

## **Consideraciones científico - técnicas para la creación de una playa artificial en el sector costero el Salto-Ganuza, Villa clara, Cuba**

Ernesto Tristá <sup>(1)</sup>, José L. Juanes <sup>(1)</sup> y Hermes Salazar <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Ave 1ª e/ 184 y 186 Rpto Flores. Ciudad de la Habana. Cuba. Telfs: (537) 271-6008, 271-1424. Fax: (537) 339112

Recibido: enero-octubre, 2004	Aceptado: noviembre, 2004
-------------------------------	---------------------------

### **Resumen**

Se analiza la factibilidad de crear artificialmente una playa en el sector costero El Salto-Ganuza, en la costa norte de la región central del país, a partir de la evaluación de las características naturales del territorio haciendo énfasis en el funcionamiento del sistema costero. Como resultado de este estudio se identifican condiciones del relieve e hidrodinámicas favorables para el desarrollo de los procesos de acumulación, sin embargo la ausencia de sedimentos sueltos en la parte emergida del litoral unido a la escasa presencia de organismos bentónicos potencialmente productores de arena en el fondo marino, indican que la fuente de aporte de sedimentos arenosos resulta insuficiente para la existencia de una playa de forma natural. Atendiendo a esta valoración se propone la alimentación artificial de arena como una alternativa viable para la conformación de la playa. En este sentido se diseñan los perfiles a conformar en base a un modelo empírico, extraído de la evolución morfológica de un perfil de Playa en Varadero durante 7 años, lo que permitió calcular un volumen de arena a verter de 60 000 m<sup>3</sup>.

**Palabras clave:** Alimentación artificial de playas.

### **Abstract**

The feasibility is analyzed of creating artificial a beach in the coastal sector The Salto-Ganuza, in the north coast of the central region of the country, starting from the evaluation of the natural characteristics of the territory making emphasis in the performance of the coastal system. As result of this study, conditions of the relief and hydrodynamic are identified favorable for the development of the processes of accumulation, however the absence of sand in the emerged part of the coast together to the scarce presence of organisms bentonic potentially producing of sand in the marine bottom, they indicate that the source of contribution of sandy is insufficient so that a natural beach is generated. Assisting to this valuation it's proposed the artificial beach nourishment like a possible alternative for the conformation of the beach. The beach profiles are designed based on an empiric model, extracted of the morphological evolution of a profile of Beach in Varadero during 7 years. Allows to calculate a volume of sand to fill of 60 000 m<sup>3</sup>.

**Key words:** artificial beach nourishment

## **Introducción**

La creación de Playas Artificiales ha sido concebida en el país como una opción tanto de carácter proteccionista como de beneficio social, en el ordenamiento y utilización de la zona costera. Uno de los primeros casos evaluados lo constituyó el sector costero El Salto-Ganuza en la provincia de Villa Clara, caracterizado por un alto grado de antropización y pocos valores naturales.

Al paso del Ciclón Kate en noviembre de 1985 alrededor del 80% de las construcciones costeras sufrieron daños significativos, con el correspondiente deterioro de las condiciones de uso de la costa como zona de baño lo cual promovió la idea del mejoramiento estético, recreacional y ambiental de este sector costero.

En 1987 comenzó a ejecutarse el programa de investigaciones y en 1988, tomando como base la información obtenida, se elaboró el proyecto ejecutivo donde se diseñan las alternativas ingenieras para la creación de la playa artificial.

## **Materiales y métodos**

En apoyo al programa de investigaciones se hizo un levantamiento topográfico a escala 1:1000, así como el esquema batimétrico a igual escala y hasta la profundidad de 3.00 m, además se establecieron 15 perfiles perpendiculares a la costa, con el objetivo de conocer las características del relieve de la zona costera.

Se realizaron seis experimentos de hidrodinámica, los que incluyeron mediciones de la deriva litoral, marea, dirección y velocidad del viento y observaciones del oleaje. Las trayectorias de los cuerpos de deriva fueron seguidas con la intercepción directa de teodolitos.

Se hizo un muestreo del sedimento superficial del fondo marino con la colecta de 60 muestras, las que fueron procesadas granulométricamente, según la metodología de Petelín (1960), y analizadas texturalmente a través del diagrama triangular de clasificación para sedimentos de variada composición (Lixt, et al., 1985).

El análisis de la composición del sedimento se hizo en base al conteo al microscopio de los restos orgánicos e inorgánicos según describen Pavlidis y Avello (1975).

Para conocer la composición cualitativa de los organismos bentónicos se realizó un muestreo en 9 estaciones distribuidas en la pendiente submarina. La identificación del material colectado se realizó en el Laboratorio de Bentos del Instituto de Oceanología.

## **Consideraciones físico-geográficas del territorio.**

El sector costero El Salto Ganuza se ubica en el litoral norte del municipio Corralillo, provincia de Villa Clara (Fig. 1), ocupando una franja de unos 4 Km de longitud, donde el mangle desaparece de la línea de costa para dar lugar a depósitos de sedimentos areno fangosos de origen marino. Estos depósitos formaron un camellón bajo de unos 100 m de ancho el cual se extiende paralelo a la costa y separado de tierra firme por una laguna interior.

El litoral se encuentra protegido del embate directo del oleaje oceánico por los cayos del archipiélago Sabana-Camagüey (Fig. 1), los que limitan el borde exterior de la plataforma insular y encierran una serie de bahías, incluyendo la de Santa Clara. Ionin et al. (1972) evalúa esta bahía como una laguna de gran tamaño que se caracteriza por condiciones específicas del desarrollo de las costas, los procesos de sedimentación y las formas del relieve del fondo.

En correspondencia con esta evaluación, las características del relieve del sector costero El Salto-Ganuza indican un predominio de los procesos de acumulación, mientras que los procesos erosivos están asociados a la ocurrencia de tormentas severas o al paso de ciclones. El régimen hidrodinámico de la región está condicionado fundamentalmente a las características del relieve de manera que las pequeñas profundidades de la Bahía de Santa Clara no permiten que se desarrollen olas de gran altura así como derivas litorales de gran intensidad. Lo que provoca que bajo la influencia de las condiciones meteorológicas más frecuentes no se genere el acarreo de grandes volúmenes de material a lo largo de la costa.

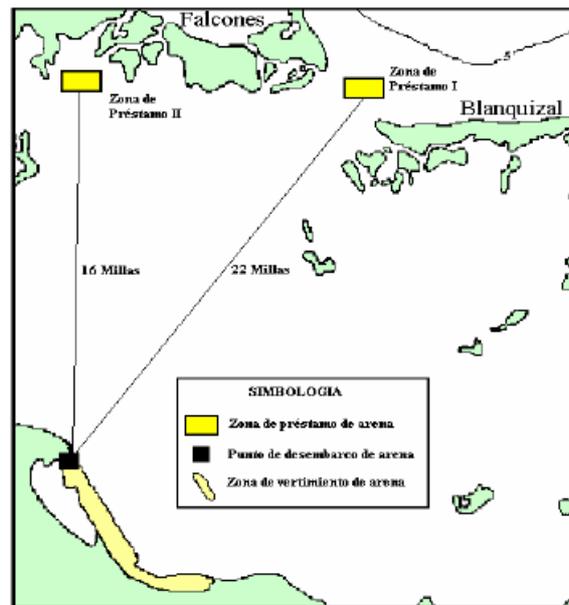


Fig. 1. Ubicación de la playa El Salto-Ganuza

En la parte emergida del litoral no existían sedimentos arenosos, apareciendo solo en la pendiente submarina en forma de pequeñas barras dispersas en el fondo o adosadas a la orilla. Aunque estos sedimentos presentan una componente arcillosa notable, la presencia de fragmentos sueltos de origen organógeno-carbonatado-marino en la superficie del fondo le proporcionan cierta consistencia favoreciendo su uso como zona de baño.

Una primera evaluación de las condiciones naturales del sector costero El Salto-Ganuza permitió establecer como hipótesis la factibilidad de crear una playa artificial en este sitio, atendiendo a las condiciones del relieve costero para el desarrollo de los procesos de acumulación y a la reducida capacidad del régimen de oleaje de generar fuerte actividad dinámica. Sin embargo la escasa presencia de sedimentos arenosos en la zona costera limitaba la existencia de una playa de forma natural, lo que constituía el principal problema práctico a resolver.

Después de evaluar varias alternativas se determinó aplicar la alimentación artificial de playa, diseñada de acuerdo a las características particulares del sector costero El Salto-Ganuza.

## Resultados y discusión

La existencia natural de una playa depende de la forma en que se establece la relación entre las tres partes que integran el sistema costero.

- La existencia de una adecuada fuente de aporte de sedimento arenoso.
- La existencia de condiciones geomorfológicas favorables en la zona costera para que ocurra la deposición del sedimento.
- La existencia de un régimen hidrodinámico que garantice el transporte de sedimentos desde las fuentes productoras de arena hacia la playa.

Bajo un punto de vista estrictamente teórico siempre resulta posible crear de forma artificial un sistema playa, pero en la práctica esto está condicionado a los costos que encierran tales obras. Es por ello que al concebir el proyecto de la playa artificial se valoraron las condiciones naturales del lugar, con el objetivo de identificar que partes del sistema estaban presentes de manera natural y cuales debían ser creadas por el hombre. En el caso del Salto-Ganuza, para lograr ese objetivo se trabajó en las tres direcciones que integran el sistema.

## Características del Relieve

El esquema batimétrico de la pendiente submarina cercana a la playa, describe pendientes suaves que se distribuyen en un fondo regular con la formación de algunas barras de sedimentos sueltos poco pronunciadas. En general las pendientes de la parte submarina, no sobrepasan el 2%.

La pendiente máxima calculada es de 1.6%, correspondiente al Perfil 1, para una distancia de 100 m. Al incrementar la longitud de este perfil hasta 350 m, la pendiente disminuyó a 0.7%. En realidad la prolongación de los perfiles hacia el mar resultaría el corte transversal de la bahía de Santa Clara, con un ancho medio de 15 Km y

profundidades inferiores a 3 m al alcanzar la cayería exterior de la plataforma, lo que condiciona pendientes en el orden de 0.02%.

El comportamiento de las pendientes submarinas constituye un elemento de especial interés para el análisis del movimiento del sedimento en la zona litoral. Zenkovich (1967) afirma que cuando la pendiente es del orden del 1% como promedio, el material sedimentario se mueve en las aguas someras hacia la costa formando las terrazas acumulativas o las barras costeras. Los bajos valores de pendientes encontrados, están en correspondencia con las formas acumulativas existentes, lo que pone de manifiesto el predominio de los procesos acumulativos sobre los erosivos.

### Características del régimen hidrodinámico

En zonas bajas de bahías interiores el movimiento de la masa de agua depende fundamentalmente del efecto del viento sobre la superficie del mar y de la acción del oleaje, aunque los flujos de marea también pueden jugar un papel importante en el régimen de circulación del acuatorio. (Ionin et al., 1972).

Con el objetivo de identificar el efecto de estos factores en el sistema de transporte de sedimentos, se realizaron seis experimentos de deriva litoral (Fig. 2). Para ello se utilizó el método de los cuerpos de deriva propuesto por Ostorujov et al. (1981), donde se combina el régimen de marea, la dirección y velocidad del viento y la posición del lanzamiento de los flotadores.

Las Figuras 2B y 2C muestran dos experimentos de deriva con el lanzamiento de cuatro flotadores en el extremo este de la playa. En la Figura 2B se observa que con vientos del norte, velocidades de 7.7 m/s y flujo de marea, los cuerpos describen una trayectoria con dirección sursuroeste y velocidad media de 0.079 m/s. En la Figura 2C puede observarse que con vientos del nornordeste, velocidades de 4.6 m/s y reflujos de marea, la dirección de la trayectoria de los cuerpos es también sursuroeste.

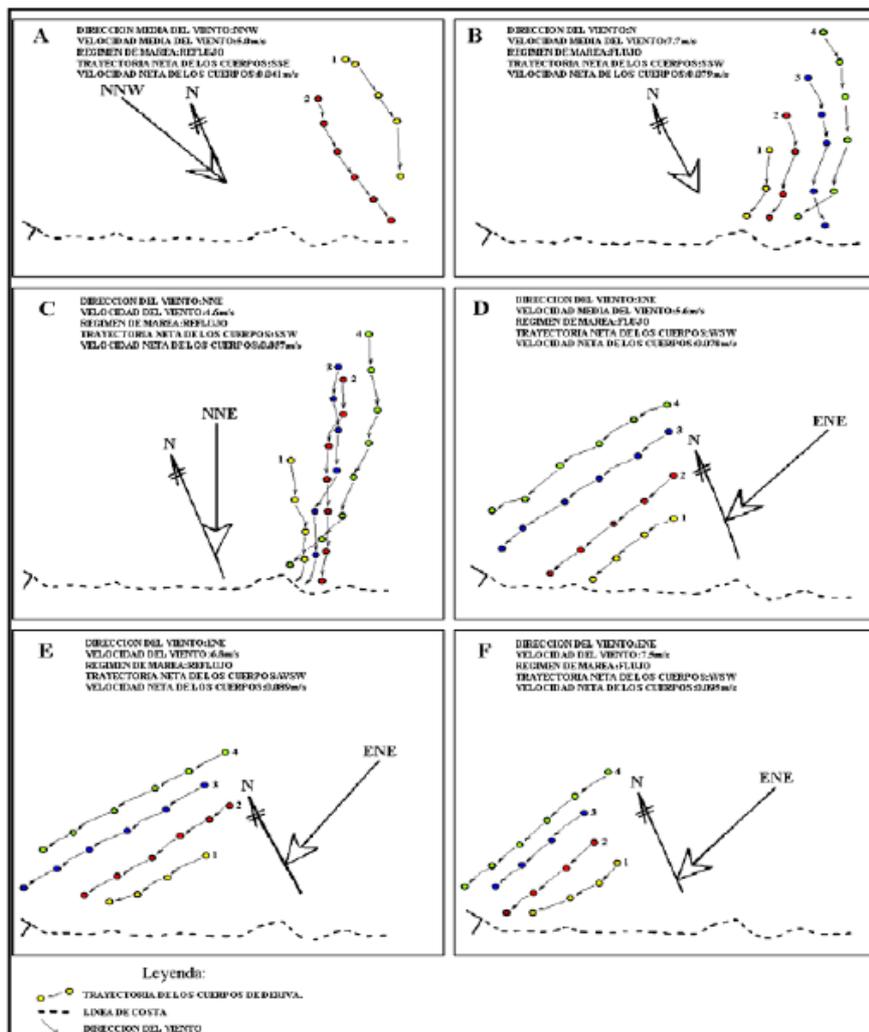


Fig. 2. Resultados de los experimentos de deriva litoral en la playa El Salto-Ganuja

Sin embargo la velocidad de desplazamiento de los flotadores decreció en correspondencia con la disminución de la velocidad del viento, tomando un valor promedio de 0.057 m/s.

Los experimentos que se muestran en las Figuras 2D y 2E se realizaron en la zona central de la playa con vientos del estenordeste y velocidades de 5.6 m/s y 6.8 m/s con flujo y reflujo de marea respectivamente. Aunque las variaciones de la velocidad del viento en ambos experimentos son poco significativas, estas inciden con un ligero cambio en las velocidades de desplazamiento de los flotadores, con valores de 0.078 m/s (Fig. 2D) a 0.089 m/s (Fig. 2E) con una trayectoria en ambos de dirección oestesuroeste. Debe destacarse que este aumento de la velocidad neta de los cuerpos de deriva se produjo en condiciones de reflujo de marea.

En la Figura 2F se muestra el experimento realizado en el extremo oeste de la playa con vientos del estenordeste, velocidades de 7,5 m/s y flujo de marea. Del análisis comparativo de este experimento con el que aparece en la Figura 2D, se desprende que con iguales condiciones de dirección del viento y régimen de marea, se produce un aumento en la velocidad del desplazamiento de los cuerpos de deriva de 0.078 m/s (Fig. 2D) a 0.095 m/s (Fig. 2F), con un incremento de la velocidad del viento de 5.6 m/s a 7.5 m/s.

Los resultados obtenidos a través de los experimentos de deriva litoral permitieron concluir, que tanto la dirección como la velocidad de las corrientes de deriva están en correspondencia directa con las variaciones de la dirección e intensidad del viento, con poca influencia de los cambios de la marea. Además los valores de velocidad neta de los cuerpos de deriva no sobrepasan 1 m/s por lo que describen corrientes litorales de baja energía, al menos bajo la ocurrencia de velocidades del viento inferiores a los 10 m/s.

En la rosa de los vientos de la región (Atlas Nacional de Cuba, 1978), se observa que las direcciones con mayor porcentaje de ocurrencia corresponden al nordeste con un 32%, seguido por el nornordeste, 11 % y el estenordeste con un 8%. Lo que permite asegurar que la tendencia general del transporte de sedimentos en la zona litoral tiene una dirección este-oeste, en correspondencia con los vientos predominantes de la región.

La tendencia del transporte de sedimentos fue verificada con la colocación de dos espigones experimentales construidos con sacos rellenos de arena. Cuya evolución fue monitoreada en diferentes condiciones hidrometeorológicas.

En el espigón No 1, situado en la parte oeste del sector costero, se observó la acumulación del sedimento nativo a ambos lados del mismo durante el período enero-abril de 1988. Lo que evidencia un acarreo de material tanto de dirección este como oeste, de acuerdo a la incidencia de los vientos del 1er y 4to cuadrantes, propios de la época invernal. El comportamiento posterior del espigón, desde abril hasta diciembre del mismo año, permitió comprobar el predominio del transporte de sedimentos con dirección este-oeste, observándose una mayor acumulación en el lado este, generada bajo el efecto de los vientos del 1er cuadrante.

El espigón No 2, ubicado en la parte central del sector costero, retuvo una menor cantidad de sedimentos en comparación con el espigón No 1. Sin embargo también marcó la tendencia a la acumulación en su parte este, en correspondencia con la predominancia de los vientos.

La ausencia de erosión en el lado adyacente de los espigones indica la poca capacidad energética de las corrientes de deriva y el oleaje para provocar la salida del sedimento hacia fuera de la costa. Lo cual garantiza condiciones propicias del régimen hidrodinámico para la ocurrencia de los procesos acumulativos y la tendencia a la estabilidad del sistema playa en la región.

### ***Características de las fuentes de sedimento***

Los resultados del procesamiento textural del sedimento nativo de la playa, permiten determinar que el 58% de las muestras corresponden a las Arenas, el 38% a las Arenas Limosas y el 4% a los Limos Arenosos. Aunque el grupo textural correspondiente a las arenas, ocupan una franja de aproximadamente 140 m de ancho a partir de la línea de costa, la irregularidad con que aparecen distribuidos los tres grupos texturales en la pendiente submarina parece indicar que la distribución de los sedimentos no está determinada directamente por el régimen hidrodinámico.

Como se observa en la Tabla 1, los principales componentes del sedimento corresponden a los fragmentos calcáreos de organismos bentónicos, entre los que predominan los moluscos (41%), los foraminíferos (25%) y las algas calcáreas (16%). Los resultados del muestreo de los organismos bentónicos demuestran que la flora marina está representada por 21 especies, de las cuáles siete son algas calcáreas productoras de arena y la fauna fundamentalmente por moluscos, esponjas y corales. De modo que la distribución de los grupos texturales del sedimento nativo parece estar más relacionada con la distribución de los organismos bentónicos que con el régimen hidrodinámico de la zona.

A pesar de que en la pendiente submarina el 58% de las muestras representan a las arenas, la presencia de un 42% del grupo de las arcillas evidencia que los sedimentos de la región presentan una componente significativa de material fino, lo que constituye una fuente inapropiada de abasto de sedimentos para la conformación de la playa.

Si se tiene en cuenta además, que la parte emergida del litoral no dispone de sedimentos sueltos, puede advertirse que la creación de la playa del sector costero El Salto-Ganuza requiere de una fuente de abastecimiento de arena a través de la alimentación artificial.

**Tabla 1.** Resultados del análisis de restos orgánicos para algunas muestras de sedimento. Fo-Foraminíferos; Mo-Moluscos; Al-Algas; O.G.-Otros grupos; R.O.-Restos Orgánicos; R.I.-Restos Inorgánicos.

No. De Muestra	Fo (%)	Mo (%)	Al (%)	OG (%)	RO (%)	RI (%)
3	27.50	54.16	6.83	5.15	93.64	6.33
11	31.33	25.66	27.33	3.03	87.35	12.50
12	0.50	36.00	27.00	3.00	76.50	10.50
13	30.83	24.33	23.00	2.16	90.32	9.66
14	29.75	41.00	19.75	2.50	93.00	7.00
15	22.25	46.25	20.00	0.00	88.50	11.50
16	21.00	49.00	19.50	2.00	91.50	8.50
17	23.50	43.00	15.16	5.30	86.96	13.00
18	26.33	27.33	20.33	1.43	75.42	24.50
26	28.66	33.66	14.06	1.65	77.97	22.00
37	28.83	41.16	12.83	1.49	84.31	15.66
42	25.66	42.00	13.66	2.49	83.81	16.16
54	22.66	52.50	15.60	4.16	94.92	5.00
58	38.00	44.16	6.00	3.66	91.82	8.16
60	29.50	54.83	10.00	1.49	95.82	4.16

#### **Aplicación de la alimentación artificial de playa.**

##### **Conformación del perfil de playa**

Para el diseño de la alimentación artificial de arena se tomaron como base las mediciones obtenidas en el estudio de las variaciones morfológicas del perfil de Punta Molas en la Península de Hicacos durante 7 años (Juanes et al. 1984, 1986), con valores de pendiente y régimen de estabilidad muy similares al de los perfiles del sector costero El Salto-Ganuza. Esta información permitió establecer el rango de las variaciones del ancho y la altura de la playa, siendo estos de 26 m y 0.76 m respectivamente. Lo que significa que el perfil de playa debe tener una longitud y espesores de arena que admitan variaciones de ese orden, sin que se produzca el afloramiento de la roca o el choque de las olas con estructuras rígidas en la parte interior del perfil.

Tomando en cuenta los criterios antes expuestos, se diseñan los perfiles para el relleno de arena, considerando además:

- a) Que el perfil admita una evolución cíclica erosión-acumulación similar a la de un perfil de playa natural.
- b) Que se conserve el rango de las pendientes teniendo en cuenta que las del relieve costero cumplen con la condición de acumulación.
- c) Que se utilice el volumen óptimo de arena requerido para la creación de la playa evitando así gastos innecesarios.

En la Figura 3 aparecen los perfiles de diseño para la creación de la playa artificial, donde se proyectó extraer el material existente en una franja de 10 m de ancho y 0.50 m de altura en la parte más próxima al mar con el objetivo de lograr precisamente en esta zona los mayores espesores de arena, conformándose una berma de 0.70 m de espesor y suaves pendientes. El relleno de arena en el área de sol alcanza unos 30 m de ancho como promedio con un espesor de 0.30 m.

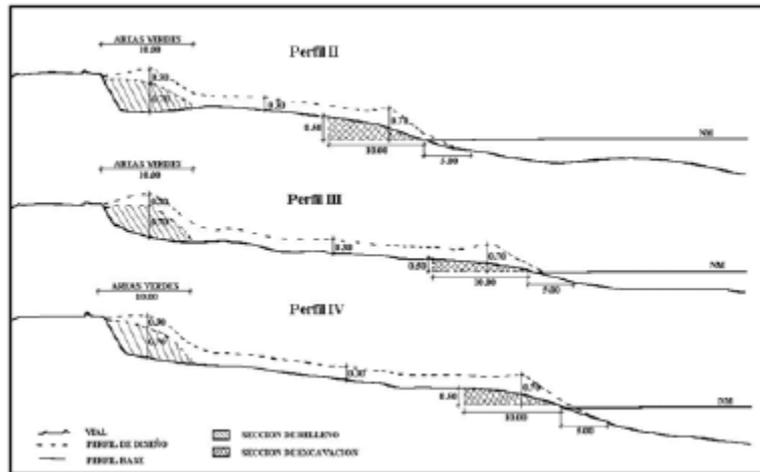


Fig. 3. Perfiles de diseño para el vertimiento de arena en la playa El Salto-Ganuza.

El proyecto concibió además la creación de una duna conformada con material de relleno en su núcleo con una capa de 0.30 m de espesor de arena, cubierta de vegetación típica de playa, la que tiene una función fundamentalmente estética y paisajística y como elemento retenedor de la arena transportada por el viento.

Para la conformación de la playa se calculó verter un volumen de 60 000 m<sup>3</sup> de arena, distribuidos a lo largo de 2 000 m de costa, con una densidad de 30 m<sup>3</sup> por metro lineal.

#### **Definición de las zonas de extracción de arena.**

Con el propósito de identificar una zona de préstamo adecuada para extraer este volumen de arena, se hizo una evaluación en áreas de la plataforma submarina de la cayería norte de Villa Clara, seleccionándose una zona localizada 2 millas al norte de Cayo Blanquital y a unas 22 millas del sector costero El Salto-Ganuza (Fig. 1), en profundidades entre 5 y 6 m, atendiendo a la calidad de la arena, la conservación del medio natural y a los costos de transportación.

La arena encontrada es de origen organógeno-carbonatada, formada por restos calcáreos de organismos bentónicos. Su composición granulométrica es de arena media bien clasificada, apropiada para playas de suaves pendientes como es el caso del sector costero El Salto-Ganuza.

De esta forma con la utilización de los bancos de arena al norte de Cayo Blanquital, está garantizada la fuente de abastecimiento para la creación de la playa artificial.

La ejecución del proyecto para la creación de la playa comenzó en mayo de 1988 y concluyó en junio de 1989. En la Foto 1 se muestran las condiciones del litoral antes de la ejecución del proyecto y en la Foto 2 se representa la conformación de la playa El Salto-Ganuza después de ejecutado el proyecto de alimentación artificial de arena, la que exhibe excelentes condiciones para el desarrollo de actividades recreativas y de baño.



Foto 1. Precarias condiciones de la playa antes de la ejecución del proyecto



**Foto 2.** Excelentes condiciones de la playa después de ejecutado el proyecto

### **Conclusiones**

1. Las condiciones naturales del sector costero El Salto Ganuja resultan favorables para el establecimiento del sistema playa y su consecuente estabilidad y conservación.
2. Las condiciones del relieve y el régimen hidrodinámico resultan propicias para el desarrollo de los procesos acumulativos, sin embargo la fuente de aporte de arena es insuficiente para formar litorales arenosos, definiéndose la aplicación de la alimentación artificial de arena como la solución más apropiada en la conformación de la playa.
3. Para la distribución y conformación de la arena se definen los perfiles de relleno de acuerdo a las oscilaciones erosión acumulación de un perfil natural al norte de la playa de Varadero y a las características físico-geográficas del sector costero El Salto Ganuja.

## **Referencias**

- Ionin, A., Y.A. Pavlidis y O. Avello. 1972. Relieve de la zona costera y sedimentos del fondo de la costa norte de Cuba en la región del archipiélago Sabana-Camagüey, Serie Oceanológica, Instituto de Oceanología, ACC, No. 12, 25 págs.
- Juanes, J.L., E. Ramírez y V.S. Medvedev. 1984. Dinámica de los sedimentos en la Península de Hicacos, Cuba. I. Variaciones morfológicas del perfil de playa, Ciencias de la Tierra y el Espacio, No 10 : 69 84.
- Leontiev, I.O. 1985. Sediment transport and beach equilibrium profile, Coastal Engineering, Netherlands, No. 9: 277 291.
- Lixt, F.P., A.N. Lerkachev, Y.D. Markov, Y.B. Vtkin. 1985. Tipificación litológico facial de la sedimentogénesis del mar de Japón (en ruso). Litología y minerales útiles, No. 4: 25 35.
- Pavlidis, Y.A., O. Avello. 1975. Sedimentos de la plataforma cubana. I. Golfo de Guanahacabibes. Serie Oceanológica No 30: 1 17.
- Zenkovich, V.P. 1962. Processes of Coastal Development, Oliver and Boyd, Edimburgo, 738 págs.