

**TÍTULO:** Efectividad de los trabajos de creación artificial de Playa Don Lino, Cuba.

**TITLE:** Effectiveness of Artificial Beach Creation Works at Don Lino beach, Cuba.

**AUTORES:**

Prof. Ridel A. Rodríguez Paneque.  
Lic. Elier A. Córdova García.

**PAÍS:** Cuba

**RESUMEN:**

Se muestran los resultados de los trabajos de creación artificial de playa mediante la técnica de alimentación artificial de arena a lo largo de 300 m de costa en la caleta oeste del sector costero Don Lino. Luego de transcurridos ocho años la playa retiene 28149.04 m<sup>3</sup> de arena, que representa el 72.63 % de la totalidad del material vertido. Se aprecia una tendencia general a perder arena y un comportamiento morfodinámico basculante entre invierno y verano, compensándose las pérdidas entre los extremos oeste y este. Los mayores porcentajes de pérdida de arena se producen al final del verano (agosto) e inicios del invierno (enero, febrero); manteniendo el resto de los meses cierta estabilidad dinámica. Asimismo, se observa una disminución de la granulometría de la arena en la playa hacia una más fina, con una tendencia a decrecer al final del invierno.

**PALABRAS CLAVES:** DON LINO, PLAYA, EROSIÓN, REGENERACIÓN DE PLAYA, CUBA.

**ABSTRACT:**

This paper shows the results of the works of artificial beach creation by means of beach nourishment technique along 300 m of coast in west creek at Don Lino coastal sector. After eight years, the beach retains a sand volume of 28149.04 m<sup>3</sup> that represents 72.63% of the completely poured material. It appreciated a beach general tendency to lose sand and seasonal morphodynamic behavior between winter and summer, being compensated the losses between the eastern and western part of the beach. The biggest percentages of loss of sand takes place at the end of the summer (August) and at beginnings of the winter (January, February); maintaining certain dynamic stability the rest of the months. In addition, it observes a decrease of the sand half-grain side of the beach toward a finer one, with a general tendency to fall at the end of the winter.

**KEY WORDS:** DON LINO, BEACH, EROSION, BEACH NOURISHMENT, CUBA.

## INTRODUCCIÓN

Los trabajos de protección, creación y regeneración de playa, se han convertido en una eficaz herramienta de protección de la costa contra los riesgos de la erosión y crear condiciones para proveer un adecuado uso de estas, en correspondencia con las exigencias de los mercados turístico, inmobiliario, entre otros.

Estudios realizados durante tres años en el litoral de los 25 estados miembros de la Unión Europea, revelan que el 20% de las costas europeas están gravemente afectadas por este fenómeno, provocando una regresión de la línea de costa, entre medio metro y dos metros al año, aunque en algunos casos alcanza los quince metros ([www.revista.consumer.es](http://www.revista.consumer.es), 2005), lo que determina que cada año se inviertan miles de millones de USD en trabajos de protección costera y de regeneración de playas.

En el Shore Protection Manual (1984), se define que las obras de defensa costera utilizadas más frecuentemente para la protección de playas, son los espigones, los diques y la alimentación artificial de playas, denominándose las primeras como soluciones duras, por introducir elementos rígidos en la morfología de la costa o el fondo y las segundas como soluciones blandas por aportar únicamente arena, es decir, el propio elemento existente en el medio.

Así mismo, se define que la aplicación de soluciones duras y su efectividad dependen de la existencia de un transporte de arena conocido en magnitud y dirección. En muchas ocasiones la existencia de un pobre aporte de arena al sistema costero, determina que la cantidad de arena retenida por las estructuras no sea la deseada o disminuya en el tiempo, razón por la cual generalmente se apela a la combinación de las soluciones duras con el aporte externo de arena.

El mayor inconveniente de las soluciones duras son los impactos negativos sobre el paisaje, las limitaciones a la propia actividad recreativa y la navegación, además de extrapolar, frecuentemente, el problema de la erosión a otros sectores de costa (Hattersley y Foster, 1968; Medina et al., 2001). A ello habría que añadir daños ecológicos significativos sobre los ecosistemas circundantes, hecho señalado por Medina et al., (2001), al estudiar las incidencias de la regeneración de playa en las praderas de Posidonia oceánica.

Ello podría ser más dramático cuando las estructuras utilizadas en la protección del litoral son sobredimensionadas o son colocadas en zonas ecológicas muy sensibles.

En este sentido la alimentación artificial de arena ha ganado adeptos en el ámbito internacional, por sus ventajas estéticas y ecológicas con respecto a los diques y espigones, pues no introduce elementos ajenos al medio, además de que los resultados se obtienen de manera inmediata, convirtiéndose prácticamente en la única solución para enfrentar los problemas de regresión de playas en el mundo.

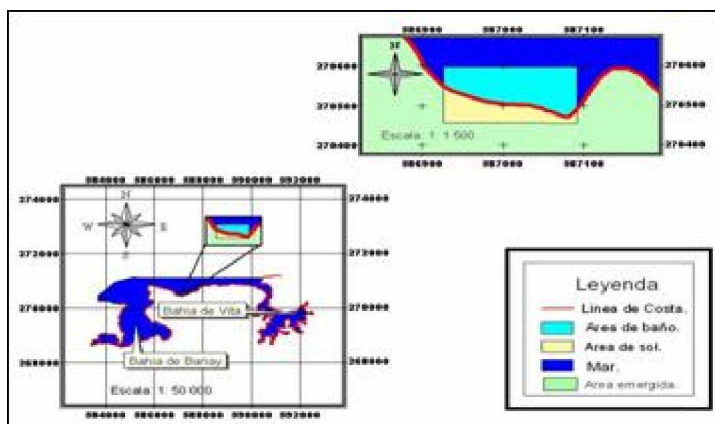
En Cuba, la erosión en las playas se ha enfrentado básicamente mediante la aportación artificial de arena, teniendo lugar en Varadero las acciones más importantes en este sentido. Significativos resultan también los trabajos ejecutados en las playas Estero Ciego, Pesquero Nuevo, Don Lino y Yuraguanal de la provincia de Holguín. En todos los casos, los trabajos han estado dirigidos al mejoramiento de las condiciones para mantener un adecuado uso turístico de estas playas.

El objetivo fundamental de este trabajo es evaluar el comportamiento dinámico del perfil de playa en Don Lino, luego de ejecutados los trabajos de creación artificial de playa con el interés de conocer la efectividad que han tenido las acciones ejecutadas.

Ello resulta de extraordinaria importancia para determinar el balance sedimentario y definir el periodo de vida útil de los trabajos de regeneración, determinar los nuevos volúmenes de arena requeridos para los trabajos de realimentación o mantenimiento, así como el ajuste de la metodología y ecuaciones de cálculo de los volúmenes de arena a verter.

## ÁREA DE ESTUDIO

Don Lino se localiza dentro del tramo de costa comprendido entre las bahías de Bariay y de Vita, a 1.5 Km al este de Punta Sotavento de la Bahía de Bariay, a 9 Km del poblado Santa Lucía y a 39 Km de la Ciudad de Holguín (Figura 1).



**Figura 1.** Localización del sector costero Don Lino

Este litoral tiene una orientación general este-sudeste - oeste-noroeste y una plataforma insular muy estrecha, antecedida por una pequeña cresta arrecifal, alcanzándose profundidades de 20 m a sólo 150 m de la costa, por lo que recibe la acción persistente del oleaje oceánico con toda su energía.

Está formado por dos conchas, Pesquero Viejo al oeste y Don Lino al este, ambas separadas entre sí por un saliente rocoso que forma acantilados activos de hasta 3 m de altura.

La concha oeste constituía una laguna con profundidades medias de 0.32 m, respecto al nivel medio del mar (n.m.m.) y máximas puntuales de 0.70 m, con fondos constituidos por un sustrato rocoso, en un ancho promedio de 40 m y

una longitud de 300 m. En dirección al mar estaba parcialmente tabicada por una estructura rocosa que afloraba hasta 0.55 m durante la bajamar. La parte anterior a esta zona constituía un acuatorio de fondo rocoso con profundidades medias 1.01 m y con máximas puntuales de 1.50 m, respecto al n.m.m (Figura 2).



**Figura 2.** Caleta oeste, sector costero Don Lino, 1999

Como problemática fundamental destacaba la ausencia de playa en la caleta oeste. Ello unido a la poca profundidad en la laguna formada entre la costa y el arrecife y sus fondos rocosos, condujo a la descomercialización de Villa Don Lino, pues no satisfacía las exigencias de calidad de playa, motivación fundamental del destino turístico Cuba.s.

## **MATERIALES Y METODOS.**

Los trabajos de creación artificial de playa fueron ejecutados entre el 17 de julio y el 26 de octubre de 1999. En este periodo fueron vertidos 40.015.m<sup>3</sup> de arena a lo largo de 300 m de costa, para una densidad media de 133.4 m<sup>3</sup>/m lineal de playa. Como cuenca de préstamo se utilizaron las arenas del banco Bariay localizado a 1.5 Km al oeste de la playa.

Los trabajos de dragado del yacimiento de arena de mar Bariay, fueron ejecutados por una draga de succión estacionaria. Una vez, extraída la arena y depositada en tierra, los trabajos consistieron en verter la arena directamente sobre la costa, para lo cual se utilizaron camiones de volteo con capacidad de hasta 10 m<sup>3</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Inicio de los trabajos de regeneración

En la medida en que avanzaba el vertimiento sobre la costa, un buldózer apilaba la arena en dirección al mar, homogenizando altimétricamente su superficie de forma progresiva, hasta la cota de 1.6 m (n.m.m.). Ello permitía el acceso de los camiones para realizar el depósito de la arena directamente sobre el mar, circulando sobre la arena vertida con anterioridad hasta cubrir toda la zona a regenerar.

Finalmente, los oleajes y las corrientes asociadas a los frentes fríos del 22 de octubre y el 2 de noviembre de ese año, permitieron la redistribución de las arenas vertidas hasta alcanzarse el perfil deseado.

La efectividad del vertimiento de arena fue determinado teniendo como base el cálculo del volumen de arena retenido en la playa. Para ello, se obtuvo información sobre el ancho de playa ganado con posterioridad a los trabajos de regeneración, teniendo como referencia los perfiles topobatimétricos de la zona, antes y con posterioridad al vertimiento de arena. Además, se tuvo en cuenta los cambios en la composición granulométrica de la arena, así como su relación con el comportamiento de las condiciones hidrometeorológicas. Este constituye el método más usado para la identificación, cuantificación e interpretación de los procesos costeros (Charlier, 1987; Martínez, 1988; García 2000; Rodríguez y Córdova, 2005).

Se utilizaron los resultados del monitoreo del perfil de playa, para el periodo desde mayo de 2000 a diciembre de 2003, sobre la base del levantamiento mensual de perfiles topobatimétricos, por el método de la nivelación geométrica, en 3 puntos que cubren la zona oeste, central y este de la playa (P-M55, P-M47 y P-M39). Posteriormente en marzo de 2008, fue realizado nuevamente el control de los volúmenes de arena utilizando como referencia los mismos puntos. Así mismo, fue llevada una secuencia fotográfica de la evolución de la playa como respaldo gráfico de la evolución mantenida.

Además, con el monitoreo, al final del invierno y verano, coincidiendo con los ciclos de acumulación y erosión de la playa, fueron realizados muestreos de las características granulométricas y de la composición genética de las arenas, mediante la colecta de cinco muestras por perfil, en la zona de berma, cara de la playa y en la zona de baño a 10 m, 20 m y 40 m de la línea de costa.

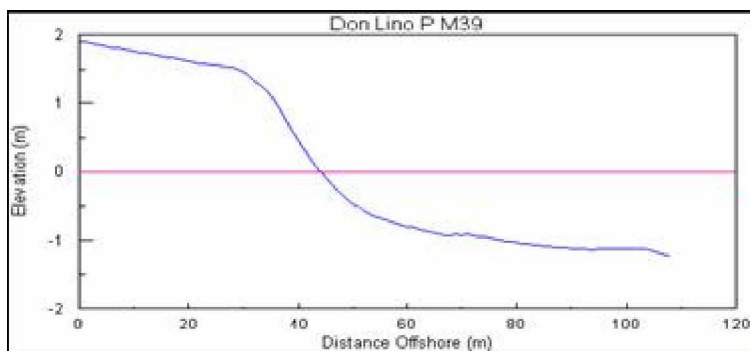
El análisis granulométrico se realizó mediante la distribución porcentual de las fracciones granulométricas y la clasificación general de los sedimentos por el diámetro medio de las partículas (Md) y el coeficiente de selección (So), por el método de ensayo estándar para el análisis del tamaño de las partículas de suelos, según Normas American Society for Testing and Materials (ASTM) D-422-98 y D-854-92, respectivamente.

Para el análisis del comportamiento de las condiciones hidrometeorológicas se utilizaron los datos suministrados por el Centro Provincial de Meteorología en Holguín, del Instituto de Meteorología, obtenidos por la Estación Meteorológica de Lucrecia identificada con el número 78365 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

En la definición del volumen de arena retenido, se utilizó el software BMAP versión 2.0 (Beach Morphology Analysis Package) del paquete de software Beach Fill Module, desarrollado por Waterways Experiment Station of US Army Corps of Engineers, 1994. Este software permite modelar de manera automática e interactiva las características morfológicas y dinámicas del perfil de playa.

## RESULTADOS DEL TRABAJO

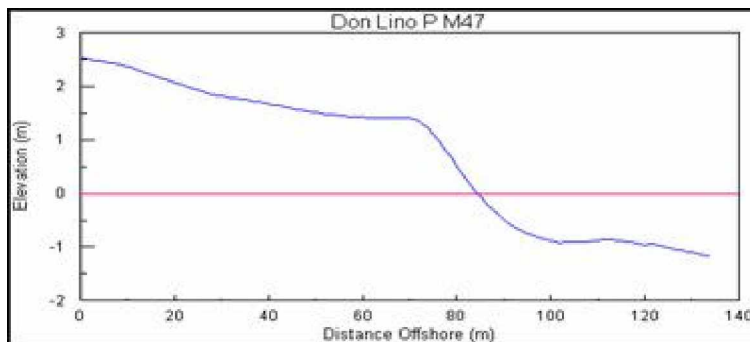
El análisis de las características de los perfiles medios en Don Lino, para el perfil P-M39 localizado en el extremo este de la playa, denota una berma bien definida ligeramente inclinada al mar de 30 m de ancho, una fuerte pendiente en la cara y suaves pendientes en la zona de baño (Figura 4).



**Figura 4.** Perfil medio histórico del extremo este de la playa

Este perfil caracteriza los procesos de este sector de la playa, donde las pendientes son ligeramente mayores y recibe la acción directa de los oleajes del nordeste, más energético, aunque menos frecuente.

El perfil P-M47, localizado en la parte central de la playa, muestra una extensa berma, que alcanza los 70 m de ancho (Figura 5).

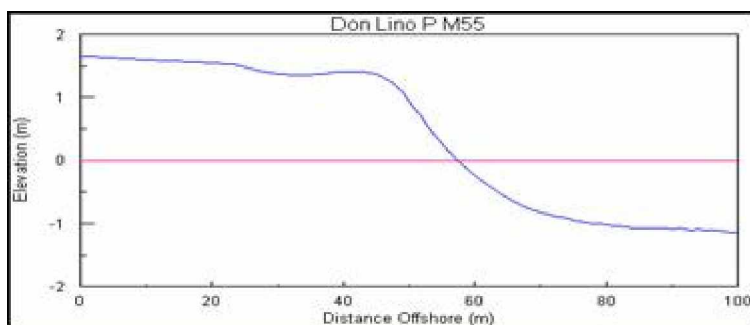


**Figura 5.** Perfil medio histórico del centro de la playa

La forma convexa del final de la berma no es una duna; responde a la morfología de la costa antes de los trabajos de regeneración, que tiene como límite pequeños acantilados de 2.5 m de altura que definen el área física de la playa.

Al igual que el perfil anterior posee una fuerte pendiente en la cara de la playa y pendientes muy suaves en la zona de baño, con una barra de arena muy pequeña.

Por otra parte el perfil P-M55, localizado en el extremo oeste de la playa caracteriza el comportamiento morfodinámico del perfil de costa en esta porción de la playa. Muestra también una berma extensa, aunque inferior a la anterior, pendientes fuertes en la cara de la playa y muy suaves en la zona de baño (Figura 6).



**Figura 6.** Perfil medio histórico del extremo oeste de la playa

La fuerte pendiente en la cara de la playa que caracteriza a los perfiles en Don Lino se debe a las características de los sedimentos y a que recibe la acción directa del oleaje oceánico, disipado únicamente por una pequeña cresta arrecifal distante de la playa a sólo 100 m.

Según estos resultados, de manera general, la playa mantiene un ancho que oscila entre los 30 m en su porción oriental y los 70 m, en la zona central, con una área de exposición solar superior a los 14 000 m<sup>2</sup>.

## Análisis de los perfiles

La Tabla 1, muestra el volumen total de arena depositado en la playa, al concluirse el vertimiento, su comportamiento hasta el mes de diciembre de 2003, así como el volumen retenido en marzo de 2008.

Don Lino	Volumen Retenido							
	Perfil este		Perfil central		Perfil oeste		Volumen Total	
	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%
Conformado	10038.24	100.00	15318.37	100.00	13399.88	100.00	38756.49	100.00
Mayo 00	10036.44	99.98	14783.47	96.51	12827.12	95.73	37647.03	97.14
Agosto 00	9239.62	92.04	14430.04	94.20	12875.75	96.09	36545.41	94.29
Septiembre 00	9157.18	91.22	15392.92	100.49	13782.36	102.85	38332.46	98.91
Octubre 00	9535.46	94.99	14710.41	96.03	11850.59	88.44	36096.46	93.14
Noviembre 00	9000.00	89.66	14121.16	92.18	13298.61	99.24	36419.77	93.97
Febrero 01	8516.23	84.84	14254.81	93.06	12077.37	90.13	34848.41	89.92
Marzo 01	9910.73	98.73	14457.56	94.38	11571.17	86.35	35939.46	92.73
Abril 01	8303.26	82.72	14686.35	95.87	12812.54	95.62	35802.15	92.38
Mayo 01	8913.74	88.80	14322.33	93.50	11810.34	88.14	35046.41	90.43
Junio 01	7962.62	79.32	14495.98	94.63	13770.88	102.77	36229.48	93.48
Julio 01	7408.51	73.80	15389.95	100.47	12340.53	92.09	35138.99	90.67
Enero 03	6521.90	64.97	14030.87	91.60	10183.65	76.00	30736.42	79.31
Febrero 03	7206.48	71.79	13506.08	88.17	10111.67	75.46	30824.23	79.53
Marzo 03	7689.38	76.60	14928.51	97.45	10539.82	78.66	33157.71	85.55
Abril 03	7061.04	70.34	13863.37	90.50	10315.74	76.98	31240.15	80.61
Mayo 03	7132.97	71.06	13752.49	89.78	10608.70	79.17	31494.16	81.26
Junio 03	7027.20	70.00	13767.24	89.87	11179.53	83.43	31973.97	82.50
Julio 03	6062.54	60.39	14099.09	92.04	11700.56	87.32	31862.19	82.21
Agosto 03	5351.69	53.31	13616.26	88.89	11145.34	83.17	30113.29	77.70
Septiembre 03	5669.86	56.48	13782.78	89.98	11987.33	89.46	31439.97	81.12
Diciembre 03	7875.50	78.45	15010.18	97.99	10774.60	80.41	33660.28	86.85
Marzo 08	5755.46	57.34	11974.25	78.17	10419.33	77.76	28149.04	72.63

**Tabla 1.** Comportamiento del volumen de arena en la playa

Estos resultados indican que luego de más de ocho años de concluido los trabajos, la playa aun retiene el 72.63 % de las arenas vertidas, según perfiles levantados en el mes de marzo de 2008, un ancho promedio de 49 m y un área de exposición solar superior a los 14 000 m<sup>2</sup> (Figura 7).



**Figura 7.** Playa Don Lino, luego de transcurridos ocho años de ejecutados los trabajos



Al concluirse los trabajos fue reportado por el monitoreo realizado en noviembre de 1999, la existencia de 38 756.5 m<sup>3</sup> de arena, sin embargo el reporte diario durante el vertimiento fue de 40 015 m<sup>3</sup> de arena.

Esta ligera diferencia puede estar motivada por diferentes causas; entre ellas, diferencias en el volumen real transportado por cada camión, pérdidas en suspensión y arrastre luego de vertidas las arenas, así como diferencias en la geometría real de la playa respecto a la considerada en el cálculo. Por ello el análisis del comportamiento morfodinámico del perfil de playa está basado en el volumen reportado luego de concluido los trabajos, referidos en la Tabla 1, como perfil conformado. Sobre el análisis de los resultados aportados por la Tabla 1, durante el primer año la playa había retenido el 93.97 % de las arenas vertidas, según reporte de noviembre de 2000 y luego de tres años el 86.85 % según el reporte del mes de diciembre de 2003. Similar comportamiento se aprecia, tomándose como referencia el mes de marzo, con un 92.73 % de retención en el 2001, un 85.55 % en marzo de 2003 y un 72.63 % en marzo de 2008.

Estos resultados resultan superiores a los obtenidos por García (2000) para playa Varadero con un 75.68% de retención un año después de ejecutados los trabajos, aunque casi dos años después se obtuvieron niveles de retención más alto con un 93.55%. También resultan superiores a los reportados por Rodríguez y Córdova (2005), para la playa Estero Ciego, donde se obtuvo una retención del 63.81 % de las arenas vertidas luego de transcurrido tres años.

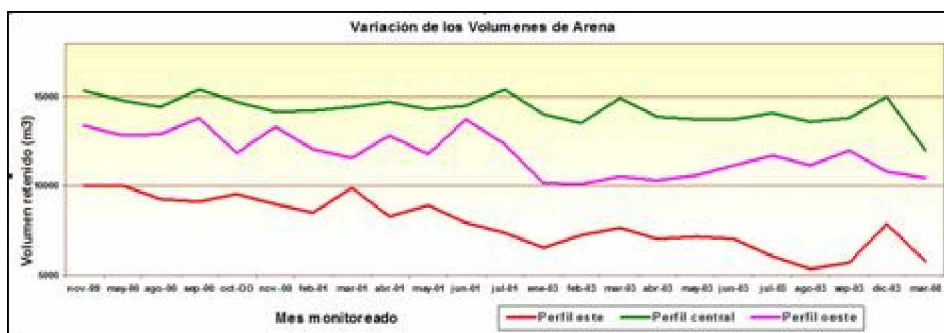
García (2000), señala que una retención de hasta un 75% de la arena, un año después de ejecutado el vertimiento puede ser considerada como satisfactoria. Asimismo, la práctica internacional evidencia que cada cuatro años se realizan trabajos de vertimiento artificial de arena en las playas regeneradas (Coastal Engineering Manual, 1999). El haberse alcanzado una retención del 85.55 % para los primeros cuatro años, según reporte de marzo de 2003 y del 72.63 % luego de ocho años de concluido los trabajos, según reporte de marzo de 2008, permite asegurar que los trabajos de creación artificial de playa ejecutados en Don Lino, han sido muy exitosos. La Figura 8, muestra la variación del volumen de arena en la playa para el periodo monitoreado.



**Figura 8.** Variación del volumen de arena en el periodo noviembre de 1999 a marzo de 2008

Esta figura muestra la tendencia que tiene la playa a perder arena, cuestión de esperar pues se trata de una playa creada de manera artificial, cuya existencia está ligada a los aportes externos de arena. Aunque los perfiles no cubren todo los meses del año, se aprecia una tendencia a que la playa pierda arena al final del verano, siendo agosto un mes típico de erosión, y al inicio del invierno, con pérdidas máximas en enero y febrero, para luego experimentar una recuperación en los meses de marzo y abril.

El análisis independiente de cada perfil (Figura 9), muestra que el perfil P-M47, localizado en el centro de la playa, mantiene una alta estabilidad en el tiempo, no así los perfiles P-M39 localizado en el extremo este de la playa, que experimenta las mayores pérdidas, al igual que el perfil P-M55, localizado en el extremo oeste.



**Figura 9.** Comportamiento de las variaciones de arena por perfil de playa

Este comportamiento es resultado del basculamiento que experimenta la playa en los periodos de invierno y verano. Las pérdidas que se aprecian en el extremo este, por lo general son compensadas con ganancias en el extremo oeste y viceversa, siendo el perfil central un perfil de transición.

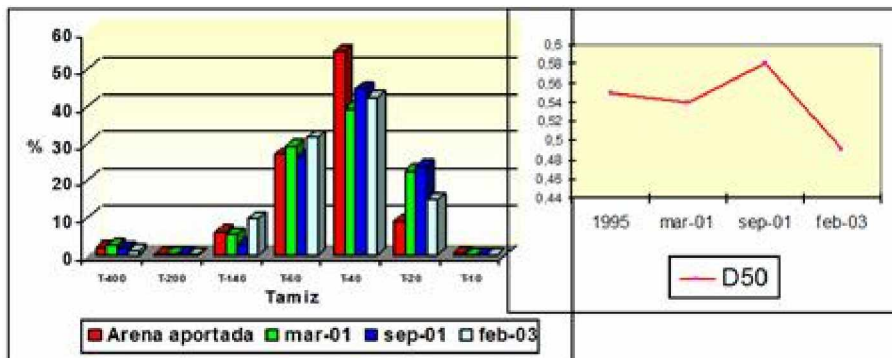
Ello es resultado de las características del régimen de oleaje que afecta a este sector costero. Los oleajes de componente este asociados a los vientos Alisios generan un transporte en dirección este - oeste, favoreciendo la acumulación de arena en la mitad oeste de la playa, mientras que en el invierno con la entrada de frentes fríos, con oleajes del norte y noreste, se invierte el transporte de sedimentos favoreciendo la acumulación de arena en el extremo oriental.

Este comportamiento del perfil de playa, resulta típico de las playas del litoral noroeste de Holguín y ha sido destacado por Rodríguez y Córdoba (2005), por lo que es posible afirmar que luego de ejecutados los trabajos la playa tiene una régimen hidrodinámico similar a las playa naturales de este litoral.

Composición granulométrica de la arena

Con posterioridad a los trabajos de regeneración de la playa, fueron realizados tres muestreos de las características granulométricas, dos en la época de invierno (marzo de 2001 y febrero de 2003) y otro al final del verano (septiembre de 2001), que si bien no son conclusivos del comportamiento granulométrico a lo largo de la playa, permitieron hacer algunas consideraciones.

La arena aportada a la playa en 1999 durante los trabajos de regeneración tenía una granulometría media (D50) = 0.50 mm y un coeficiente de selección (So) = 0.71. Como se aprecia en la Figura 10, luego de ejecutado el vertimiento de arena, hubo un ligero aumento de la granulometría media para luego decrecer.



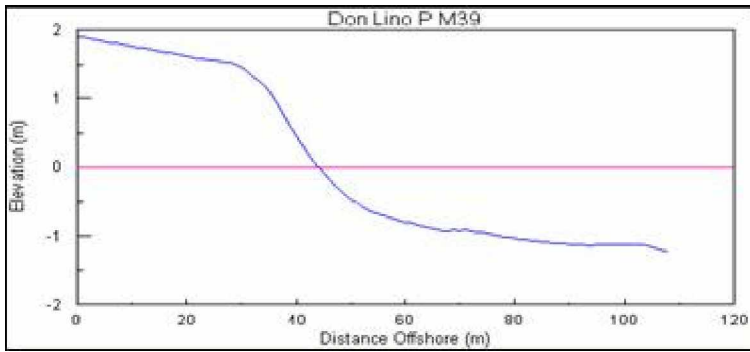
**Figura 10.** Histograma de distribución granulométrica de los sedimentos de la playa

Este comportamiento era de esperar, pues la playa perdería las partículas más finas, estabilizando las arenas con características similares a las presente en la caleta este. El análisis por temporada evidencia ligeras diferencias granulométricas durante el invierno y verano. Con el invierno hubo una disminución de la granulometría media con relación a los muestreos del final del verano, probablemente debido a las pérdidas de las fracciones más gruesas, pero más fácil de transportar debido a su forma plana.

También puede estar relacionado con el efecto de oleajes de mayor energía asociado a la entrada de los frentes fríos en el invierno, que provocan un arrastre de la arena desde profundidades mayores, donde se han depositado los sedimentos más finos, que han escapado de la playa durante el verano. Un comportamiento similar fue reportado por Rodríguez y Córdova (2005) para la playa Estero Ciego, siendo la segunda ocasión que se reporta para la región nordeste de Cuba, por lo que abre nuevos campos de investigación sobre la dinámica sedimentaria de las playas de Cuba y en particular para las playas de esta región.

## RESULTADOS DEL TRABAJO

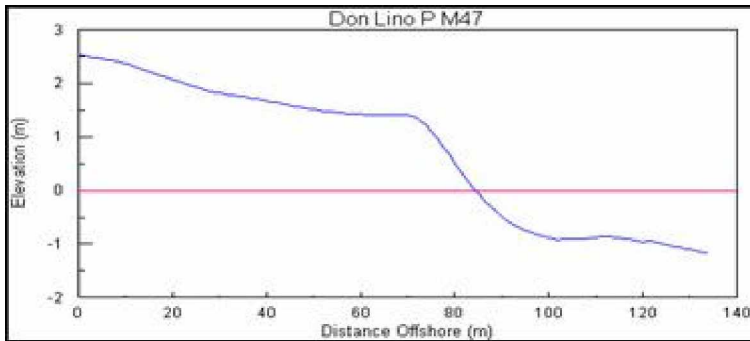
El análisis de las características de los perfiles medios en Don Lino, para el perfil P-M39 localizado en el extremo este de la playa, denota una berma bien definida ligeramente inclinada al mar de 30 m de ancho, una fuerte pendiente en la cara y suaves pendientes en la zona de baño (Figura 4).



**Figura 4.** Perfil medio histórico del extremo este de la playa

Este perfil caracteriza los procesos de este sector de la playa, donde las pendientes son ligeramente mayores y recibe la acción directa de los oleajes del nordeste, más energético, aunque menos frecuente.

El perfil P-M47, localizado en la parte central de la playa, muestra una extensa berma, que alcanza los 70 m de ancho (Figura 5).

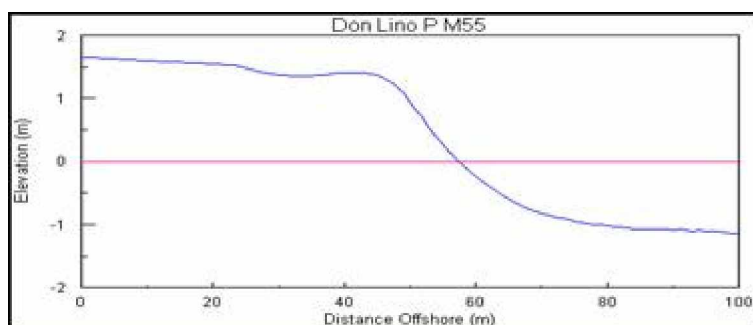


**Figura 5.** Perfil medio histórico del centro de la playa

La forma convexa del final de la berma no es una duna; responde a la morfología de la costa antes de los trabajos de regeneración, que tiene como límite pequeños acantilados de 2.5 m de altura que definen el área física de la playa.

Al igual que el perfil anterior posee una fuerte pendiente en la cara de la playa y pendientes muy suaves en la zona de baño, con una barra de arena muy pequeña.

Por otra parte el perfil P-M55, localizado en el extremo oeste de la playa caracteriza el comportamiento morfodinámico del perfil de costa en esta porción de la playa. Muestra también una berma extensa, aunque inferior a la anterior, pendientes fuertes en la cara de la playa y muy suaves en la zona de baño (Figura 6).



**Figura 6.** Perfil medio histórico del extremo oeste de la playa

La fuerte pendiente en la cara de la playa que caracteriza a los perfiles en Don Lino se debe a las características de los sedimentos y a que recibe la acción directa del oleaje oceánico, disipado únicamente por una pequeña cresta arrecifal distante de la playa a sólo 100 m.

Según estos resultados, de manera general, la playa mantiene un ancho que oscila entre los 30 m en su porción oriental y los 70 m, en la zona central, con una área de exposición solar superior a los 14 000 m<sup>2</sup>.

### Análisis de los perfiles

La Tabla 1, muestra el volumen total de arena depositado en la playa, al concluirse el vertimiento, su comportamiento hasta el mes de diciembre de 2003, así como el volumen retenido en marzo de 2008.

Don Lino	Volumen Retenido							
	Perfil este		Perfil central		Perfil oeste		Volumen Total	
	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%
Conformado	10038.24	100.00	15318.37	100.00	13399.88	100.00	38756.49	100.00
Mayo 00	10036.44	99.98	14783.47	96.51	12827.12	95.73	37647.03	97.14
Agosto 00	9239.62	92.04	14430.04	94.20	12875.75	96.09	36545.41	94.29
Septiembre 00	9157.18	91.22	15392.92	100.49	13782.36	102.85	38332.46	98.91
Octubre 00	9535.46	94.99	14710.41	96.03	11850.59	88.44	36096.46	93.14
Noviembre 00	9000.00	89.66	14121.16	92.18	13298.61	99.24	36419.77	93.97
Febrero 01	8516.23	84.84	14254.81	93.06	12077.37	90.13	34848.41	89.92
Marzo 01	9910.73	98.73	14457.56	94.38	11571.17	86.35	35939.46	92.73
Abril 01	8303.26	82.72	14686.35	95.87	12812.54	95.62	35802.15	92.38
Mayo 01	8913.74	88.80	14322.33	93.50	11810.34	88.14	35046.41	90.43
Junio 01	7962.62	79.32	14495.98	94.63	13770.88	102.77	36229.48	93.48
Julio 01	7408.51	73.80	15389.95	100.47	12340.53	92.09	35138.99	90.67
Enero 03	6521.90	64.97	14030.87	91.60	10183.65	76.00	30736.42	79.31
Febrero 03	7206.48	71.79	13506.08	88.17	10111.67	75.46	30824.23	79.53
Marzo 03	7689.38	76.60	14928.51	97.45	10539.82	78.66	33157.71	85.55
Abril 03	7061.04	70.34	13863.37	90.50	10315.74	76.98	31240.15	80.61
Mayo 03	7132.97	71.06	13752.49	89.78	10608.70	79.17	31494.16	81.26
Junio 03	7027.20	70.00	13767.24	89.87	11179.53	83.43	31973.97	82.50
Julio 03	6062.54	60.39	14099.09	92.04	11700.56	87.32	31862.19	82.21
Agosto 03	5351.69	53.31	13616.26	88.89	11145.34	83.17	30113.29	77.70
Septiembre 03	5669.86	56.48	13782.78	89.98	11987.33	89.46	31439.97	81.12
Diciembre 03	7875.50	78.45	15010.18	97.99	10774.60	80.41	33660.28	86.85
Marzo 08	5755.46	57.34	11974.25	78.17	10419.33	77.76	28149.04	72.63

**Tabla 1.** Comportamiento del volumen de arena en la playa

Estos resultados indican que luego de más de ocho años de concluido los trabajos, la playa aun retiene el 72.63 % de las arenas vertidas, según perfiles levantados en el mes de marzo de 2008, un ancho promedio de 49 m y un área de exposición solar superior a los 14 000 m<sup>2</sup> (Figura 7).



**Figura 7.** Playa Don Lino, luego de transcurridos ocho años de ejecutados los trabajos

Al concluirse los trabajos fue reportado por el monitoreo realizado en noviembre de 1999, la existencia de 38 756.5 m<sup>3</sup> de arena, sin embargo el reporte diario durante el vertimiento fue de 40 015 m<sup>3</sup> de arena.

Esta ligera diferencia puede estar motivada por diferentes causas; entre ellas, diferencias en el volumen real transportado por cada camión, pérdidas en suspensión y arrastre luego de vertidas las arenas, así como diferencias en la geometría real de la playa respecto a la considerada en el cálculo. Por ello el análisis del comportamiento morfodinámico del perfil de playa está basado en el volumen reportado luego de concluido los trabajos, referidos en la Tabla 1, como perfil conformado. Sobre el análisis de los resultados aportados por la Tabla 1, durante el primer año la playa había retenido el 93.97 % de las arenas vertidas, según reporte de noviembre de 2000 y luego de tres años el 86.85 % según el reporte del mes de diciembre de 2003. Similar comportamiento se aprecia, tomándose como referencia el mes de marzo, con un 92.73 % de retención en el 2001, un 85.55 % en marzo de 2003 y un 72.63 % en marzo de 2008.

Estos resultados resultan superiores a los obtenidos por García (2000) para playa Varadero con un 75.68% de retención un año después de ejecutados los trabajos, aunque casi dos años después se obtuvieron niveles de retención más alto con un 93.55%. También resultan superiores a los reportados por Rodríguez y Córdoba (2005), para la playa Estero Ciego, donde se obtuvo una retención del 63.81 % de las arenas vertidas luego de transcurrido tres años.

García (2000), señala que una retención de hasta un 75% de la arena, un año después de ejecutado el vertimiento puede ser considerado como satisfactoria. Asimismo, la práctica internacional evidencia que cada cuatro años se realizan trabajos de vertimiento artificial de arena en las playas regeneradas (Coastal Engineering Manual, 1999). El haberse alcanzado una retención del 85.55 % para los primeros cuatro años, según reporte de marzo de 2003 y del 72.63 % luego de ocho años de concluido los trabajos, según reporte de marzo de 2008,

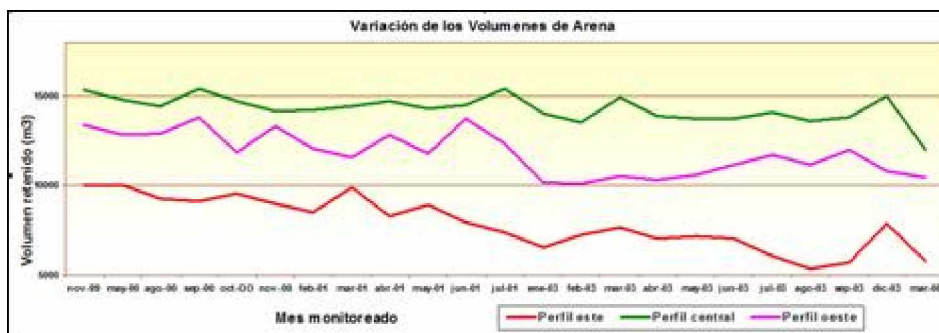
permite asegurar que los trabajos de creación artificial de playa ejecutados en Don Lino, han sido muy exitosos. La Figura 8, muestra la variación del volumen de arena en la playa para el periodo monitoreado.



**Figura 8.** Variación del volumen de arena en el periodo noviembre de 1999 a marzo de 2008

Esta figura muestra la tendencia que tiene la playa a perder arena, cuestión de esperar pues se trata de una playa creada de manera artificial, cuya existencia está ligada a los aportes externos de arena. Aunque los perfiles no cubren todo los meses del año, se aprecia una tendencia a que la playa pierda arena al final del verano, siendo agosto un mes típico de erosión, y al inicio del invierno, con pérdidas máximas en enero y febrero, para luego experimentar una recuperación en los meses de marzo y abril.

El análisis independiente de cada perfil (Figura 9), muestra que el perfil P-M47, localizado en el centro de la playa, mantiene una alta estabilidad en el tiempo, no así los perfiles P-M39 localizado en el extremo este de la playa, que experimenta las mayores pérdidas, al igual que el perfil P-M55, localizado en el extremo oeste.



**Figura 9.** Comportamiento de las variaciones de arena por perfil de playa

Este comportamiento es resultado del basculamiento que experimenta la playa en los periodos de invierno y verano. Las pérdidas que se aprecian en el extremo este, por lo general son compensadas con ganancias en el extremo oeste y viceversa, siendo el perfil central un perfil de transición.

Ello es resultado de las características del régimen de oleaje que afecta a este sector costero. Los oleajes de componente este asociados a los vientos Alisios generan un transporte en dirección este - oeste, favoreciendo la acumulación

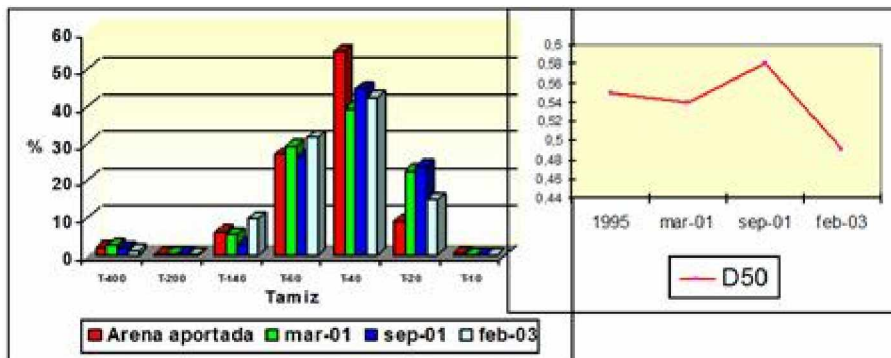
de arena en la mitad oeste de la playa, mientras que en el invierno con la entrada de frentes fríos, con oleajes del norte y noreste, se invierte el transporte de sedimentos favoreciendo la acumulación de arena en el extremo oriental.

Este comportamiento del perfil de playa, resulta típico de las playas del litoral noroeste de Holguín y ha sido destacado por Rodríguez y Córdoba (2005), por lo que es posible afirmar que luego de ejecutados los trabajos la playa tiene una régimen hidrodinámico similar a las playa naturales de este litoral.

### Composición granulométrica de la arena

Con posterioridad a los trabajos de regeneración de la playa, fueron realizados tres muestreos de las características granulométricas, dos en la época de invierno (marzo de 2001 y febrero de 2003) y otro al final del verano (septiembre de 2001), que si bien no son conclusivos del comportamiento granulométrico a lo largo de la playa, permitieron hacer algunas consideraciones.

La arena aportada a la playa en 1999 durante los trabajos de regeneración tenía una granulometría media ( $D_{50}$ ) = 0.50 mm y un coeficiente de selección ( $S_o$ ) = 0.71. Como se aprecia en la Figura 10, luego de ejecutado el vertimiento de arena, hubo un ligero aumento de la granulometría media para luego decrecer.



**Figura 10.** Histograma de distribución granulométrica de los sedimentos de la playa

Este comportamiento era de esperar, pues la playa perdería las partículas más finas, estabilizando las arenas con características similares a las presente en la caleta este. El análisis por temporada evidencia ligeras diferencias granulométricas durante el invierno y verano. Con el invierno hubo una disminución de la granulometría media con relación a los muestreos del final del verano, probablemente debido a las pérdidas de las fracciones más gruesas, pero más fácil de transportar debido a su forma plana.

También puede estar relacionado con el efecto de oleajes de mayor energía asociado a la entrada de los frentes fríos en el invierno, que provocan un arrastre de la arena desde profundidades mayores, donde se han depositado los sedimentos más finos, que han escapado de la playa durante el verano. Un comportamiento similar fue reportado por Rodríguez y Córdoba (2005) para la



playa Estero Ciego, siendo la segunda ocasión que se reporta para la región nordeste de Cuba, por lo que abre nuevos campos de investigación sobre la dinámica sedimentaria de las playas de Cuba y en particular para las playas de esta región.

## CONCLUSIONES

La playa Don Lino, luego de ocho años de haberse concluido los trabajos de creación artificial mediante la técnica de alimentación artificial de arena, conserva el 72.63 % del material vertido, un ancho promedio de 49 m y un área de exposición solar superior a los 14000 m<sup>2</sup>.

La playa tiene una tendencia general a perder arena y un comportamiento morfodinámico basculante entre invierno y verano, compensándose las pérdidas entre los extremo oeste y este.

Los mayores porcentajes de pérdida de arena se producen al final del verano (agosto) e inicios del invierno (enero, febrero); manteniendo el resto de los meses cierta estabilidad dinámica.

Se aprecia una tendencia a disminuir la granulometría media de la arena en particular durante el invierno.

La playa mantiene buenas condiciones físicas a lo largo de toda la playa, aunque al final del verano se produce un retroceso significativo de su ancho en el extremo este.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Coastal engineering manual: engineering and design. USA: Washington DC; Department of the Army, 1999. 3.t. (circular no. 1110-2-292).
2. Congreso de Ciencias del Mar (5.: 2000: La Habana). Alimentación artificial de arena en Varadero: ejecución y efectividad. / C. García...?et al.?. La Habana; Instituto de Oceanología, 2000. 22 h.
3. Conservación de las costas españolas: playas amenazadas. Revista Consumer Eroski 2005 (89) ?Seriada en línea?. <http://www.revista.consumer.es:80/wed/es/20050601/medioambiente.html> ?Consultado: jun. 2005?.
4. Erosión Costera. ZOFEMAT (Unidad de zona federal marítima terrestre y ambientes costeros del Estado). Semarnat (México) ?Seriada en línea?. <http://www.semarnat.gob.mx:80/qroo/zofemat/www/erosion/erosion1.shtml> ?consultado: nov. 2005?.
5. Hattersley, R.T.; Foster D.N. Problems of Beach Erosion and Some Solutions. **Australian Civil Engineering** (Australian) 9: 122,1968.
6. Martínez, J. Dinámica sedimentaria en la playa de Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria). **Revista de Obras Públicas** (España) 2: 154-152, 1988.
7. Medina, R.; Tintoré J.; Duarte C. M. Las Praderas de Posidonia oceánica y la regeneración de playas. **Revista de Obras Públicas** (España) 4: 30-49, 2001.

8. Normas ASTM D-422-98; D-854-92. Standard Practice for Description and Identification of Soil and Rock. USA: American Society for Testing and Materials Report, 1994.
9. Rodríguez, R.; Córdova E. Efectividad de los trabajos de alimentación artificial con arenas ejecutados en playa Estero Ciego. Ciencias Holguín 2005 sep. 11(3) ?Seriada en línea?.  
<http://www.ciencias.holguin.cu/2005/septiembre/articulos/ARTI3.htm>  
?Consultado: oct. 2009?.
10. Seminario Internacional del Consejo de Europa sobre la planificación y manejo de litoral. Analyse cartographique appliquée a la geomorphologie cotiere / R. H. Charlier. Bilbao, España: [s.n.], 1987. 12 h.
11. Shore Protection Manual. USA; Department of the Army, Coastal Engineering Research Center, 1984. 540 h.

Recibido: 17 noviembre 2009

Aprobado en su forma definitiva: 15 enero 2010

## DATOS DE LOS AUTORES

### Nombre:

Ridel A. Rodríguez Paneque. Profesor auxiliar [alex.ridel@holguin.inf.cu](mailto:alex.ridel@holguin.inf.cu)  
[ridel@cisat.cu](mailto:ridel@cisat.cu)

Elier A. Córdova García. Investigador agregado [elier@cisat.cu](mailto:elier@cisat.cu)

### Correo:

1. [alex.ridel@holguin.inf.cu](mailto:alex.ridel@holguin.inf.cu) ; [ridel@cisat.cu](mailto:ridel@cisat.cu)

2. [elier@cisat.cu](mailto:elier@cisat.cu)

### Centro de trabajo:

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales y Tecnológicos de Holguín  
Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente  
Calle 18 entre 1ra y Maceo, Reparto El Llano, Ciudad de Holguín  
Apartado postal 127, C. P. 80 100, Holguín, Cuba  
Telefax.: (53 24) 46 1334, 47 3448, 42 5092.