiento natural de las aguas de lluvia que caen sobre la playa está alterado por las instalaciones en ella construidas. Esto puede influir sobre el flujo laminar del agua transformándolo en un flujo en cauces, el cual es capaz de arrastrar los sedimentos de la zona supramareal e intermareal de la playa hacia su parte submareal.

CONCLUSIONES

Se demuestra la existencia de un notable proceso de erosión y retroceso de línea de costa en la Playa Rancho Luna. La pérdida total de arena en estos diez u once años está entre 9300 y 13000 m^3 . La tasa anual de pérdida de arena fluctúa entre 853 y 1300 m^3 por año. El retroceso espacial promedio para toda la playa fluctúa entre $5,95$ y 8 m, lo que hace una tasa anual de entre $0,54$ y $0,8$ m por año para el intervalo de tiempo analizado.

El proceso erosivo y de retroceso de la línea de costa en la playa Rancho Luna no ocurre de forma uniforme sino que es espacialmente variable.

Además existe una diferencia en la forma y magnitud en que se manifiesta la erosión y retroceso de la línea de costa entre períodos de comparación. Los mayores niveles de erosión y retroceso se alcanzan al final del

verano (septiembre 2003 – octubre 2013), con 13000 m³ y 8,05 m respectivamente y se dan sobre todo en el centro de la playa. Los menores valores de erosión y retroceso se alcanzan al inicio del verano (junio 2003 – junio 2014), con 9300 m³ y 5,95 m respectivamente. Al final del verano se erosiona más la zona centro-sureste de la playa y en invierno su zona noroeste. Estas diferencias indican un comportamiento estacional o periódico de la playa, con acreción de octubre a junio y erosión de junio a octubre. Se observa una oscilación en la erosión y retroceso sobre el espacio de la playa al pasar de una estación a otra, teniendo como zona pivote al P3.

El centro de la playa correspondiente al P4, es la zona donde mayor retroceso absoluto de la línea de costa ocurre. La zona más dinámica de la playa es la del centro-sureste (P4 y P5), sobre todo sureste (P5) ya que es en ella donde se observan los mayores cambios entre estaciones, en los valores de erosión y retroceso.

En el P6, extremo sureste, ocurren a la vez pequeños valores de acumulación y retroceso de línea de costa. La zona baja rocosa ubicada en esta área actúa como un espigón poroso, causando sedimentación en su entorno inmediato y pérdida de sedimentos en el centro-sureste de la playa.

REFERENCIAS

- Bird, E.C.F., (1985) *Coastline Changes*, Wiley and Sons, New York, 219 pp.
- Cambers, G. (2009) Caribbean beach changes and climate change adaptation. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 12 (2), 168-176.
- Castellanos, S., Satan, O. (1993) *Informe central del proyecto oceanográfico sureste de Cienfuegos*: Instituto Cubano de Hidrografía. Delegación Hidrografía Territorial Central.
- Departamento de Procesos Costeros, (2011) *Informe técnico de expedición de marzo de 2010*. La Habana: Instituto de Oceanología.
- Eaton, J.W. (2012) GNU Octave (Version 3.6.1).
- Gómez-Castro, E. (2004) *Estudio de la estructura y dinámica de la playa Rancho Luna*. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.
- Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, Universidad de Cantabria (2000) *Documento temático de regeneración de playas*.
- Hansen, J. E., Barnard, P. L. (2009) The observed relationship between wave conditions and beach response, Ocean Beach, San Francisco, CA., *J.Coast. Res.*(Special Issue 56), 1771-1775.
- Juanes-Martí, J. L. (1996) *La erosión en las playas de Cuba. Alternativas para su control*. Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, La Habana.
- Karunarithna, H., Horrillo-Caraballo J. M., Ranasinghe R., Short A. D., Reeve, D. E. (2012) An analysis of the cross-shore beach morphodynamics of a sandy and a composite gravel beach. *Mar. Geol.*, 299-302, 33-42.
- Lee, J. M., Park, J. Y., Choi, J. Y. (2013) Evaluation of Sub-aerial Topographic Surveying Techniques Using Total Station and RTK-GPS for Applications in Macrotidal Sand Beach Environment. *J.Coast. Res.* (65), 535-540.
- Posada, B. O., Buitrago, N. R. (2009) *Metodología para el levantamiento de perfiles de playa: Manual del programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*.
- Seisdedo, M., Castellanos, M., León, A., Moreira, A. (2007). *Caracterización ambiental del litoral oriental de la provincia de Cienfuegos*. Cienfuegos: Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos.

UNEP/GPA. (2003) *Diagnosis of the Erosion Processes in the Cariibbean Sandy Beaches*: report prepared by Environmental Agency, Ministry of Science, Technology and Environment, Government of Cuba, March.

Zhang, K., Douglas, B. C., Leatherman, S. P. (2004) Global warming and coastal erosion. *Clim. Chang.*, 64, 41-58.

Wright, L.D., Short, A.D., (1984) Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Mar. Geol.*, 56, 93-118.