

Causas y alternativas para el control de los procesos de erosión en las playas.

Experiencias de las aplicaciones en la Región del Caribe

Ernesto TRISTÁ BARRERA, José Luís JUANES MARTÍ, Vladimir CABALLERO CAMEJO y Miguel IZQUIERDO ALVAREZ

Tristá, E., Juanes J.L., Caballero V. y Izquierdo M. 2012. Causas y alternativas para el control de los procesos de erosión en las playas. Experiencias de las aplicaciones en la Región del Caribe. En: Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á. Mir-Gual, M. y Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 241-255. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

La gestión
integrada de
playas y
dunas:
experiencias
en
Latinoamérica
y Europa

La mayoría de las playas a las que se asocian los principales núcleos turísticos del mundo están siendo afectadas, de forma generalizada, por los procesos de erosión. Con el interés de detener ese proceso se aplican diferentes alternativas, tanto legales: implementando normas, regulaciones y leyes con una función fundamentalmente preventiva, científicas: profundizando en el conocimiento del funcionamiento del sistema costero para establecer la relación causa-efecto entre los fenómenos que se producen y así garantizar la correcta identificación de las causas y magnitud de la erosión e ingenieras: encaminadas a la concepción y diseño de actuaciones para la protección y recuperación de la zona costera. En el presente artículo se muestran algunas experiencias de aplicaciones para el control de la erosión, donde se destaca la ejecución de la Alimentación Artificial de Arena, convertida, en el caso de las playas, en una solución de vanguardia para la regeneración y creación de litorales arenosos. En Cuba se han elaborado y ejecutado varios proyectos de Alimentación Artificial de Arena, destacándose el de un millón de metros cúbicos de arena vertidos en la playa de Varadero, principal polo turístico del país, considerado uno de los más exitosos y eficientes en la región del Caribe y en el ámbito mundial.

Palabras clave: Erosión, Playa, Sistema Costero, Ingeniería Costera, Alimentación Artificial de Playa.

CAUSES AND WAYS TO CONTROL THE PROCESSES OF BEACH EROSION. EXPERIENCES OF APPLICATIONS IN THE CARIBBEAN REGION. Most of the beaches to those that associate the main tourist resort of the world are being affected, in a widespread way, for the erosion processes. With the interest of stopping that process are applied different alternative, so much legal: implementing norms, regulations and laws with a fundamentally preventive function,

scientific: deepening in the knowledge of the operation of the coastal system to establish the relationship cause-effect among the phenomena that take place and this way to guarantee the correct identification of the causes and magnitude of the erosion and engineers: guided to the conception and design of performances for the protection and recovery of the coastal zone. Presently article some experiences of applications are shown for the control of the erosion, where it is stands out the execution of the Artificial Beach Nourishment, converted, in the case of the beaches, in a solution of vanguard for the protection, regeneration and creation of sandy coasts. In Cuba have been elaborated and executed several projects of Artificial Beach Nourishment, standing out the project of one million cubic meters of sand in the beach of Varadero, main tourist pole of country, considered one of the most successful and efficient executed in the region of the Caribbean and in the world environment.

Key words: *Erosion, Beach, Coastal System, Coastal Engineering, Artificial Beach Nourishment.*

Ernesto TRISTÁ BARRERA, José Luís JUANES MARTÍ, Vladimir CABALLERO CAMEJO y Miguel IZQUIERDO ALVAREZ, Departamento de Procesos Costeros. Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, Calle 1ra entre 184 y 186, Reparto Flores, Municipio Playa, Ciudad de la Habana, Cuba, Teléfonos: (537) 272-5417, 271-6008. E-mail: Ernesto@div.gamma.com.cu

Introducción

La erosión de las playas se observa en la actualidad en la mayoría de las costas de los mares y océanos de nuestro planeta, influyendo negativamente en el desarrollo de la actividad turística. En la generalidad de los casos este fenómeno se relaciona con el déficit en el abastecimiento natural de sedimento al Sistema Costero que no llega a compensar las pérdidas ocurridas durante los eventos hidrometeorológicos de alta energía.

Estas pérdidas están acompañadas del retroceso de la línea de costa, manifestándose a través del desplazamiento hacia tierra de los escarpes activos en las playas y dunas, considerado el ritmo de erosión de la playa, cuyo proceso se intensifica una vez que las olas impactan sobre instalaciones o estructuras rígidas construidas muy próximas a la línea de

costa, las que obstaculizan el funcionamiento natural de la playa.

La revisión del efecto de la erosión en diferentes regiones costeras del planeta, permite identificar valores de retroceso de la línea de costa en el orden de 0.7 a 9 m/año, para algunas islas de las Antillas Menores, las costas del Mar Negro, Gran Bretaña y del Pacífico de los Estados Unidos, reportados por Cambers (1985), Zenkovich y Schwartz (1988), Shusky y Schwartz (1988) y Park (1989). En Cuba, se han medido ritmos de erosión de 1.2 m/año, específicamente en la playa de Varadero (Juanes, 1996) y de 0.5 a 2.5 m/año en algunas playas interiores (Tristá, 2003).

Específicamente para la región del Caribe, donde el turismo asociado a las playas constituye la actividad económica fundamental, Cambers (1985), reporta ritmos de erosión con magnitudes considerables (Tabla 1).

País	Playa	Ritmo de erosión (m/año)
Barbados	Crane	2.2
Antigua	Darkwood	1.0
St. Kitts	Pump Bay	1.0
Granada	Grand Anse	0.7
St. Lucia	Vigie Bay	0.7
St. Vicente	Indian Bay	0.5
Nevis	Cotton Ground	0.5
México	Cancún	1.8
Jamaica	Negril	3.0

Tabla 1. Ritmos de erosión reportados para algunas playas del Caribe, Cambers (1985).

Table 1. Erosion rates reported for some beaches of the Caribbean, Cambers (1985).

La preocupación por la protección de las playas surge a consecuencia de los procesos de erosión que las afectan, la que se manifiesta de manera creciente con la desaparición de las propias playas y la destrucción de las instalaciones turísticas y los asentamientos humanos costeros.

Las acciones para controlar o atenuar los efectos de la erosión se basaron durante muchos años en criterios únicamente ingenieros sin considerar las verdaderas causas de la erosión, lo que provocó en muchos casos que las soluciones fueran más perjudiciales que beneficiosas.

Las experiencias alcanzadas en países desarrollados como Estados Unidos, Holanda y España entre otros, así como las propias experiencias cubanas y del Caribe, han permitido comprender la necesidad del estudio del Funcionamiento del Sistema Costero para la correcta identificación de las causas de la erosión y en correspondencia llegar a la acertada selección de las medidas de protección, recuperación o mantenimiento de las playas.

Causas y magnitud de los procesos de erosión

Conocer el Funcionamiento del Sistema Costero, en el caso particular de las playas, significa tener identificadas las fuentes de ingreso de arena, conocer el régimen hidrometeorológico responsable de su transportación y distribución en correspondencia con la geomorfología de la costa y la plataforma submarina y establecer los volúmenes y las vías de pérdidas del sedimento.

El desarrollo de los estudios acerca del balance sedimentario y el Funcionamiento del Sistema Costero ha permitido poner en evidencia que numerosas acciones del hombre en la zona costera constituyen en última instancia la principal causa de erosión de las playas.

Las actividades antrópicas que más inciden en la estabilidad de las playas son:

- a) Dragados con fines mineros en las playas y dunas
- b) Construcción de espigones de entradas a marinas y puertos
- c) Construcción de viales e Instalaciones turísticas sobre las dunas.
- d) Represamiento y desvío de ríos.

Para muchos autores la elevación del nivel del mar relacionada con los cambios Climáticos Globales, que a su vez dependen en buena medida de las propias acciones irreflexivas del hombre, constituye una de las causas naturales de la erosión de las playas que se observa a nivel mundial, a la que se suma el incremento de la frecuencia e intensidad de las tormentas, el déficit en los ingresos de arena y los ajustes tectónicos actuales de la corteza terrestre.

Según Cambers (1998), los impactos de cambio del clima en las playas caribeñas están dados por:

- a) El ascenso del nivel del mar y el incremento de la intensidad de los huracanes, aumentando el ritmo de erosión de las playas.
- b) El incremento de la acidificación del océano impactando desfavorablemente sobre los organismos marinos, tales como los corales y los moluscos que utilizan el carbonato de calcio para sus esqueletos, así como impactando sobre la formación de las rocas, como el Beachrock o roca de playa.
- c) El incremento de la temperatura del aire y el cambio de los patrones de las precipitaciones, impactando sobre la vegetación costera y los animales, por ejemplo las tortugas marinas, cuyo sexo está determinado por la temperatura de la arena en el período de incubación.

En el caso de las playas tropicales el deterioro de los Ecosistemas de Arrecifes, principales suministradores de arena a las playas, también constituye una causa de erosión. La razón de este deterioro no está claramente identificada pero se asocia con frecuencia a los efectos de la contaminación de las aguas y la elevación de la temperatura de los mares y océanos.

La identificación de las causas de la erosión y su distinción entre naturales y antrópicas, resulta confusa sobre todo en aquellas playas que presentan una significativa ocupación física del litoral y donde, independientemente de ello, se están produciendo los fenómenos naturales de elevación del nivel del mar y el impacto de las olas inducidas por tormentas severas.

La interrelación entre el impacto de los cambios climáticos y la actividad humana no parece estar claramente establecida. Sin embargo en la actualidad muchos estudios indican que la sobre explotación de los recursos, la contaminación, el déficit sedimentario y la urbanización desordenada, conducen a un

decrecimiento de la capacidad de recuperación de los sistemas costeros, afectando la capacidad natural de estos sistemas a adaptarse a los cambios, incluyendo las transformaciones físicas introducidas por el hombre en el entorno costero y el ascenso del nivel del mar (IPCC, 1992c).

El efecto provocado por las obras rígidas en las playas es resumido por Juanes *et al.* (1995), en los siguientes aspectos:

- a) Reflexión de la energía de las olas del mar, la cual puede barrer completamente la playa.
- b) Interferencia en los procesos costeros locales, afectando el sistema de corrientes litorales y por tanto la dirección del transporte de sedimentos.

Aunque el mecanismo erosivo de estos efectos resulta muy destructivo, su expresión física es en general muy simple. Como se ilustra en la Fig. 1, la energía de las olas del mar es reflejada sobre las estructuras rígidas localizadas muy próximas a la línea de costa, afectando el sistema de corriente litoral e induciendo un transporte de sedimentos intenso en dirección hacia el mar, alcanzando zonas profundas donde la arena de la playa sale del sistema de equilibrio natural (Juanes *et al.*, 1995).

En la Fig. 1 también se muestra el efecto disipador que presentan las playas frente al oleaje, cuando no existen obstáculos que interfieran la dinámica litoral. Al construir estructuras duras próximas a la orilla se le impone artificialmente a la playa un límite rígido en su parte superior, que generalmente está acompañado por la destrucción de la duna y el empuje de arena hacia el mar. Las dunas son precisamente la defensa natural más importante con que cuentan las playas en su parte emergida y la principal reserva de

arena de que disponen para su funcionamiento dinámico.

Los procesos de erosión se manifiestan en las playas de forma diferente, cuyos principales indicios se asocian a la aparición de:

- Escarpes de erosión en la duna.
- Afectaciones a las facilidades turísticas.
- Afloramiento de superficies rocosas.
- Afectación a la vegetación costera.

También se ha podido cuantificar la magnitud de la erosión, a través del control sistemático de la evolución de la costa, tomando como base los indicadores morfológicos y sedimentológicos propuestos por Jacobsen y Schwartz (1981) y midiendo el desplazamiento hacia tierra de la línea de escarpes, la afectación de la vegetación e instalaciones costeras, etc.

En la Fig. 2 se muestra, a modo de ejemplo, el cálculo del retroceso de la línea de costa en la playa La Pepilla, costa sur de La Habana, Cuba, atendiendo a la

significación que tienen los procesos de erosión en este sitio.

Como se observa en la Fig. 2, el perfil de playa correspondiente a junio de 1984 muestra una distancia de 30 m desde el punto de control topográfico hasta la línea de costa. Ya en el año 1993 la distancia es de 20 m, lo que significa la pérdida de una franja de 10 m de playa en 9 años, retrocediendo la costa a un ritmo de 1.10 metros por año. A solo 4 años desde que se realizó este perfil, o sea en 1997, la costa retrocedió otros 10 m para dejar la playa desprovista de arena, a un ritmo de 2.5 metros por año, de modo que se produjo un proceso erosivo acelerado a la vez que las olas comenzaron a incidir sobre las instalaciones ubicadas próximas a la costa.

El volumen de arena perdido calculado entre los perfiles correspondientes a 1984 y 1993, es de unos $15 \text{ m}^3 / \text{m}$ lineal de playa y entre los perfiles de 1993 y 1997 es de $24 \text{ m}^3 / \text{m}$ lineal, o sea que desde 1984 hasta 1997 La Pepilla ha sufrido pérdidas cercanas a los $20\,000 \text{ m}^3$ de arena.

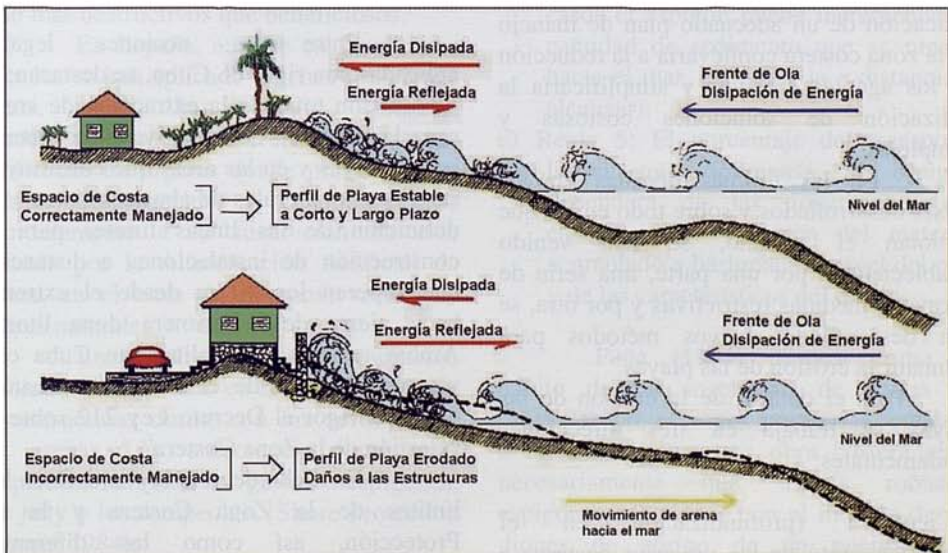


Fig. 1. Efecto de las olas en las playas, García (1994).

Fig. 1. Effect of the waves in the beaches, García (1994).

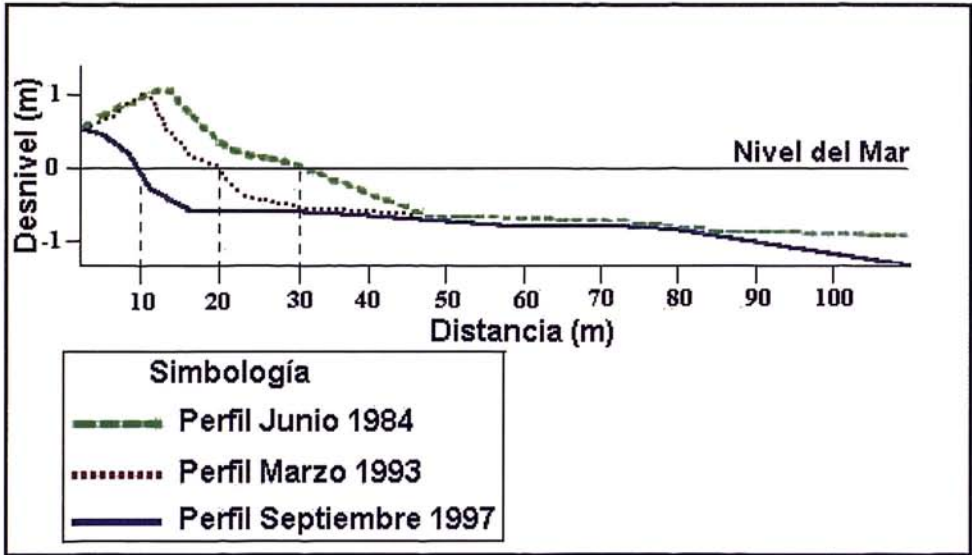


Fig. 2. Retroceso de la línea de costa en la playa La Pepilla (Tristá, 2003).

Fig. 2. Shore retreat in La Pepilla Beach (Tristá, 2003).

Aplicación de alternativas para el control de la erosión

Del análisis de las causas de la erosión de las playas se desprende que la aplicación de un adecuado plan de manejo de la zona costera conllevaría a la reducción de los agentes erosivos y simplificaría la utilización de soluciones costosas y complejas.

En las últimas décadas en los países desarrollados y sobre todo en los que explotan el turismo, se han venido estableciendo por una parte, una serie de normas y medidas restrictivas y por otra, se han desarrollado nuevos métodos para combatir la erosión de las playas.

Para el control de la erosión de las playas se trabaja en tres direcciones fundamentales:

a) Científica (profundización en el conocimiento de los procesos costeros e identificación de las causas y magnitud de la erosión).

- b) Legal (aplicación de normas, regulaciones y leyes).
- c) Ingeniera (Ejecución de actuaciones costeras para la recuperación y mantenimiento de playas).

Entre las acciones legales aplicadas con rigor en Cuba, se destacan: la prohibición total de la extracción de arena para la industria constructiva directamente en las playas y en las áreas que constituyen sus fuentes naturales de abastecimiento y la definición de las líneas límites para la construcción de instalaciones a distancias que superan los 40 m desde el extremo hacia tierra de la primera duna litoral. Ambas acciones se aplican en Cuba con mayor fuerza desde el año 2000, cuando entró en vigor el Decreto Ley 212 sobre la “Gestión de la Zona Costera”.

En dicho decreto ley se definen los límites de la Zona Costera y la de Protección, así como las diferentes restricciones de usos para los tipos principales de costa: Costa Acantilada,

Terraza baja, Costa baja de Manglar y playas.

Por su parte, en la dirección ingeniera, la erosión de las playas se ha enfrentado siguiendo tres tipos de soluciones:

- a) Soluciones duras (construcción de espigones, rompeolas, muros, etc.).
- b) Relocalización de instalaciones (retroceso en la ubicación de instalaciones).
- c) Soluciones blandas (alimentación artificial de playa).

Hasta el año 1981 en la República de Georgia en el Mar Negro, se habían invertido más de 70 millones de rublos en trabajos de protección de playas mediante la aplicación de soluciones duras sin recibir resultados positivos. Contrariamente a lo deseado en muchos casos el efecto de los espigones sirvió para acelerar la erosión.

De igual forma, la aplicación de soluciones duras a lo largo de más de un siglo en los Estados Unidos de América, ha conducido a reconocer que sus efectos han sido más destructivos que beneficiosos.

En España, aunque en las últimas décadas se han aplicado muchas soluciones duras, éstas han estado dirigidas fundamentalmente a la creación de playas artificiales en lugares donde prácticamente habían desaparecido y se ha pasado decididamente a la sustitución de este método por la Alimentación Artificial de Arena en el caso de la conservación de playas naturales.

En muchos casos la solución aplicada se ha basado en la combinación de las estructuras duras, con los vertimientos de arena. Las soluciones duras más empleadas han sido los groins o espigones, los jetty y los rompeolas, (Shore Protection Manual 1984).

Los espigones son estructuras de protección costera, regularmente construi-

das perpendicular a la costa, concebidas para atrapar el transporte litoral provocando la formación de playas protectoras, detener la erosión en playas ya existentes o evitar el transporte litoral de sedimentos hacia bahías y puertos. En el Shore protection Manual (1984), se han definido en forma de reglas algunos principios básicos para la definición de su utilización:

- a) Regla 1: Los espigones son utilizados sólo para interrumpir el transporte litoral.
- b) Regla 2: La configuración de la playa en las áreas aledañas a los espigones depende de la magnitud y dirección del transporte litoral.
- c) Regla 3: La acumulación inducida por el espigón en barlomar modificará el perfil de la playa, el cual tratará de restablecer su configuración natural.
- d) Regla 4: El agua empujada por las olas al interior de los espigones, puede en ocasiones retornar hacia el mar en forma de rip currents a lo largo de la cara de los espigones, (en algunos casos el espigón puede incrementar la cantidad de sedimento que se mueve hacia el mar, así como la a distancia a alcanzar).
- e) Regla 5: El porcentaje del transporte litoral que sobrepasa al espigón dependerá de las dimensiones del espigón, del volumen del material acumulado a barlomar, el nivel del mar y de las características del oleaje.

Peña (1994) destaca como el hábito de los ingenieros de costas de proyectar protecciones portuarias, condujo a la idea de que una obra costera tenía necesariamente que incluir robustos espigones calculados con el modelo de los diques de abrigo de un puerto. Esta tendencia generalizada en el mundo en los años 50 y 60 condujo a no pocos fracasos,

ocurridos tanto por la ineficiencia de las obras para solucionar la erosión de las playas, como por sus negativas influencias en los sectores aledaños y el deterioro paisajístico del litoral.

De manera opuesta a esta tendencia, desde los años setenta ha venido en ascenso la utilización de la alimentación artificial de arena, que si bien no en todos los casos su aplicación ha tenido resultados satisfactorios, es incuestionablemente ventajosa en lo que respecta a la conservación de las condiciones naturales de las playas (Manual on Artificial Beach Nourishment, 1990).

La selección de la alimentación artificial como técnica de avanzada para el mantenimiento de las playas naturales, se ha hecho tomando como base sus reconocidas ventajas ecológicas y estéticas con respecto a otras técnicas, National Research Council (1995, en Juanes 1996).

Los elementos que hacen factible la aplicación de la Alimentación Artificial de Arena en las playas son:

- a) No introduce cambios en las condiciones naturales de la playa.
- b) Restablece la arena perdida durante varios años, por lo que es de esperar una durabilidad aceptable de los volúmenes de aportación.
- c) Existencia de reservas de arena en tierra y la plataforma submarina.
- d) Los impactos ambientales en la playa son mínimos, al tratarse del restablecimiento de sus condiciones naturales con el ingreso de nueva arena.
- e) Los impactos ambientales en las áreas de dragado son mínimos, ya que se ubican por debajo de la primera terraza submarina, en profundidades superiores a los 10 m, cuya arena no interviene en el balance sedimentario de las playas.

En las últimas dos décadas la aplicación de la Alimentación Artificial de Arena se ha convertido en la alternativa más generalizada a nivel mundial. En la costa este, la costa del Golfo y en los Grandes Lagos de los Estados Unidos, se han producido 1.305 actuaciones de deposición o redeposición de arena en una extensión de 6.000 km. a un costo de 2.500 millones de dólares (Schwartz, 2006).

El mayor proyecto de restauración de playa en los Estados Unidos, fue iniciado por el Army Corps of Engineers entre los años 1979-1980 en las playas de Miami, Condado Dade. El proyecto consistió en la deposición de 13,5 millones de yardas cúbicas (10,3 millones de m³) en 9.3 millas de costa (15 km) para crear una nueva playa de 300 pies de ancho (91,4 m). De manera adicional se requiere de unas 211 000 yardas cúbicas anuales (161.330,6 m³) para el mantenimiento del ancho de playa deseado. El proyecto original tuvo un costo de 62 millones de dólares (Schwartz, 1990).

Algunas islas como St. Marten y Anquilla, han intentado restaurar sus playas alimentándolas con arena transportada desde la pendiente submarina. Estas medidas han tenido diferentes grados de éxitos. En Maunday' Bay en Anquilla, la playa fue alimentada tres veces durante el periodo 1995-1999, solo para reponer la arena lavada por los eventos y huracanes de alta energía en 1997, 1998 y 1999 (Cambers, 1998).

Estado actual y acciones de recuperación en las playas del Caribe

Las intervenciones de los Estados del Caribe en las diferentes reuniones de la Alianza de los Estados de las Pequeñas Islas del Caribe (AOSIS) y los Estados de las Pequeñas Islas en Desarrollo (SIDS), en los últimos años, han servido para destacar,

cada vez con más fuerza, el significado que tiene el Turismo en sus economías nacionales y el reto que representa desde el punto de vista ambiental, social y económico, alcanzar un desarrollo sustentable. Asimismo se ha puesto de manifiesto la importancia que tienen las playas como el principal recurso natural sobre el que se sustenta la actividad turística de esos países.

Las playas constituyen un importante recurso natural tanto para los estados continentales del Gran Caribe, como para los estados de las pequeñas islas en desarrollo. Sin embargo, para las Pequeñas Islas, la carencia de otros recursos como combustibles y minerales y escasa disponibilidad de recursos hídricos, hacen que la explotación turística de las playas se convierta en una actividad económica fundamental.

Lo que significa el turismo para esas economías puede apreciarse mejor a través de su contribución al PIB, (Producto Interno Bruto), donde en el caso de las Pequeñas Islas, con la excepción de Martinica y Trinidad y Tobago, el turismo representa porcentajes que varían entre 13.2% en Jamaica y 61.2% en Turcas y Caicos. Como promedio, para el Caribe en su conjunto, los ingresos del turismo representan el 24.31% del producto interno bruto de la región.

En contraste con la expansión del turismo por las playas, se producen cada vez con mayor magnitud y frecuencia, procesos de erosión que ocasionan severos daños a las instalaciones hoteleras y el deterioro ambiental de la costa, considerado un fenómeno generalizado e irreversible.

La evaluación de las causas, extensión e intensidad y de los procesos de erosión en las playas del Caribe, se ha hecho tomando como base los resultados del informe "Diagnóstico de los Procesos de Erosión en las Playas Arenosas del

Caribe" elaborado en el marco del Proyecto: "Alteración Física y Destrucción de Hábitat" del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Juanes *et al.*, 2003).

Un análisis inicial de los resultados del monitoreo de las playas del Caribe (Cambers, 1998), mostró que el 70% de ellas presentan indicio de erosión y el 30% se han acrecentado. El ritmo de erosión medio anual varía entre 0.27 m/año y 1.06 m/año. Como causas de erosión se han identificado tanto factores naturales como antropogénicos. Los factores naturales incluyen las grandes olas de invierno de las tormentas tropicales y de los huracanes y la elevación del nivel del mar. Entre los más importantes factores antropogénicos se identifican la actividad minera en el litoral, las instalaciones muy próximas a la línea de costa, incorrecta ubicación de defensas costeras y la destrucción de las barreras de arrecife.

De los factores naturales los huracanes constituyen el de mayor impacto erosivo. Por ejemplo, en Dominica en 1989, se produjo una intensa erosión al paso del Huracán Hugo, Cambers y James (1994, en Juanes 2003), que fue seguida por la acreción en los años 1990 y 1992. Sin embargo las playas nunca recuperaron las dimensiones que tenían antes del paso de los organismos ciclónicos que impactaron a Dominica en 1995.

Según el "Programa de Desarrollo de Turismo Internacional en Cuba" elaborado por el Instituto de Planificación Física en 1990, 25 polos turísticos fueron clasificados como "Playas en el Litoral" y 18 como "Playas en Cayos", para un total de 43 áreas de desarrollo turístico que ocupan 400 km. de sectores de playas a lo largo de todo el Archipiélago.

El análisis de las causas, extensión y magnitud de la erosión que afecta las costas arenosas cubanas se basa en el inventario de

171 playas, 103 en la costa Norte, (78 exteriores y 25 interiores) y 68 en la costa Sur, (52 exteriores y 16 interiores) Juanes (1996), Tristán (2003). Cuyo inventario muestra que del total de las 171 playas evaluadas, 153 presentan indicios de erosión para un 90% de playas afectadas en el país por este proceso.

Los procesos de erosión de las playas no solo se verifican en las islas caribeñas si no también en las costas continentales de nuestra región. Así es el caso de las playas colombianas, las que se extienden sobre más de 1.000 km, principalmente en la Guajira, entre Santa Marta y Cartagena, el golfo de Morrosquillo y hasta el golfo de Urabá.

La erosión marina ha sido la tendencia histórica dominante a lo largo de la mayoría de las playas colombianas con ritmos de erosión entre 0.5 m/año y 5 m/año. Las variaciones de la línea de costa en las cuatro últimas décadas han alcanzado más de un kilómetro en algunos sectores, principalmente entre los golfos de Morrosquillo (Fig. 3) y de Urabá, a velocidades promedio de retroceso de hasta 40 m/año, que pueden considerarse excepcionalmente altas, aun en el contexto mundial.

El destino turístico de Playa del Carmen en la Riviera Maya, Quintana Roo, México, está teniendo un acelerado crecimiento urbano y de la infraestructura hotelera; sin embargo, sus playas, principal recurso natural al que se asocia este desarrollo, sufren los efectos de la erosión costera.

El sector costero desde Tres Ríos hasta Playa Car, abarca unos 18 km de costa, de ellos 14 km corresponden a zonas de playas y unos 4 km a costa abrasiva de terraza baja, donde en general resulta apreciable una reducida franja de playa emergida de unos 5-10 m de ancho en los sitios de mayor amplitud, con una duna

poco desarrollada de altura variable que no excede 1 m. Aparecen con frecuencia escarpes de erosión cortando la duna litoral, los que marcan el retroceso de la línea de costa que progresivamente está ocurriendo en este tramo costero, acompañados por amplias superficies rocosas que afloran en la zona intermareal.



Fig. 3. Intenso proceso erosivo en las costas del golfo de Morrosquillo, Colombia.

Fig. 3. Erosive process Intense in the costs of the gulf of Morrosquillo, Colombia.

Por iniciativa del gobierno mexicano y con el objetivo de abrir una vía de ingreso en divisas al país, en 1970 se inicia el vertiginoso desarrollo de Cancún, uno de los polos turísticos más importantes del mundo.



Fig. 4. Ocupación de las dunas naturales por las instalaciones turísticas en Playa Cancún, México.

Fig. 4. Occupation of the natural dunes for the tourist facilities in Cancun Beach, Mexico.

La playa de Cancún se extiende linealmente a lo largo de 12 km, cubriendo el lado este de una isla barra con orientación noreste-suroeste en el litoral caribeño de la Península de Yucatán. La erosión de la playa de Cancún, provocada por el déficit en los ingresos naturales de arena y la elevación del nivel del mar, se ha visto considerablemente acelerada a consecuencia del efecto negativo que ocasiona en el balance sedimentario la sustitución de las dunas naturales por las instalaciones turísticas (Fig. 5).

El impacto que tiene el desarrollo hotelero de Cancún en los procesos de erosión de la playa, constituye uno de los ejemplos más notorios de la destrucción y alteración física que genera el hombre en la zona costera y un modelo que no debe replicarse sobre todo por las implicaciones negativa que tiene en el funcionamiento natural de las playas y en el incremento de los procesos erosivos.

La evaluación de la erosión en las playas del Caribe, demuestra el carácter generalizado de este fenómeno en las costas de la región, con una intensidad que varía entre ritmos de erosión próximos a 1m/año hasta 9m/año, aunque existen reportes puntuales de 40 m/año, cuyas causas están asociadas tanto a la ocurrencia de fenómenos naturales como por la incorrecta

actuación del hombre.

En contraste con los efectos que provocan los procesos de erosión en las playas, la industria turística se ha convertido en una de las principales fuentes de sustento para nuestros países, especialmente para los estados de las pequeñas islas en desarrollo. El Caribe se enfrenta a un mercado del turismo cada vez más competitivo, en el cual, el mantenimiento y recuperación de sus playas, constituye un factor comercial de primer orden.

La necesidad de lograr la rápida recuperación de las playas ha conducido a la aplicación de la Alimentación Artificial de arena como el método más efectivo para contrarrestar el déficit de los ingresos naturales y a la vez como la defensa más efectiva de las instalaciones turísticas amenazadas de destrucción a consecuencia de la erosión.

La Alimentación Artificial de Arena se ha convertido en la alternativa ingeniera más utilizada para devolverle a las playas los atractivos turísticos afectados por los procesos de erosión. En nuestra región geográfica se destacan varios ejemplos en la ejecución de proyectos de recuperación de playas donde se ha aplicado este procedimiento.



Fig. 5. Antes de la ejecución del proyecto de playa en el Blue Bay Club, Cancún, México.

Fig. 5. Before the execution of the beach project in the Blue Bay Club, Cancun, Mexico.



Fig. 6. Después de la ejecución del proyecto de playa en el Blue Bay Club, Cancún, México.

Fig. 6. After the execution of the beach project in the Blue Bay Club, Cancun, Mexico.

En general, las actuaciones costeras en las pequeñas islas del Caribe se han caracterizado por responder más a la iniciativa de propietarios aislados que a un programa de actuaciones costeras debidamente fundamentado y financiado por los gobiernos. Algunas islas como St. Marten y Anquilla, han intentado restaurar sus playas alimentándolas con arena transportada desde la pendiente submarina, con diferentes grados de éxitos. En Maunday' Bay en Anquilla, la playa fue alimentada tres veces durante el periodo 1995-1999, solo para reponer la arena erosionada por los eventos y huracanes de alta energía en 1997, 1998 y 1999.

Programas de recuperación de playas mucho más fundamentados, desde el punto de vista científico-técnico, se han venido implementando en las Playas de México, República Dominicana, Jamaica y Cuba.

En la Playa de Cancún, México, se ejecutó entre los meses de marzo-abril del año 2006, el vertimiento de 2 millones de m^3 de arena a lo largo de unos 12 km. de playa.

Acciones de menor magnitud se han ejecutando en la zona hotelera de Cancún, como es el caso del proyecto de recuperación de la playa del hotel Blue Bay Club en el año 2004, con el vertimiento de

$3.700 m^3$ de arena y la construcción de obras de defensa costera, recuperándose unos 200 m de playa (Figs. 6 y 7).

En la República Dominicana, se elaboraron y ejecutaron en el año 2006, cuatro proyectos de recuperación de playas, con el vertimiento de $1.340.000 m^3$ de arena, beneficiándose cerca de 12 km de playa en las principales zonas turísticas del país: Long Beach (Figs. 7 y 8), Dorada, Cabarete y Juan Dolio).

En Jamaica se elaboró en el 2005-2006 un proyecto ejecutivo para la protección costera de la península de Palisadoes, a través de la cual se accede al Aeropuerto Internacional de Kingston, consistente en el reforzamiento de la duna litoral con el uso de cantos de roca y el aporte de un millón de metros cúbicos de arena. La ejecución de este proyecto comenzó en el 2007, con la construcción parcial de un revestimiento de rocas en la parte emergida del litoral.

Se prevé para el año 2008, completar la ejecución del proyecto de Palisadoes y comenzar la elaboración de proyectos ejecutivos para la recuperación de 9 playas con interés turístico, financiadas por la Corporación de Desarrollo Urbano de Jamaica, las que se relacionan a continuación:



Fig. 7. Antes del Vertimiento de Arena en Playa Long Beach, República Dominicana.

Fig. 7. Before the fill of Sand in Beach Long Beach, Dominican Republic.



Fig. 8. Después del Vertimiento de Arena en Playa Long Beach, República Dominicana.

Fig. 8. After the fill of Sand in Beach Long Beach Dominican Republic.



Fig. 9. Antes del vertimiento de 1998 en la playa de Varadero.
Fig. 9. Before the fill of sand of 1998 in the Varadero Beach. "Blankevoort".



Fig. 10. Después del vertimiento de 1998 en la playa de Varadero.
Fig. 10. After the fill of sand of 1998 in the Varadero Beach.

- a) Dunn's River Beach (Ocho Ríos)
- b) Long Bay Beach (Negril)
- c) Blue Field (Westmoreland)
- d) Waterfront (Montego Bay)
- e) Pier One (Montego Bay)
- f) Laughing Water Beach (Ocho Ríos)
- g) Fort Clarence Beach (Costa W de Kingston)
- h) Sand Hills (Costa W de Kingston)
- i) Two Sisters Caves (Costa W de Kingston)

Frente al mismo desafío de restaurar las playas de interés turístico y social, en Cuba se han desarrollado en los últimos 20 años los más exitosos proyectos de Alimentación Artificial de Arena en la región del Caribe:

- a) Elaboración y ejecución de los proyectos ejecutivos de las 7 campañas de vertimientos de arena en la playa de Varadero, desde 1987 hasta 1998, con el aporte a la playa de 1.810.835 m³.
- b) Vertimiento de 183.000 m³ de arena en las playa de Estero Ciego,
- c) Pesquero Nuevo y Don Lino en la provincia de Holguín, entre 1998 y 1999.

- d) Vertimiento de 460.000 m³ de arena en el extremo este de la Península de Hicacos, entre los años 2003 y 2004.
- e) Vertimiento de 20.000 m³ de arena en la playa de Guardalavaca, Holguín para trabajos de mantenimiento entre 2001-2007.
- f) Proyectos de Alimentación Artificial de Arena de menor magnitud han sido ejecutados en el Salto y Ganuza en Villa Clara (1989), Las Canas en Pinar del Río (1991) y Caibarién (2005), con el aporte total de unos 80.000 m³ de arena.
- g) En el verano del 2008 se ejecuta el vertimiento de 622.500 m³ de arena en la playa de Varadero, que beneficia unos 7 km de playa.

Entre ellos se destaca la ejecución del vertimiento de 1.087.835 m³ de arena en la playa de Varadero en 1998 (Figs. 9 y 10), con el uso de una draga de succión en marcha de la compañía de dragados holandesa

No menos importantes constituyen las 6 campañas de vertimiento de arena llevadas a cabo con la draga de succión en marcha cubana "Quality Star", desde 1987 hasta 1997 con el aporte a la playa de

Varadero de 723.000 m³, para un total de 1.810.835 m³ de arena vertida.

Entre los años 2003-2004, se realizó el vertimiento de 460 000 m³ de arena en el sector de Varahicacos, playa de Varadero, con la DSM cubana "Quality Star" y la draga estacionaria "30 Aniversario" como estación de rebombeo, beneficiándose unos 4 km de playa.

En la actualidad se trabaja en Cuba en la implementación de un Programa Inversionista que considera la elaboración de proyectos para la recuperación de playas, la ejecución de obras complementarias y el vertimiento de arena en la playa de Varadero, El Paso en Cayo Guillermo, Las Coloradas y Larga en Cayo Coco y Guardalavaca, Estero Ciego y Yuraguanal en Holguín, a ejecutarse entre 2008-2010, con un aporte total de 2.014.900 m³.

Como acción principal de esos proyectos se concibe la aplicación de la "Alimentación Artificial de Arena", la cual se basa en el relleno artificial de la playa con la arena dragada en los depósitos formados por el material que se escapa de ellas en momentos de fuertes oleajes. Consiste de hecho, en devolverle a la playa en breve tiempo, la arena perdida durante varios años o décadas.

Bibliografía

- Cambers, G. 1985. Coast and Beach Stability in the Eastern Caribbean Islands. Editorial UNESCO. 95 pp.
- Cambers, G. 1996. Towards Integrated Coastal Zone Management in Small Island States. Chapter in Small Islands: Marine Science and Sustainable Development, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies No. 51: 467 pp.
- Cambers, G. 1998. Coping with Beach Erosion. Editorial UNESCO. 119 pp.
- Cambers, G. 1998. Planning for coastline change. 3. Coastal development setback guidelines in St. Lucia. Report prepared for UNESCO-CSI and the University of Puerto Rico Sea Grant College Program. 69 pp.
- Decreto Ley 212. 2000. Gestión de la Zona Costera. Gaceta Oficial de la República de Cuba del 8 de agosto del año 2000.
- Huston, J.R. 2002. The Economic Value of Beaches- A 2002 Update. Shore and Beach. Vol. 70, No 1: 9-12.
- Jacobsen, E. y Schwartz, M. L. 1981. The Use of Geomorphic Indicators to Determine the Direction of Net Shore-Drift. Shore and Beach, 49(4): 38-43.
- Juanes, J.L., Tristán, E., Izquierdo, M., Caballero, V., Cabrera, J.A. y Zúñiga, A. 2003. Diagnóstico de los procesos de erosión en las playas arenosas del Caribe. Reporte de la UNEP/ROLAC. Programa Global de Acción. Proyecto: Alteración Física y Destrucción de Hábitat. 105 pp.
- Juanes, J. L. 1996. La Erosión en las Playas de Cuba. Alternativas para su Control. Tesis de Doctorado. Instituto de Oceanología. 150 pp.
- Leonard, L. A., Dixon, K. L. y Pilkey, D. H. 1990. A comparison of beach replenishment on the U.S. Atlantic, Pacific and Gulf coast. Journal of Coastal Research, Special Issue. (6): 127-140.
- Manual on Artificial Beach Nourishment. 1990. Center for Civil Engineering Research, Codes and Specifications/ Delft Hydraulics Laboratory, (ed). Report (130): 352 pp. Holland.
- Park, J. 1989. Inlet and Beach. News Letter, 1 (1).
- Peña, C. 1994. Seminario Hispano-Cubano sobre Gestión y Actuaciones en la Costa. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente de España. (ed). 350 pp. España.
- Schwartz, M. L. 1990. Beach Nourishment in the United State. Conferencia II Congreso de Ciencias del mar, la Habana, Cuba.
- Schwartz, M. L. 2006. The Encyclopaedia of Beaches and Coastal Environments. ISBN 0-387-30843-1. Berlin: Springer. 1211 pp.
- Seminario Hispano-Cubano. 1994. Gestión y Actuaciones en la Costa. Conferencias sobre procesos litorales. 180 pp.
- Shore Protection Manual. 1984. Coastal Engineering Research Center. US Army. USA. 1280 pp.

- Shuiskey, Y. D. y Schwartz, M. L. 1988. Human impact and rates of shore retreat along the black sea coast. *Journal of Coastal Research* 4, 405-416 pp.
- Tristá, E. 2003. Evaluación de los Procesos de Erosión en las Playas Interiores de Cuba. Tesis de Doctorado. Instituto de Oceanología. 217 pp.
- Zenkovich, V. P. y Schwartz, M. L. 1988. Restoration of the Georgian S. S. R. Coast. *Journal Shore and Beach*, 56(1): 8-12.