

ARTÍCULO ORIGINAL

RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA PLAYA LA PUNTILLA DURANTE EL AÑO 2014

Results of the monitoring carried out at La Puntilla Beach in 2014

Lourdes Rivas Rodríguez^{1*}, Hermes Salazar Salazar¹, Yisset Caridad Rabeiro Rodríguez¹, Lorena Caré Lim¹, Miguel Felipe Hernández¹, Carlos Manuel Peón Caso¹

¹ Instituto de Oceanología,
Ave 1era, No. 18406,
entre 184 y 186, Reparto
Flores, municipio Playa, La
Habana, Cuba.

* Autor para correspondencia:
rdes@oceano.inf.cu

Recibido: 3.2.16

Aceptado: 1.9.16

RESUMEN

La playa La Puntilla se encuentra ubicada en la costa noroccidental de La Habana, en el consejo popular Santa Fe, municipio Playa. Este sector costero ha constituido históricamente un importante sitio de recreación para una parte de la población capitalina, el cual ha estado sometido a un intenso grado de utilización. El objetivo del presente trabajo es conocer el comportamiento actual de la playa y comparar los resultados con los obtenidos a finales del 2011. Para lograrlo se realizó un monitoreo trimestral durante el año 2014. En cada ocasión se midieron tres perfiles topográficos y la línea de costa. Se colectó una muestra de sedimento en la anteplaya de cada perfil. Los resultados obtenidos permiten comprobar que, durante el ciclo anual, ocurren variaciones morfológicas poco significativas. El balance sedimentario se comporta como una sucesión natural, de ganancia y pérdida de sedimento en los diferentes sectores, de un trimestre a otro. Durante el período muestreado no se produjo retroceso de la línea de costa, solo fluctuaciones, demostrándose la poca dinámica de la misma. En la playa predomina la arena gruesa de origen biogénico, la cual presenta una alta madurez sedimentaria. Al comparar los resultados del presente monitoreo con el realizado a finales del 2011, se pudo constatar que no existen diferencias significativas. Los resultados obtenidos permiten comprobar que la playa, no solo se mantuvo estable durante el año 2014 dada las pequeñas variaciones registradas por los indicadores evaluados, sino también durante el período 2011-2014.

PALABRAS CLAVES: Playa La Puntilla, monitoreo, sedimentos, línea de costa, perfil de playa.

ABSTRACT

La Puntilla Beach is located on the northwest coast of Havana, in Santa Fe People's Council, Playa municipality. This coastal sector has historically been an important recreational site for some of the

capital's population, and thus subject to an intense use level. The purpose of this study was to determine the current behavior of the beach, and compare results with those obtained by the end of 2011. To achieve this goal, a quarterly monitoring was performed during 2014. On each occasion, three topographic profiles and the coastline were measured. A sediment sample was collected on the foreshore of each profile. The results obtained proved that insignificant morphological changes occur during the annual cycle. Sediment balance behaved as a natural succession of sediment input and loss in different sectors, from one quarter to another. During the monitoring period there was no coastline retreat, only fluctuations, demonstrating its low dynamics. Biogenic coarse sand predominates on the beach, presenting a high sediment maturity. No significant differences were found when comparing the results of this monitoring with those from 2011. The results obtained proved that the beach remained stable not only during 2014, given the small variations registered by the evaluated indicators, but also during the period 2011-2014.

KEY WORDS: *Puntilla Beach, monitoring, sediments, coastline, beach profile.*

INTRODUCCIÓN

El sector costero conocido como playa La Puntilla ha constituido históricamente un

importante sitio de recreación para los habitantes del poblado de Santa Fe y personas de municipios cercanos, la cual ha sido sometida a un intenso grado de utilización. Esta situación, unida a los efectos provocados por los eventos meteorológicos extremos que han azotado el área de estudio, provocó en las últimas décadas un sensible deterioro de las condiciones estético-recreativas de la playa. La línea de costa ha retrocedido tanto que coincide gran parte del año con los muros frontales de las viviendas que aún existen (Fotos 1 y 2), por lo que para acceder a la costa, es necesario emplear el camino trasero, ubicado entre la laguna y la playa, el cual constituye el límite hacia tierra de esta última.

Los eventos meteorológicos extremos que han afectado la zona han trasladado parte de la arena hacia los espacios libres entre las pocas construcciones que existen próximas a la costa, por lo que la playa ha quedado reducida a tres sectores independientes que son empleados como área de baño (Foto 3), los cuales presentan características diferentes (Fotos 4, 5 y 6).

Varias son las causas que han determinado el proceso de deterioro que ha



Foto 1



Foto 2

**Foto 3**

experimentado esta playa, algunas de origen natural, otras provocadas por el hombre. Entre las causas naturales se encuentran, la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos, citados con anterioridad y el déficit en el ingreso de nuevos sedimentos. Estudios realizados en la zona (Peña *et al.*, 2004, Rivas *et al.*, 2015) permitieron conocer que La Puntilla presenta suaves pendientes por lo que también puede verse afectada por el incremento del nivel medio del mar asociado al Cambio Climático Global. Entre las causas antrópicas se pueden citar: las extracciones ilícitas de arena en la zona costera, la eliminación de la

vegetación natural y la urbanización del litoral.

Dada la importancia que desde el punto de vista natural y social tiene la zona de trabajo, la misma ha sido objeto de varias investigaciones. Resulta de interés el “Estudio de factibilidad para la regeneración de la playa La Puntilla” realizado en el 2001, cuyos principales resultados fueron publicados por Peña *et al.*, en el 2004. Con posterioridad, Salazar *et al.* (2007), diagnosticaron el estado que presentaba la playa en la temporada veraniega de ese año y

ofrecieron recomendaciones prácticas para su manejo.

Durante los años 2010-2011 se llevó a cabo un monitoreo de la dinámica de la playa La Puntilla, cuyos resultados fueron publicados por Rivas *et al.*, en el 2012. Mientras que en ese mismo año, Sosa *et al.*, llevaron a cabo un estudio sobre el cambio costero a largo plazo en las Playas del Oeste, entre las que se encontraba la playa objeto de estudio.

Debido al estado actual de la playa y su importancia como soporte recreativo es que se lleva a cabo el presente trabajo, el cual tiene como principal objetivo conocer

**Foto 4****Foto 5****Foto 6**

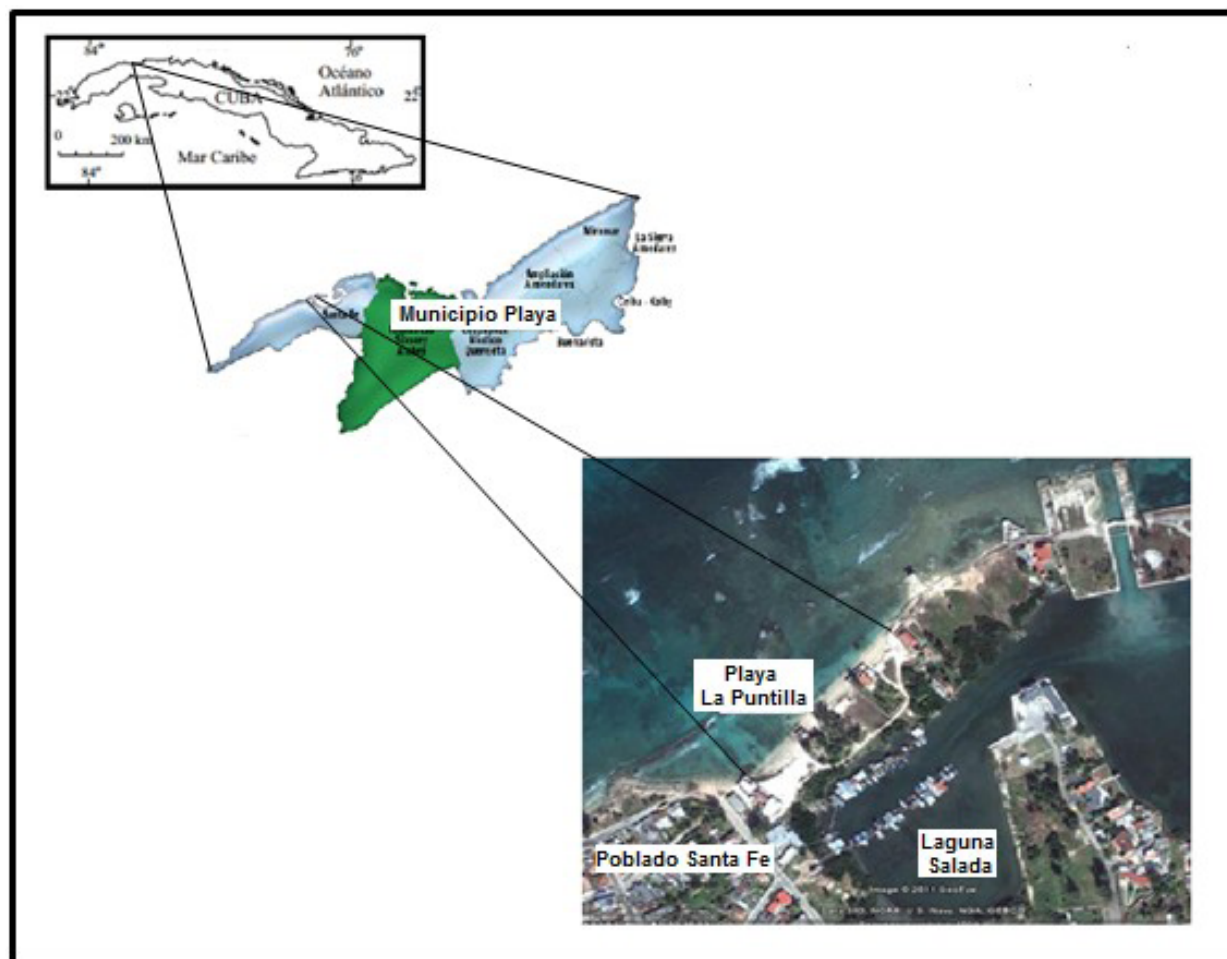


Fig. 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

el comportamiento de la playa durante el año 2014 y comparar los resultados con los obtenidos durante el monitoreo realizado a finales del año 2011.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La playa La Puntilla forma parte de las llamadas Playas del Oeste, ya que se encuentra ubicada en la costa noroccidental de La Habana, en el consejo popular No. 1 Santa Fe del municipio Playa (Fig.1), con las coordenadas planas: $X= 345205.94$ y $Y= 362066.00$. Presenta una orientación SW – NE y una longitud aproximada de

240 m. Se considera una playa exterior, protegida por la presencia de un bajo rocoso que se halla entre 0,20 y un metro de profundidad, el cual contribuye a la disipación del oleaje. Al sur de la misma se encuentra ubicada la laguna costera nombrada como Salada, la cual presenta un canal que permite que sus aguas se comuniquen con las de la playa.

El monitoreo de la dinámica costera se llevó a cabo con una frecuencia trimestral, en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre del año 2014, para un total de cuatro campañas de mediciones. El mismo se orientó fundamentalmente a:

- Realizar nivelaciones topográficas de la sección transversal de la playa.
- Mediciones de la posición de la línea de costa.
- Llevar a cabo un muestreo sedimentológico.

En correspondencia con lo anterior los indicadores evaluados fueron: morfología del perfil de playa, volumen de sedimento, movilidad de la línea de costa, diámetro medio de la partícula de arena y composición o génesis de la misma.

La caracterización morfológica del litoral se logró a partir de la nivelación de tres perfiles topográficos. Como cada tramo en que se divide la playa presenta características diferentes, se ubicó un perfil por sector (Fig. 2).

En las mediciones topográficas se empleó un teodolito THEO 080 y una mira

graduada, según el método de distancia y desnivel. Cada punto de control topográfico fue georeferenciado mediante un receptor de GPS (GARMIN MAP 62STC).

Se trabajó en coordenadas geográficas, sistema Cuba Norte NAD – 27 Cuba (Tabla 1).

Para el cálculo del volumen de arena por unidad de longitud de playa (en m^3/m) se establecieron desniveles fijos. Se midió desde la cabecera de cada perfil hasta una distancia fija para cada uno, la cual quedó definida por la menor longitud medida para cada perfil en los cuatro meses monitoreados, así como en la comparación entre septiembre del 2011 y marzo del 2014.

En el procesamiento de los datos topográficos se utilizó el programa Topocar 1.1, elaborado por especialistas del



Fig. 2. Ubicación de los perfiles topográficos y los sitios de muestreo sedimentológico

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de control topográficos

| Perfil | Coordenadas geográficas | |
|--------|-------------------------|------------------|
| | Latitud | Longitud |
| 1 | 23° 4' 53.56" N | 82° 30' 35.85" W |
| 2 | 23° 4' 51.88" N | 82° 30' 37.36" W |
| 3 | 23° 4' 50.52" N | 82° 30' 39.16" W |

departamento de Procesos Costeros del Instituto de Oceanología (García, 2005a).

La determinación de la posición de la línea de costa se obtuvo mediante el empleo del mismo equipamiento empleado en las nivelaciones topográficas, en este caso según el método polar, ángulo y distancia. Para el trazado de la línea de costa se utilizó como indicador el punto de inflexión a lo largo de la playa.

Toda la información anterior fue procesada mediante el empleo de los softwares Topocar 1.1 y Lincost, elaborado también por especialistas del departamento de Procesos Costeros del Instituto de Oceanología (García, 2005b).

En el procesamiento final de la línea de costa se emplearon los softwares: Surfer 11.0 y Mapinfo 12.0. Para la presentación gráfica de la misma se utilizó la imagen de satélite georeferenciada, con fecha de abril del 2014, del Google Earth.

Para el análisis de la movilidad de la línea de costa se midió, por perfiles, la posición de esta en cada mes. Para ello se calculó la distancia desde la cabecera de cada perfil hasta el punto de inflexión, ya que como se dijo con anterioridad el mismo fue empleado como indicador para la medición de la línea de costa.

Con el objetivo de conocer las características granulométricas y composicionales del sedimento presente en la playa, durante cada expedición de campo se colectó de forma manual una muestra de sedimento

en la anteplaya de cada perfil topográfico (Fig. 2), para un total de 12 muestras superficiales de sedimento. Cada muestra se enumeró según el número del perfil correspondiente.

A todas las muestras se les realizó el análisis granulométrico. El procedimiento seguido para llevar a cabo el mismo se ajusta a la metodología propuesta por Petelín (1967). Como en los sedimentos analizados predomina el contenido arenoso se utilizó el tamizado en seco, una tamizadora analítica Restsh As 200 y un juego de tamices con mallas de 0,063; 0,125; 0,25; 0,50; 1, 2 y 4 mm.

Los datos de peso por tamiz fueron procesados mediante el software Gradistat Versión 4.0 (Blott, 2001), obteniéndose por el método de los momentos, el diámetro medio de la partícula (M) en mm. Para la clasificación del sedimento se empleó la propuesta por Wentworth, en el Shore Protection Manual (1984).

El análisis de la composición se les realizó también a todas las muestras colectadas. El mismo se llevó a cabo según la metodología de Avello y Pavlidis (1975). Durante este análisis se identifican los componentes de la muestra. Como biocomponentes de la misma pueden aparecer fragmentos de algas calcáreas, conchas de moluscos y foraminíferos.

Otros componentes biogénicos como los corales, alcionarios, briozoos, ostrácodos, espículas de esponjas, espinas y fragmentos del esqueleto de equinodermos, anélidos, muelas de cangrejos, entre otros, contabilizan por lo general porcentajes muy bajos, por lo que todos ellos se agrupan en la categoría de "Otros Grupos".

Se denomina bioclastos no identificados a aquellos granos que por su textura y composición se comprueban que son de origen

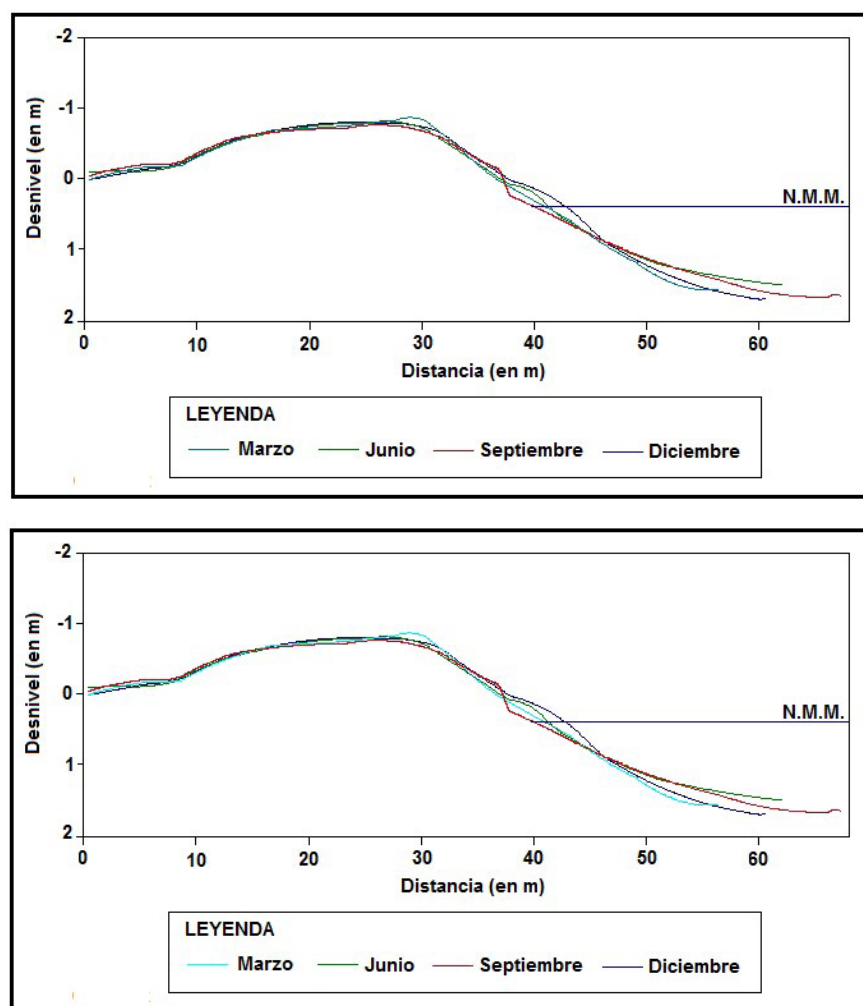


Fig. 3. Evolución morfológica del perfil 1.

biogénico, pero que dado el estado en que se encuentran es imposible reconocer a que organismo corresponden.

Entre los restos inorgánicos se encuentran los litoclastos, minerales y otros fragmentos no biogénicos, incluyendo los de origen antrópico.

Con el objetivo de conocer que tan diferente se encontraba la playa en marzo del 2014, fecha en que se comenzó el presente trabajo, respecto a septiembre del 2011, último mes en el cual se efectuaron mediciones durante el monitoreo llevado a cabo por Rivas *et al.* (2012), se realizó una

comparación entre los resultados obtenidos en ambas fechas. La misma no tenía como interés registrar los cambios estacionales que pudieran haber ocurrido en iguales meses de esos dos años, ya que comparaciones de este tipo realizadas por Rivas *et al.* (2012) permitieron conocer que en dichos casos no se producen variaciones importantes.

El objetivo de dicha comparación se centró entonces únicamente en comprobar si habían ocurrido cambios importantes en la playa entre el final y el comienzo de uno u otro monitoreo, los cuales pudieran estar relacionados con la ocurrencia de algún evento meteorológico extremo o por acciones antrópicas

(extracciones considerables de arena, eliminación de estructuras rígidas que pudieran provocar un cambio en el transporte del sedimento, etc.).

RESULTADOS MONITOREO 2014

EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA DEL PERFIL DE PLAYA Y COMPORTAMIENTO EN LOS VOLUMENES DE ARENA.

La superposición de los perfiles permite visualizar no solo el comportamiento de cada uno de ellos durante el tiempo de monitoreo, sino además posibilita el cálculo de los volúmenes de arena y conocer

las variaciones de los mismos.

Las principales variaciones sufridas por el perfil 1, en el año 2014, ocurrieron fundamentalmente en la zona próxima a la línea de costa y en la pendiente submarina (Fig.3).

En el perfil 2 (Fig. 4), se apreció un comportamiento estable, tanto en su zona emergida, como sumergida.

El cambio más significativo detectado en el perfil 3 es la formación de una pequeña duna o montículo de arena, que no se apreciaba a inicios del monitoreo. La misma apenas alcanza el 0,5 m de altura (Fig.

Tabla 2. Comportamiento de los volúmenes de arena por perfiles (en m³). Xi y Xf = distancias inicial y final empleadas para el cálculo; Yi y Yf = desniveles inicial y final

| Perfil | Xi - Xf | Yi - Yf | Meses | | | |
|--------|-------------|---------|--------|--------|------------|-----------|
| | | | Marzo | Junio | Septiembre | Diciembre |
| 1 | 0,32 y 56 | -2 y 3 | 167,53 | 169,16 | 168,64 | 169,37 |
| 2 | 0,32 y 71,5 | -2 y 3 | 217,39 | 220,13 | 221,55 | 218,89 |
| 3 | 0,32 y 67 | -2 y 3 | 190,60 | 191,72 | 189,11 | 189,97 |

5) y en la actualidad se encuentra estabilizada por vegetación rastrera.

En la tabla 2 se refleja el comportamiento de los volúmenes de arena para cada perfil durante el tiempo monitoreado. Como se conoce que los perfiles de playa son representativos del sector donde se encuentran ubicados, también se llevó a cabo el cálculo de los volúmenes de arena para cada uno de esos sectores (Tabla 3).

Movilidad de la línea de costa.

La figura 6 muestra la posición de la línea de costa en diferentes momentos durante el período de monitoreo.

Existe cierta fluctuación de una medición a otra, apreciándose una mayor amplitud de esta hacia los extremos de la playa, la cual se reduce en el sector central de la misma. No obstante, estas variaciones resultan poco importantes.

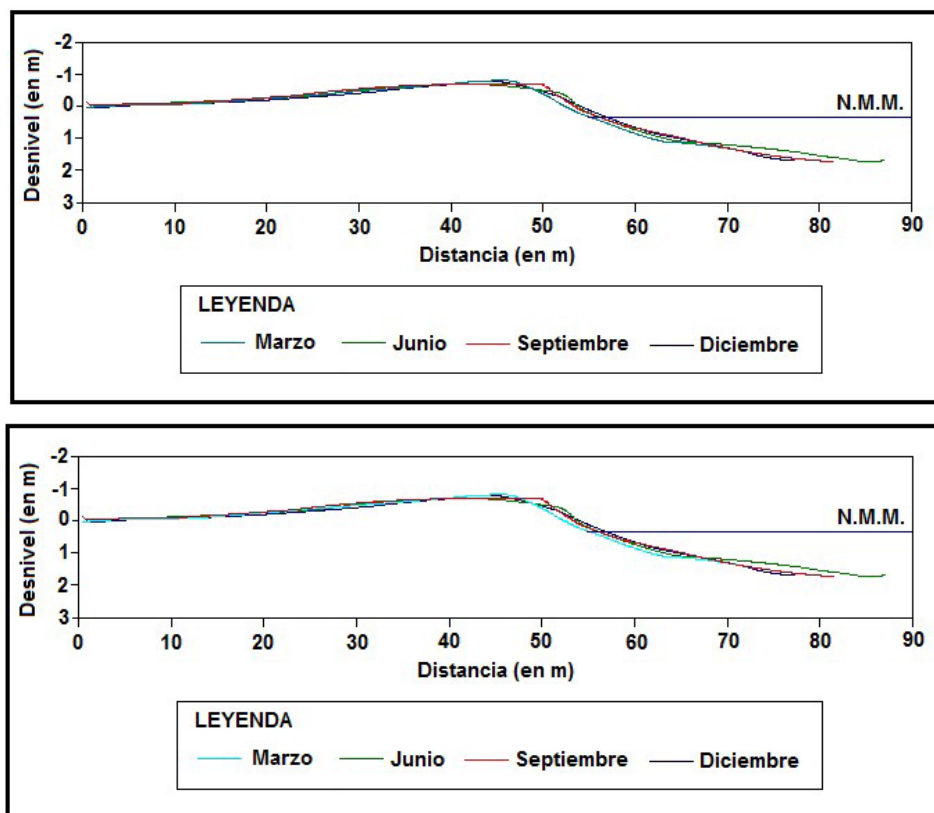


Fig. 4. Evolución morfológica del perfil 2.

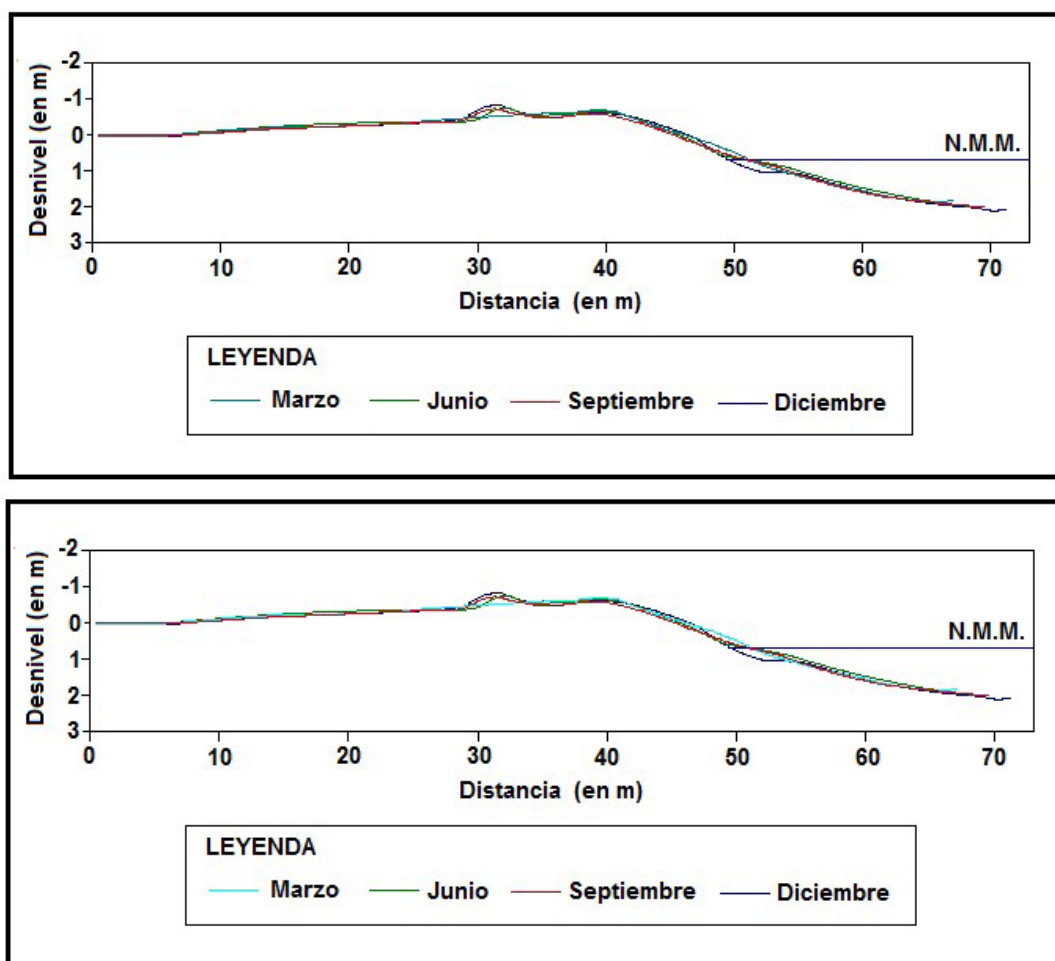


Fig. 5. Evolución morfológica del perfil 3.



Fig. 6. Posición de la línea de costa en los diferentes momentos en que se monitoreó.

Tabla 3. Comportamiento de los volúmenes de arena por sectores (en m3). La última columna muestra la diferencia calculada entre marzo y diciembre.

| Sector | Marzo | Junio | Septiembre | Diciembre | Diferencia |
|---------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| Oeste | 8 879,09 | 8 965,48 | 8 937,92 | 8 976,61 | 97,52 |
| Central | 12 608,62 | 12 767,54 | 12 849,90 | 12 695,62 | 87,00 |
| Este | 10 101,80 | 10 161,16 | 10 022,83 | 10 068,41 | -33,39 |
| Total | 31 589,51 | 31 894,18 | 31 810,65 | 31 740,64 | 151,13 |

Análisis granulométrico y de composición del sedimento.

El análisis de las 12 muestras colectadas dio como resultado que, de forma general, en toda la playa existe un predominio de arena gruesa, la cual representa el 75% del total de las muestras. La arena muy gruesa tiene una representación del 17%, mientras que a la arena media solo le corresponde el 8% del total de muestras colectadas. Es importante destacar que la única muestra clasificada como arena media, presenta un diámetro medio de la partícula de 0,49 mm, el cual se encuentra

Tabla 4. Resultados del análisis granulométrico realizado a las muestras colectadas.

| Muestra | Fecha del muestreo | Diámetro medio (mm) | Clasificación granulométrica |
|---------|--------------------|---------------------|------------------------------|
| 1 | Marzo | 0,60 | Arena Gruesa |
| | Junio | 0,92 | Arena Gruesa |
| | Septiembre | 0,69 | Arena Gruesa |
| | Diciembre | 1,29 | Arena muy Gruesa |
| 2 | Marzo | 0,60 | Arena Gruesa |
| | Junio | 0,65 | Arena Gruesa |
| | Septiembre | 0,73 | Arena Gruesa |
| | Diciembre | 0,63 | Arena Gruesa |
| 3 | Marzo | 0,73 | Arena Gruesa |
| | Junio | 1,04 | Arena muy Gruesa |
| | Septiembre | 0,84 | Arena Gruesa |
| | Diciembre | 0,49 | Arena Media |

muy próximo al límite entre esta y la arena gruesa, cuyo valor es igual a 0,50 mm (Tabla 4).

Las mayores variaciones de la granulometría se reportan hacia los extremos de la playa, lo cual coincide con los lugares donde se observa la mayor movilidad de la línea

de costa. En el perfil 1 la diferencia entre el mayor y menor valor alcanzado por el diámetro medio de la partícula es de 0,69 mm y en el 3 de 0,55 mm. En el sector central (perfil 2) la diferencia resulta menor (0,13 mm).

A lo largo de todo el litoral objeto de estudio el sedimento clasifica como una arena predominantemente biogénica, que presenta una coloración beige.

De modo general los componentes que más abundan son las algas calcáreas, las cuales son seguidas por los bioclastos no identificados y los moluscos (Tabla 5).

Dentro de “Otros grupos” se identificaron una amplia gama de otros biocomponentes como: alcionarios, briozoos, fragmentos de corales, ostrácodos, pero se destacan por su abundancia las espinas de equinodermos y fragmentos del esqueleto de ese organismo marino. No obstante esta diversidad los porcentajes reportados por todos ellos son muy bajo, por lo que no juegan un papel importante en la composición de la arena.

De forma general el contenido de restos inorgánicos también es bajo. Entre ellos se identificaron fundamentalmente minerales vítreos de color blanco y litoclastos. Además se observaron materiales de construcción entre los que se destacan los residuos o fragmentos de ladrillos, así como pedazos de asfalto y vidrio.

Tabla 5. Resultados de la composición de las muestras colectadas durante el muestreo sedimentológico (en %).

| Muestra | Fecha del muestreo | Algas calcáreas | Moluscos | Foraminíferos | Bioclastos no identificados | Otros Grupos | Restos Inorgánicos |
|---------|--------------------|-----------------|----------|---------------|-----------------------------|--------------|--------------------|
| 1 | Marzo | 43,83 | 17,66 | 9,00 | 27,16 | 1,83 | 0,50 |
| | Junio | 54,00 | 12,50 | 7,83 | 22,00 | 3,16 | 0,50 |
| | Septiembre | 51,16 | 18,00 | 4,00 | 25,00 | 1,33 | 0,50 |
| | Diciembre | 46,00 | 15,50 | 10,00 | 22,00 | 5,75 | 0,75 |
| 2 | Marzo | 44,33 | 16,33 | 12,33 | 23,83 | 2,83 | 0,33 |
| | Junio | 53,00 | 14,66 | 8,83 | 21,33 | 1,83 | 0,33 |
| | Septiembre | 55,50 | 13,00 | 6,16 | 23,00 | 2,16 | 0,16 |
| | Diciembre | 45,16 | 18,33 | 7,16 | 26,50 | 2,00 | 0,83 |
| 3 | Marzo | 52,66 | 14,66 | 5,83 | 23,50 | 3,00 | 0,33 |
| | Junio | 52,50 | 15,83 | 7,66 | 20,66 | 3,00 | 0,33 |
| | Septiembre | 57,50 | 14,66 | 12,16 | 13,33 | 2,00 | 0,33 |
| | Diciembre | 47,83 | 18,33 | 7,50 | 23,50 | 2,16 | 0,66 |

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MONITOREO REALIZADO EN EL 2014 CON LOS DEL 2011.

EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA DEL PERFIL DE PLAYA Y COMPORTAMIENTO DE LOS VOLUMENES DE ARENA.

La superposición de los tres perfiles medidos en septiembre del 2011 y con posterioridad en marzo del 2014 se muestra en las figs. 7, 8 y 9. Las mismas permiten apreciar los cambios morfológicos ocurridos en cada uno de los perfiles y las variaciones en los volúmenes de sedimento. Estas últimas se reflejan en la tabla 6.

Movilidad de la línea de costa.

La figura 10 muestra la posición de la línea de costa en los meses de septiembre del 2011 y marzo del 2014. En la misma se puede apreciar la movilidad de la línea de costa entre las fechas analizadas y

determinar si ha existido o no retroceso de la misma.

Análisis granulométrico y de composición del sedimento.

La tabla 7 contiene los resultados obtenidos durante el análisis de granulometría practicado a las 6 muestras colectadas en los dos meses muestreados. Los sedimentos colectados en las anteplayas de los perfiles 2 y 3 conservan la misma clasificación granulométrica en ambas fechas. En el caso de la muestra 1 ocurre un aumento del diámetro de la partícula (M), el cual conlleva a un cambio en su clasificación (Tabla 7). Sin embargo al comparar los valores alcanzados por ese parámetro se pudo comprobar que la diferencia es de solo 0,15 mm y ambos valores se encuentran próximos a 0,50 mm, cifra que constituye el límite entre ambas clasificaciones.

De forma general existe un predominio de la arena gruesa en la playa en las fechas analizadas.

Tabla 6. Comportamiento de los volúmenes de arena por perfiles (en m³). Xi - Xf = Distancias inicial y final empleadas para el cálculo y Yi - Yf = Desniveles inicial y final.

| Perfil | Xi - Xf | Yi - Yf | Septiembre/2011 | Marzo/ 2014 |
|--------|----------|---------|-----------------|-------------|
| 1 | 0,32 -57 | -2 - 3 | 170,54 | 165,80 |
| 2 | 0,32-74 | -2 - 3 | 213,60 | 213,53 |
| 3 | 0,32-72 | -2 - 3 | 198,55 | 200,94 |

Tabla 7. Resultados del análisis granulométrico practicado a las muestras colectadas en septiembre del 2011 y marzo del 2014. M = Diámetro medio de la partícula.

| Muestra | Septiembre/2011 | | Marzo/2014 | |
|---------|-----------------|---------------|------------|---------------|
| | M (mm) | Clasificación | M (mm) | Clasificación |
| 1 | 0,45 | Arena Media | 0,60 | Arena Gruesa |
| 2 | 0,57 | Arena Gruesa | 0,60 | Arena Gruesa |
| 3 | 1,00 | Arena Gruesa | 0,73 | Arena Gruesa |

Los resultados obtenidos del análisis de la composición de la arena se muestran en la tabla 8. Al observar la misma se pudo comprobar que en ambos meses existe un marcado predominio de algas calcáreas, las cuales son seguidas en orden de abundancia por los bioclastos no identificado y en tercer lugar por los moluscos (Tabla 8).

Los porcentajes reportados por los organismos que se incluyen en “Otros grupos” son bajos, los cuales son inferiores a los alcanzados por los restos inorgánicos. Al comparar los por cientos reportados por estos últimos se pudo observar que aunque en ambos casos dichos valores son bajos, durante marzo del 2014 se produjo un incremento de los mismos respecto a septiembre del 2011.

DISCUSIÓN MONITOREO 2014

EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA DEL PERFIL DE PLAYA Y COMPORTAMIENTO DE LOS VOLÚMENES DE ARENA.

Juanes *et al.* (1985) considera que las variaciones morfológicas de una playa dependen

principalmente de la interacción de varios factores, entre los que se encuentran: el oleaje, el viento, las mareas, el relieve del fondo y la configuración de la línea de costa.

Por su parte Sherman (1993) coincide en que la morfología de una playa

está condicionada por dos de los factores antes mencionado: las condiciones del oleaje incidente y el rango mareal, pero además le adiciona un tercer factor: el carácter del suministro de sedimento. Las variaciones en algunos de estos factores provocan cambios morfológicos en el litoral.

En el caso de La Puntilla, como ocurre en otras playas cubanas, por ejemplo en Santa María y Guanabo (Sosa *et al.*, 2005a), la influencia de la marea, cuya amplitud promedio es inferior a 0,50 m (Servicio Hidrográfico y Geodésico de Cuba, 2005), resulta despreciable a la hora de evaluar los cambios morfológicos ocurridos en este sector costero.

El relieve del fondo en el área de estudio está caracterizado por la presencia de dos superficies de terrazas de suave pendiente (Peña *et al.*, 2004). Las olas de corto periodo, asociadas a oleaje en condiciones normales de tiempo, no provocan cambios de importancia en la morfología del perfil de

Tabla 8. Resultados de la composición de las muestras colectadas en septiembre del 2011 y marzo del 2014 (en %).

| Fecha del muestreo | Muestra | Algas Calcáreas | Moluscos | Foraminíferos | Bioclastos no identificados | Otros Grupos | Restos inorgánicos |
|--------------------|---------|-----------------|----------|---------------|-----------------------------|--------------|--------------------|
| Septiembre/2011 | 1 | 50,16 | 15,16 | 9,16 | 23,16 | 2,16 | 0,16 |
| | 2 | 53,33 | 17,00 | 5,00 | 22,50 | 2,00 | 0,16 |
| | 3 | 44,66 | 16,16 | 10,83 | 24,83 | 3,50 | 0 |
| Marzo/2014 | 1 | 43,83 | 17,66 | 9,00 | 27,16 | 1,83 | 0,50 |
| | 2 | 44,33 | 16,33 | 12,33 | 23,83 | 2,83 | 0,33 |
| | 3 | 52,66 | 14,66 | 5,83 | 23,50 | 3,00 | 0,33 |

playa, ya que las mismas se disipan cuando entran en contacto con el bajo rocoso que se extiende próximo a la orilla, el cual sirve de protección a este sector costero.

Sin embargo se ha podido comprobar (Peña *et al.*, 2004; Sosa, 2005; Salazar *et al.*, 2007; Rivas, *et al.*, 2012) que el oleaje producido por eventos meteorológicos extremos, fundamentalmente los huracanes, influyen drásticamente en la respuesta morfológica de esta playa. Es importante destacar que durante el 2014, año en el que se realizó el presente monitoreo no ocurrieron eventos meteorológicos extremos que hayan afectado el área de estudio.

Actualmente en La Puntilla es muy limitado el volumen de arena que interviene en el balance sedimentario y por tanto en los cambios morfológicos del perfil de playa. Sobre la base de los datos ofrecidos por Rivas *et al.* (2012) se pudo calcular que el espesor promedio de arena existente en el sector oeste es de aproximadamente 68 cm. En el sector central el espesor de la capa de sedimento fluctúa entre 25 y 30 cm. Mientras que en el sector este es de aproximadamente de 52 cm. Dichos resultados permitieron comprobar que la potencia de los sedimentos en toda la playa es pobre, lo cual influye y limita la dinámica de los mismos.

Todo lo anterior, unido al déficit de sedimento creado por las continuas extracciones de arena realizadas durante décadas (Peña *et al.*, 2004, Rivas, 2015), la salida de sedimento fuera del área de estudio producto del oleaje y los vientos asociados a los eventos meteorológicos extremos, así como la ausencia de fuentes productoras de arena que abastezcan de nuevos sedimentos a la playa provocan que el intercambio de arena entre la pendiente emergida y submarina sea muy limitado, observándose

los mayores cambios morfológicos en la zona cercana a la orilla.

Al comparar los perfiles se pudo comprobar que en el no. 1 se produjeron las mayores variaciones morfológicas, lo cual era de esperar ya que como se dijo con anterioridad en el sector oeste, donde se ubica el mismo, se midieron los mayores espesores de arena en toda la playa. El perfil que presenta mayor estabilidad en el tiempo es el No. 2, ubicado en el sector central de la playa, donde se encuentran los menores espesores de sedimento.

En la zona de la postplaya las variaciones observadas en los tres perfiles son prácticamente insignificantes. Solo en el perfil 3, casi al centro de la misma se produjo, durante el transcurso del año 2014, la creación de una pequeña duna. La formación de la misma comenzó cuando la poca arena transportada por el viento encontró un obstáculo (pequeñas rocas), detuvo su traslado y comenzó a formarse el montículo. Su crecimiento se detuvo debido a la poca disponibilidad de sedimento para la alimentación de la misma, lo cual permitió que se cubriera rápidamente por vegetación rastrera.

En ninguno de los perfiles se aprecian indicios actuales de erosión, como pudiera ser la presencia de escarpes en la postplaya o anteplaya.

Sobre la base de lo anterior se puede plantear que el monitoreo de la playa llevado a cabo mediante nivelaciones topográficas de su sección transversal confirma que, en los tres perfiles ocurren variaciones morfológicas poco importantes dentro del ciclo anual. Ese resultado pone de manifiesto la estabilidad que presenta este indicador durante el año monitoreado, lo cual repercute en el comportamiento de la playa.

Estos resultados corroboran los obtenidos por Rivas *et al.* (2012) para este mismo sector costero y coincide con el comportamiento reportado por otras Playas del Oeste de La Habana (Sosa *et al.*, 2005b). Sin embargo en diferentes localidades de las Playas del Este la respuesta morfológica durante el ciclo anual es muy diferente, apreciándose cambios de importancia a lo largo de un año. (Sosa *et al.*, 2005a).

Con relación a los volúmenes de arena, se pudo comprobar que al final del monitoreo, el balance sedimentario de toda la playa es positivo, el cual es de 151,13 m³ de arena (Tabla 3). Sin embargo, a pesar de este resultado se considera prudente no considerar el mismo como una tendencia definitiva, ya que el período de tiempo analizado es muy corto y al observar los valores de la tabla 3 podemos comprobar que lo que ocurre en realidad es un ciclo natural de ganancias y pérdidas en los diferentes sectores, lo cual coincide con el comportamiento de los perfiles.

Resultados similares fueron descritos por Rivas *et al.* (2012) durante el monitoreo realizado en este mismo sector costero en 2010-2011.

Se pudo comprobar que ocurre una redistribución del sedimento entre los tres sectores de la playa. Por ejemplo cuando el sector central acumula, como sucede en el mes de septiembre, en los sectores extremos ocurre erosión. Por el contrario cuando en el mes de diciembre el sector central erosiona, en los tramos aledaños se produce acumulación. (Tabla 3).

MOVILIDAD DE LA LÍNEA DE COSTA.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permitieron comprobar que en La Puntilla, durante el año 2014, ocurrió una ligera movilidad de la línea de costa de un

mes a otro, la cual está dada por pequeñas fluctuaciones, sin que llegue a constituir un retroceso de la misma. Esto, unido a la ausencia de escarpes que permitan medir dicho retroceso impide establecer un ritmo de erosión actual.

Sosa *et al.* (2005a) considera como bajo índice de movilidad, la fluctuación de la línea de costa, entre 2 y 6 m, calculada para un sector de Playas del Este comprendido entre Boca Ciega y Guanabo. En el presente trabajo se pudo comprobar que durante el año 2014, en La Puntilla, la línea de costa fluctuó entre los 3 y 5,2 m, por lo que se puede considerar también como bajo el índice de movilidad de la misma.

Las pequeñas fluctuaciones reportadas por la línea de costa, determinan que de un monitoreo a otro se observen anchos de playa muy similares. Estos resultados coinciden con los alcanzados por Rivas *et al.* (2012).

Sin embargo otros sectores costeros de nuestro país presentan un comportamiento diferente. Juanes *et al.* (2007) reporta que en la mayoría de las playas cubanas, por ejemplo Varadero, la intensidad de la erosión es moderada, la cual se vincula a ritmos de retroceso no mayores a 1,2 m.año⁻¹. Por tanto esta cifra puede considerarse un patrón de referencia para valorar el nivel de erosión que presentan las playas en Cuba. Por su parte, Trista (2003) relaciona la erosión intensa con ritmos de retroceso de la línea de costa del orden de los 2,5 m por año. Dicho autor comprobó que en muchas playas interiores la línea de costa retrocedía a un ritmo de 1 a 2 m.año⁻¹ y en algunos sitios hasta 3 m.año⁻¹, incluso en algunas donde no existían acciones antrópicas. Por ejemplo en playa La Pepilla, ubicada al sur de la provincia Mayabeque, el ritmo de erosión calculado fue de 2,5 m.año⁻¹.

En el caso de la playa de Guanabo la misma ha mostrado una tendencia en los últimos 50 años a la erosión por el oleaje, manifestándose un progresivo retroceso de la línea de costa. (Sosa *et al.*, 2005a). Se ha calculado un ritmo de erosión en este sector costero de $0,47 \text{ m.año}^{-1}$, el cual revela un retroceso de la línea de costa de 14 m en 30 años (Sosa *et al.*, 1995).

A pesar de que en la playa La Puntilla, durante el 2014, la línea de costa mostró pequeñas fluctuaciones, estudios realizados con anterioridad posibilitan conocer cómo ha evolucionado la misma durante décadas. Rivas *et al.*, (2015) estimaron para este sector costero, entre 1972 y el 2011 (período de 39 años), un retroceso de la línea de costa de aproximadamente 55 m. Sin embargo dichos autores no consideraron prudente establecer, sobre la base de esos resultados, un ritmo de retroceso, ya que el mismo no se produjo de forma progresiva, sino que estuvo vinculado a la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos.

Sosa *et al.* (2012) calculó, para este mismo sector costero, valores un tanto similares de retroceso de la línea de costa (45-50 metros) entre 1929 y 2011 (período de 82 años). Al evaluar dichos autores el comportamiento de la costa a mediano plazo entre los años 1956 y 2011 calcularon un ritmo de retroceso para esos 55 años de $0,99 \text{ m.año}^{-1}$. Mientras que a largo plazo (entre 1929 y 2011, periodo de 82 años) el valor obtenido fue de $0,61 \text{ m.año}^{-1}$.

Según Peña *et al.* (2004) la distancia de la línea de costa al bajo rocoso en el año 1972, no excedía los cinco metros. En ese entonces la playa contaba con un área de sol superior a 30 metros y una pequeña duna artificial de aproximadamente 1 - $1\frac{1}{2}$ metro de altura. En el año 1993 la llamada

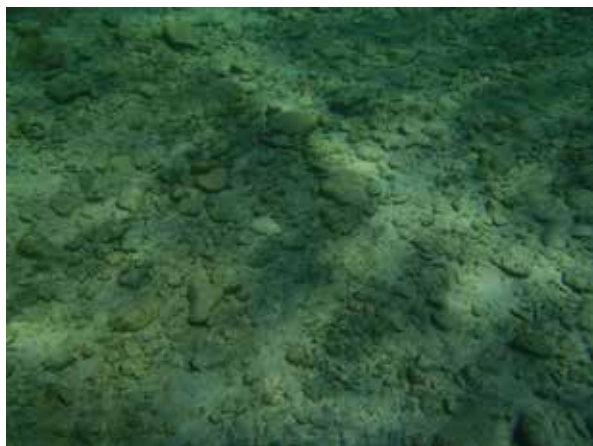
Tormenta del Siglo azota la zona costera objeto de estudio y provoca grandes afectaciones en la misma.

Según la información ofrecida por Peña *et al.* (2004) se pudo calcular que para el 2001, respecto al año 1972, el retroceso de la línea de costa en el extremo este y tramo central de la playa había sido superior a los 25 metros. Este retroceso se consideró aun mayor en el extremo oeste de la playa, donde se perdió totalmente el área de sol y la línea de costa coincidía con los restos del muro que entonces le servía de límite hacia tierra a la playa y del vial que se encontraba por detrás del mismo.

Con posterioridad, en el año 2007, Salazar *et al.*, estiman para un periodo de 6 años, un retroceso de la línea de costa de 8 metros en el sector central y extremo este de la playa, mientras que hacia el oeste era un metro menor. Este comportamiento era el resultado de las afectaciones provocadas en este litoral por el huracán Wilma, en octubre el 2005.

El retroceso de la línea de costa, durante décadas, provocó que la playa perdiera totalmente su duna y el área de sol original, así como la destrucción del muro que le servía de límite hacia tierra y del vial contiguo a este. Otras afectaciones que se produjeron en este sector costero fueron el surgimiento de superficies rocosas y la destrucción total o parcial de las edificaciones que en él existían. Se redujo tanto el volumen como la potencia en los espesores de sedimento. A esto se suma las acciones antrópicas entre las que se destacan las extracciones ilícitas de arena.

Todo lo anterior ha determinado que en la actualmente la playa presente un sensible deterioro de sus condiciones estético-recreativas. A lo largo de toda la costa y la pendiente submarina, existen restos y

**Foto 7**

cimientos de antiguas edificaciones, así como grandes fragmentos del muro y restos del antiguo vial.

Las fotos 7 y 8 muestran la evolución que ha tenido la playa durante décadas hasta llegar a su estado actual.

En el presente la playa se encuentra en una situación tan crítica que ni siquiera las acciones provocadas por el hombre ocasionan cambios importantes. Solo los desastres naturales producen grandes transformaciones.

De todo lo anterior se deduce que debido a las variaciones que ha sufrido La Puntilla durante décadas y su estado actual la misma muestra en la actualidad una erosión intensa, aunque como se ha podido comprobar en el presente trabajo se mantenga estable ante la ausencia de eventos meteorológicos extremos.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y DE COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO.

Los resultados del análisis granulométrico permitieron conocer que el tipo textural que predomina en toda el área de estudio es la arena gruesa.

Las variaciones más notables del tamaño del grano se producen hacia los extremos

**Foto 8**

de la playa, lo cual coincide con los lugares donde se observa la mayor movilidad de la línea de costa y los cambios morfológicos más importantes.

En la distribución espacial de la granulometría no se observa una disminución o aumento del diámetro medio de la partícula en una u otra dirección de la playa.

La presencia casi absoluta de arena gruesa y muy gruesa debe de estar asociado al traslado del sedimento fino fuera de la playa por la acción del oleaje y el viento durante la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos.

Como ha reconocido Avello *et al.* (1974) para el caso de Varadero, en La Puntilla durante el ataque de las olas de tormenta, una parte de la arena es llevada a mayores profundidades, para luego retornar lentamente a la orilla en época de calma. Sin embargo, parte de esa arena se ha perdido por el borde de la plataforma por lo que escapa del balance sedimentario que se produce en este sector costero. Recorridos de buceo realizados en la pendiente submarina de esta playa permiten comprobar este aspecto, ya que durante los mismos se pudo apreciar que el fondo está prácticamente desprovisto de arena.

Se conoce que durante los fenómenos naturales que han afecta este sector costero, parte de la arena también ha sido movilizada hacia tierra, hasta terminar su transporte en el fondo de la laguna. Según Valentín Llorente (com. pers.), presidente de la Junta Directiva de la Base de Pesca Santa Fe, ubicada dentro de la laguna Salada, este aspecto se pudo comprobar cuando después del paso del huracán Wilma se observó una reducción considerable del largo de los pilotes donde se asientan las casetas respecto al fondo de la laguna, dado el incremento del nivel de la arena en el mismo.

Como es de esperar un grano de menor diámetro ofrece menor resistencia al movimiento que uno grueso, ya sea en dirección al mar o hacia tierra. Por tal motivo la arena encontrada actualmente en la playa es gruesa.

En este sentido Sosa y Rivas (2003) realizaron un estudio en las Playas del Este cuyos resultados permitieron corroborar que el tamaño de la arena constituye uno de los parámetros que controlan el transporte de sedimento por el viento. Dichos autores concluyeron que el transporte eólico estaba limitado en aquellos lugares donde el tamaño de las partículas era superior a 0,5 mm.

Los resultados de este estudio pueden ser extrapolados a otros tramos costeros, como es el caso que nos ocupa, con sedimentos similares a los presentes en los sectores analizados de Playas del Este.

Todo lo anterior, unido al hecho de que el transporte de sedimento por el viento guarda estrecha relación con la existencia de dunas, ya que las mismas se forman por acción eólica, nos permite plantear que las características granulométricas de los sedimentos presentes en La Puntilla impiden

en la actualidad la formación natural de dunas en esta playa.

Similares comportamiento fueron encontrados por Sosa y Rivas (2003) en las localidades del Mégano y Tres Cocos, en Playas del Este, en las cuales existían sedimentos con diámetro medio igual a 0,78 y 0,84 mm, respectivamente, correspondientes a la arena gruesa, por lo que en dichos sectores no hay desarrollo de dunas costeras.

La ausencia de dunas en el área de estudio constituye un aspecto de gran importancia dado el estado en que el mismo se encuentra ya que las dunas constituyen reservas de sedimento para la playa, además de que contribuyen a la protección de las instalaciones ubicadas por detrás de las mismas.

Con relación a la génesis o composición de la arena, se pudo comprobar que todas las muestras colectadas son arena de origen biogénico, manteniéndose el mismo color beige de un muestreo a otro. El material sedimentario presenta signos de envejecimiento, lo cual se manifiesta en la pérdida de los rasgos morfoesculturales que caracterizan a los granos. Esto dificulta su identificación, de ahí el alto porcentaje reportado por los bioclastos no identificados. Las partículas de sedimento presentan aristas redondeadas o semiredondeadas, brillo y pulidez.

Observaciones realizadas en la pendiente submarina en el área de estudio, permitieron comprobar que en ella no existen fuentes productoras de sedimentos cuya capacidad garantice el abastecimiento natural de arena a la playa, lo cual contribuiría a la recuperación del sector costero, objeto de estudio. De esta forma se corrobora lo publicado con anterioridad por Peña *et al.* (2004) y más recientemente por Rivas *et al.* (2012).

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MONITOREO REALIZADO EN EL 2014 CON LOS DEL 2011.

EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA DEL PERFIL DE PLAYA Y COMPORTAMIENTO DE LOS VOLUMENES DE ARENA.

Al comparar los resultados del monitoreo de septiembre del 2011 y marzo del 2014 se comprobó que los cambios más apreciables en la morfología ocurren en el perfil 1. Según Rivas *et al.* (2012), en el tramo donde se ubica dicho perfil se reportan los mayores espesores de sedimentos que existen en toda la playa, por lo que es lógico que ocurra una mayor dinámica de los mismos.

Sin embargo, al observar las figs. 7, 8 y 9, en las que se muestran la superposición de los tres perfiles se puede comprobar que no ocurren cambios notables en la morfología de ninguno de ellos. Estos resultados responden a la ausencia de acciones antrópicas o eventos naturales entre septiembre del 2011 y marzo del 2014 que hayan producido transformaciones en el perfil de playa. Durante el periodo analizado ningún evento meteorológico afectó el área objeto de estudio.

En correspondencia con lo antes descrito tampoco se registran variaciones notables de los volúmenes de arena. El perfil 1, ubicado en el sector oeste de la playa, es el que reporta la mayor diferencia (Tabla 6).

Movilidad de la línea de costa.

Al observar la figura 10 se pudo comprobar que, al igual que ocurrió durante el año 2014, en las fechas analizadas tampoco existió retroceso de la línea de costa. Lo que se aprecia en realidad es una ligera fluctuación de una a otra medición.

Resulta notable como hacia el centro del área de estudio las líneas se superponen, mientras que en el tramo oriental de la playa se aprecia una mayor separación. Este resultado era de esperar ya que como se ha

podido apreciar en los perfiles los cambios más importantes en su morfología ocurren en la zona cercana a la costa. La acumulación o pérdida de sedimento en esa área puede provocar un ligero avance o retroceso de la línea de costa. Sin embargo en el sector central donde se ubica el perfil 2 es donde se registran los menores espesores de sedimento, por lo que la influencia de la dinámica de estos en la movilidad de la línea de costa debe ser menor.

Análisis granulométrico y de composición del sedimento.

Los resultados de la granulometría y la génesis del sedimento permitieron comprobar que de septiembre del 2011 a marzo del 2014 se conservan las características texturales y composicionales de los sedimentos colectados en ambas fechas. Tampoco varía su coloración. El sedimento colectado en los dos muestreos resultó ser una arena biogénica, de color beige, predominantemente gruesa.

La conservación de esas características permite comprobar que no existe variación en las fuentes productoras de arena en el área de estudio. Todas las muestras de sedimento se caracterizan por reportar un alto por ciento de bioclastos no identificados debido a la presencia de organismos muy deteriorados, los cuales han perdido las características morfoesculturales que los identifican. De ahí que se pueda plantear que la arena existente en La Puntilla presenta una alta madurez sedimentaria.

Durante los años 2010-2011, Rivas *et al.* (2012) pudieron comprobar el envejecimiento de gran parte de los componentes que formaban las muestras, lo cual constituye un indicio de la pobre renovación de las fuentes sedimentarias. Las observaciones al microscopio realizadas durante el presente trabajo permiten afirmar que

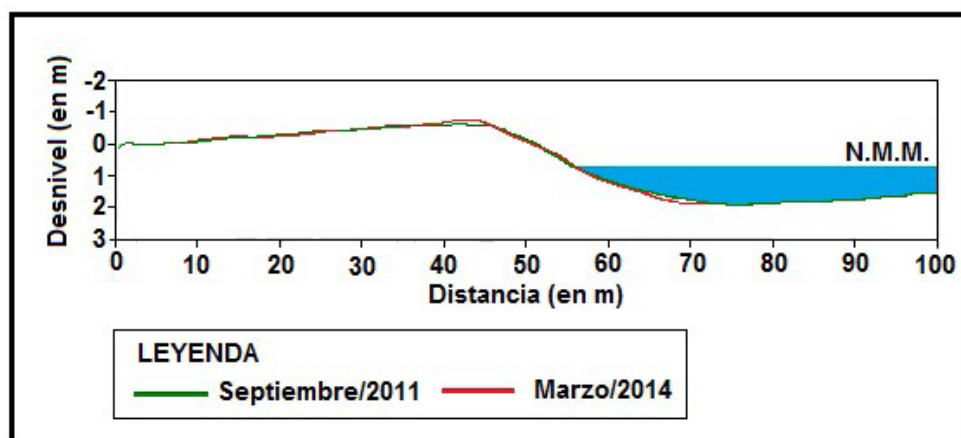
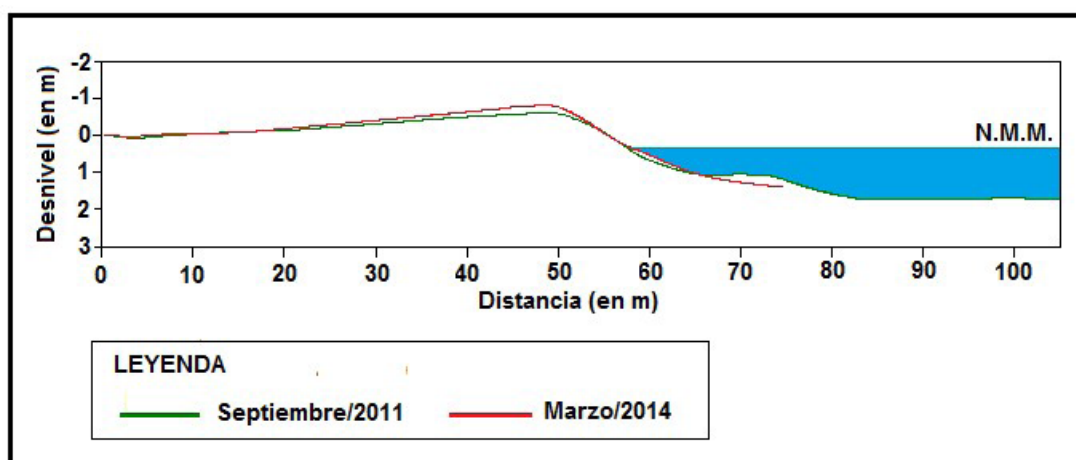
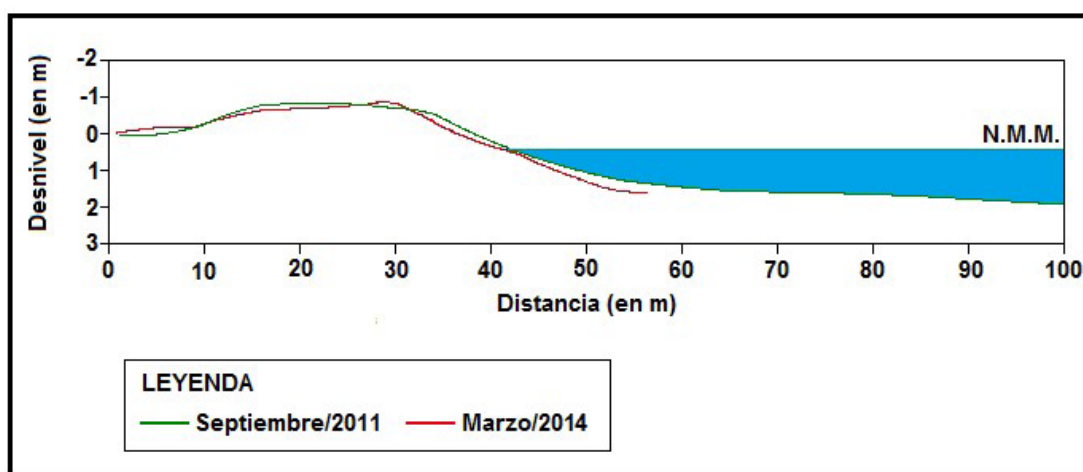




Fig.10. Posición de la línea de costa en los meses de septiembre del 2011 y marzo del 2014.

esta situación se mantiene hasta y durante el 2014.

Inspecciones de buceo posibilitaron comprobar que el continuo deterioro de las fuentes sedimentarias reportado por otros autores (Peña *et al.*, 2004, Rivas *et al.*, 2012) ha provocado la ausencia de las mismas. Lo anterior determina que en la actualidad en La Puntilla no se produzcan nuevos aportes de sedimentos, los cuales pudieran contribuir a la recuperación natural de la playa.

Dada las condiciones en que se encuentra este sector costero, lo antes expuesto resulta alarmante. Al no contar con fuentes naturales que abastezcan de arena a la playa, resulta indispensable conservar el sedimento existente, por lo que se deben redoblar los esfuerzos para combatir el robo de arena, actividad ilícita que es muy

frecuente en este litoral.

Por su parte el aumento del contenido de restos inorgánicos en marzo del 2014 respecto a septiembre del 2011, está relacionado con el continuo lavado, por el oleaje habitual, de los cimientos de las antiguas edificaciones que aun se encuentran en la misma línea de costa, así como del vial y del muro que le servía de límite hacia tierra a la playa. Grandes fragmentos de este último

se conservan actualmente en la parte emergida de la playa a poca distancia de la costa.

Las observaciones al microscopio permitieron confirmar lo antes descrito, ya que lo que se incrementan son los litoclastos, las partículas de asfalto y de materiales de construcción. También se pudo apreciar un aumento de partículas de origen antrópico como son los fragmentos de vidrio. No ocurrió lo mismo con los minerales vítreos de color blanco descritos durante el análisis de la composición.

Los resultados obtenidos durante el monitoreo llevado a cabo durante el 2014 y la comparación establecida entre septiembre del 2011 y marzo del 2014, permiten confirmar que en el período 2011-2014 la playa La Puntilla, ante la ausencia de eventos meteorológicos extremos, mantiene un comportamiento estable.

CONCLUSIONES

Todos los indicadores evaluados registraron pequeñas variaciones, lo que determina que, durante el 2014, muestren un comportamiento estable.

Los resultados obtenidos no deben considerarse como una tendencia definida a seguir por ninguno de esos indicadores, ya que estos responden al monitoreo trimestral llevado a cabo durante el 2014, el cual constituye un período muy corto de tiempo.

La poca potencia de los espesores de arena y la ausencia de fuentes productoras de sedimentos, cuya capacidad garantice el abastecimiento natural de la playa, determinan que para su regeneración resulta imprescindible la alimentación artificial de arena.

La playa La Puntilla ha sufrido durante décadas un proceso de deterioro ambiental, aunque, ante la ausencia de eventos meteorológicos extremos, en el período 2011-2014, se mantuvo estable.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al proyecto Monitoreo Ambiental de la Zona Costera (MAZCO) por financiar el presente monitoreo, en especial a la jefa del proyecto Tania Tayne Reyes y al Consejo Científico del Instituto de Oceanología por el apoyo brindado en la realización del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

AVELLO, O.; IONIN, A.; MEDVEDIEV, V. S. y PAVLIDIS, Y. (1974). *Formas estructurales del relieve del shelf en el mar tropical, península de Hicacos, costa Norte de Cuba*. Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba.

AVELLO, O y PAVLIDIS, Y. (1975). Sedimentos de la Plataforma Cubana. *Serie Oceanológica*, 30. Academia de Ciencias de Cuba.

BLOTT, S. (2001). GRADISTAT Versión 4.0: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by sieving or laser granulometer. Surface Processes and Modern Environments Research Group, Department of Geology, Royal Holloway, University of London. Egham, Surrey, TW20 OEX.

GARCÍA, C. (2005a). TOPOCAR Versión 1.1. Archivo científico del departamento de Procesos Costeros del Instituto de Oceanología.

GARCÍA, C. (2005b). LINCONT. Archivo científico del departamento de Procesos Costeros del Instituto de Oceanología.

JUANES, J.L., RAMÍREZ, E. y MEDVEDIEV, V.S. (1985). Dinámica de los sedimentos en la península de Hicacos, Cuba I. Variaciones morfológicas del perfil de playa. *Revista Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 10, 69-84. Academia de Ciencias de Cuba.

JUANES, J.L., CLARO, R., MIRAVET, M.E. y LOZA, S. (2007). Otros recursos vinculados a la diversidad biológica marina. En R. Claro (Ed.), *La diversidad marina de Cuba* (pp. 207-215).

PEÑA, L., RIVAS, L., SOSA, M., SALAZAR, H. y JUANES, J. L. (2004). Condiciones naturales del litoral para la regeneración de la playa La Puntilla. Santa Fe. Ciudad de la Habana. *Revista Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*, 5.

PETELÍN, V. M. (1967). *Análisis granulométrico de los sedimentos marinos*. Moscú: Edit. Nauka.

RIVAS, L., SALAZAR, H., PEÑA, L., NÚÑEZ, C.O. y FELIPE, M. (2012). Resultados del monitoreo realizado en la playa La Puntilla, Santa Fe, La Habana, durante los años 2010 - 2011. *Revista Serie Oceanológica*, 11 (Número Especial), 22-35.

- RIVAS, L. (2015). *Evaluación de la playa La Puntilla, Santa Fe, con vistas a su manejo integrado*. (Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Manejo Integrado de Zonas Costeras). Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana, Cuba.
- RIVAS, L., ALCAIDE, J.F., SALAZAR, H. y VALDÉS, M.G. (2015). Situación ambiental de la playa La Puntilla, Santa Fe, La Habana, Cuba. *Revista Serie Oceanológica*, 14, 1-17.
- SALAZAR, H., PEÑA, L., RIVAS, L. y PERDOMO, D. (2007). *Diagnóstico del estado actual de la playa La Puntilla y recomendaciones prácticas para su manejo*. (Informe inédito). Archivo científico del Instituto de Oceanología.
- Servicio Hidrográfico y Geodésico de la República de Cuba (2005). *Tablas de marea de las costas de Cuba*. (Mapa de Amplitud de las Mareas en las costas cubanas). La Habana. Cuba: GEOCUBA. Edimar. Agencia de Cartografía Náutica. P5101.
- SHERMAN D. J. y BAUER, B.O. (1993). Dynamics of beach-dune systems. *Progress in Physical Geography*, 17(4), 413-447.
- Shore Protection Manual. (1984). Tomo 1. Capítulo 4. Coastal Engineering Research Center. 4 – 12: Material del litoral.
- 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 de investigación). Archivo científico del Instituto de Oceanología.
- SOSA, M. y RIVAS, L. (2003). Predicción del Transporte Eólico en las Playas del Este de Ciudad de la Habana, Cuba. *Revista Serie Oceanológica*, 1, 85-98.
- SOSA, M. (2005). *Evaluación de las afectaciones provocadas por las penetraciones del mar asociadas al huracán Wilma en los litorales arenosos más importantes de Ciudad de la Habana*. (Informe inédito). Archivo científico del Instituto de Oceanología.
- SOSA, M., RIVAS, L., GUERRA, R., FELIPE, M. y GARCIA, R. (2005a). *Análisis actual de los procesos erosivos en las Playas del Este de Ciudad de la Habana*. (Informe final de proyecto). Archivo científico del Instituto de Oceanología.
- SOSA, M., RIVAS, L., y GUERRA, R. (2005b). Evaluación del estado actual del litoral en las Playas del Oeste de Ciudad de la Habana. En *Memorias del II Simposio Internacional de Manejo de Ecosistemas Costeros. V Convención Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo*, Palacio de las Convenciones de la Habana, Cuba, 4-8 de julio.
- SOSA, M., LORENZO, S., MARTÍNEZ, C., MONTE-SINOS, D., PERDOMO, D., y MACLE, J. (2012). *Estudio piloto para estimar y evaluar el cambio costero a largo plazo en los litorales Este y Oeste de la Habana. Resultado 1: Litoral Oeste*. (Informe inédito). Archivo científico. Instituto de Oceanología.
- TRISTA, E. (2003). *Evaluación de los procesos de erosión en las playas interiores de Cuba*. (Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas). Facultad de Geografía. Universidad de la Habana, Cuba.