

Dinámica de los sedimentos en la Península de Hicacos, Cuba. I. Variaciones morfológicas del perfil de playa

JOSÉ LUIS JUANES, ELÍAS RAMÍREZ, y V. S. MEDVEDIEV

RESUMEN

Se establecen las características generales de las variaciones morfológicas que se presentan en la zona litoral de la Península de Hicacos, después de un estudio sistemático del perfil de playa durante 3 años. Se pone de manifiesto que dichas variaciones están estrechamente relacionadas con los cambios periódicos en el régimen hidrodinámico de las aguas adyacentes y también, con las diferencias espaciales en la orientación y configuración de la línea de costa. Se presenta una tabla resumen con los cuatro tipos de variaciones estudiadas, sus principales características, y su efecto directo en el perfil de playa. Se dan los primeros pasos para lograr una tabla de clasificación general de los tipos de variaciones morfológicas de las playas de Cuba que resultará de particular importancia para la mejor utilización de este valioso recurso turístico.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente aparición de pinos derribados por el embate del oleaje, la formación de escarpes de erosión, y la presencia de superficies rocosas lavadas por las olas, son indicios de los procesos de abrasión que han afectado a la Playa de Varadero en los últimos años.

Con el objetivo de investigar los factores que provocan tales afectaciones, se creó una comisión, en diciembre de 1977, integrada por diferentes organismos del Estado. En el marco de esa comisión, el Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Cuba inició, en 1978, estudios de la dinámica de la costa en la Península de Hicacos; dichos estudios continúan en la actualidad.

El presente trabajo es el primero de una serie de artículos que recogen los resultados alcanzados en esos estudios, en el período de abril de 1978 a julio de 1981.

Manuscrito aprobado en julio de 1984.

J. L. Juanes y E. Ramírez pertenecen al Instituto de Oceanología, de la Academia de Ciencias de Cuba. V. S. Medvediev pertenece al Instituto de Oceanología, de la Academia de Ciencias de la URSS.

Se persigue como objetivo mostrar las características de las variaciones morfológicas temporales y espaciales, del perfil de playa, como uno de los elementos principales para determinar su estado de conservación. Además, forma parte del objetivo crear una tabla, resumen de las características observadas, que resultará una guía metodológica para abordar futuras investigaciones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de las variaciones morfológicas en la Playa de Varadero se inició en abril de 1978, mediante nivelaciones efectuadas con cabillas de 1,5 m de longitud y 3 cm de diámetro, clavadas cada 2 m en la zona de playa, en línea perpendicular a la costa. El número de cabillas en cada hilera dependía del ancho de la playa, desde el escarpe permanente de la misma hasta la línea de marea baja. La comparación de las mediciones de longitud realizadas desde la punta libre de la cabilla hasta la superficie arenosa permitió obtener las variaciones del nivel de arena en el perfil de la playa y, por tanto, las variaciones morfológicas del mismo.

Los perfiles de cabillas se establecieron a 50 y 500 m al E de los espigones de entrada del Canal de Paso Malo (Fig. 1). En ellos se hicieron mediciones mensuales desde abril hasta diciembre de 1978, en períodos continuos, con

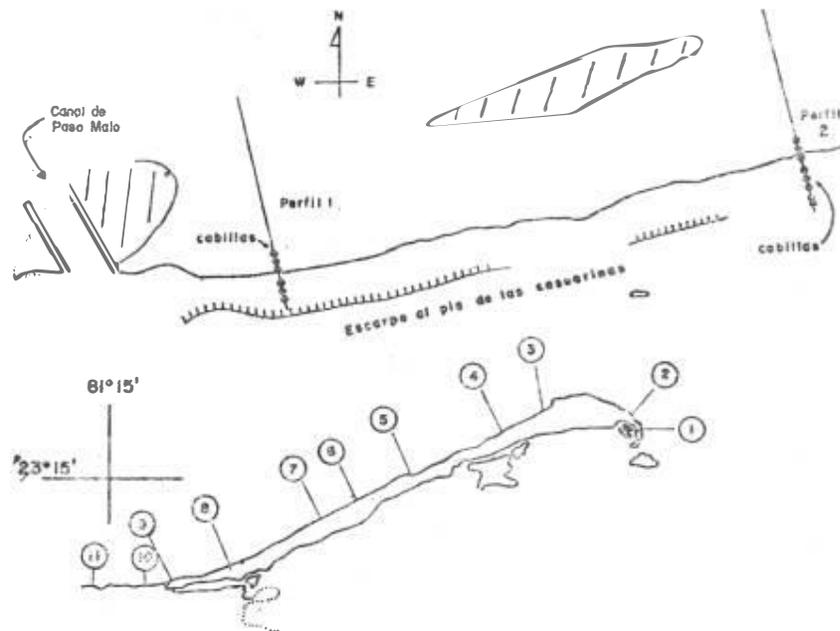


FIG. 1. Arriba: ubicación de los perfiles de cabillas a 50 y 500 m al E del Canal de Paso Malo (escala 1:5 000). Abajo: Distribución de los perfiles de playa a lo largo de la Península Hicacos (escala 1:150 000): (1) N de Punta Molás; (2) N de Punta Lisa Segunda; (3) Rincón Francés; (4) Los Taínos; (5) Las Américas; (6) Villa Cuba; (7) Caney; (8) Tortuga; (9) Canal de Paso Malo; (10) Hotel Oasis; (11) La conchita.

mínimos de 3 días y máximos de 18, como ocurrió del 27 de mayo al 14 de junio. No fue posible completar 1 año de mediciones porque, con la entrada de los primeros frentes fríos en el mes de diciembre, el oleaje arrastró un número considerable de cabillas.

Con el objetivo de estudiar las variaciones a largo plazo, a partir de noviembre de 1978 se repitieron mensualmente nivelaciones con teodolito a lo largo de la Península de Hicacos. Estas nivelaciones se realizaron en los siguientes lugares: *N* de Punta Molas, *N* de Punta Lisa Segunda, Rincón Francés, Los Taínos, Las Américas, Villa Cuba, Restaurante Caney, Villa Tortuga, *E* del Canal de Paso Malo, Hotel Oasis, y La Conchita (Fig. 1). En todos los perfiles se establecieron puntos duros para la colocación del instrumento, lo que garantizó la comparación de las nivelaciones obtenidas en distintas fechas.

La distribución de estos puntos, a lo largo de la Península, se hizo con el interés de conocer las diferencias espaciales en la evolución de los perfiles, principalmente las que se producen por cambios en la orientación de la línea de costa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios en la morfología del perfil de playa dependen del resultado del intercambio de material que se establece entre la berma y las barras sumergidas. Cuando se incrementa la acción de las olas sobre la playa, el mayor arrastre de sedimentos se produce de la berma hacia el mar, y se establecen transformaciones de carácter erosivo. Posteriormente, con la acción de olas de menor energía es mayor el desplazamiento de arena hacia la berma, y se generan en el perfil formas típicas de acumulación (ZENKOVICH, 1962; SHEPARD, 1967; KOMAR, 1976).

Los procesos de erosión y acumulación se alternan, y conducen a la idea de que existe un ciclo de playa determinado por una serie de transiciones, que van desde el perfil de máxima erosión hasta el de máxima acumulación, y viceversa.

SONU (1973) demostró que este ciclo puede producirse durante las perturbaciones de una tormenta aislada y el período de disipación que le sigue, en un plazo de tiempo relativamente corto. Con mucha frecuencia, también se ha observado que la aparición de tormentas sucesivas impide que el ciclo llegue a completarse; esto provoca un mayor efecto erosivo en el perfil de playa y, en consecuencia, un período de recuperación mucho más largo, posterior a las tormentas sucesivas.

De esta forma, se puede establecer un ciclo de playa a largo plazo, que depende de la presencia de un período de tormentas continuas, y de un período de calmas o tormentas espaciadas, fenómenos asociados en realidad a los cambios climáticos en el régimen de los vientos.

Para las playas del litoral noroccidental de Cuba, el período de tormentas continuas está asociado a los meses de invierno, durante los cuales se produce la entrada de los frentes fríos con fuertes vientos del cuarto cuadrante. El perfil de playa en esos momentos se caracteriza por la ausencia de berma, por una superficie lineal con suave pendiente, y por ser regularmente cóncavo hacia arriba.

Durante los meses de verano se produce la recuperación del perfil, aún cuando se generan tormentas esporádicas que presentan por sí solas un ciclo a corto plazo. El perfil de playa en este período se caracteriza por una berma bien definida; es cóncavo hacia abajo, y su superficie es ondulada, con ligera pendiente hacia tierra, y marcada pendiente hacia el mar. Sin embargo, cuando se generan ciclos a corto plazo, se pueden producir modificaciones en el perfil en contraposición con las características de la estación climática, lo que dificulta la correcta interpretación de los cambios observados.

Por esta razón, para establecer el ciclo estacional o el ciclo anual de una playa, resulta necesario el estudio comparativo del efecto de las variaciones a corto y largo plazos, con el interés de descubrir los rasgos propios que las caracterizan.

Por las mediciones hechas en Varadero durante 1978, mediante los perfiles de cabillas, se comprobó la aparición de ciclos de corta duración, a través de los cuales se observaron algunas características particulares para las variaciones a corto plazo. La Fig. 2 (Tabla 1) muestra las variaciones que se produjeron los días 5, 6, y 7 de mayo en el perfil de cabillas no. 1. Las mediciones hechas en esos días pusieron de manifiesto la pérdida de arena ocurrida del 5 al 6 de mayo en todas las cabillas situadas en la pendiente del perfil hacia el mar (anteplaya). En la cabilla no. 6 se produjo la mayor diferencia en 24 horas, con un valor de 41 cm, la máxima registrada durante 1978. Sin embargo, del día 6 al 7, en las mismas cabillas, se produjo una rápida acumulación de arena, con la consecuente remodelación del perfil de playa.

Al analizar las características del oleaje y del viento, antes y durante los días mencionados, se observó que a partir del día 4 de mayo comenzaron a arribar a la playa olas de mar de fondo, provenientes del NW, con una altura entre 0,4 y 0,5 m, las cuales, en horas de la mañana del día 6, alcanzaban hasta 1,5 m. A partir de ese instante se inició un rápido cambio hacia el NNE, en la dirección del ángulo de incidencia del oleaje, con alturas de olas entre 0,4 y 0,5 m. Durante todo ese tiempo el viento se mantuvo proveniente de tierra, con velocidades menores de 4 m/seg, y en consecuencia con ninguna influencia en el sistema de oleaje. Por ello el movimiento de arena en esos días, y las consecuentes variaciones morfológicas en el perfil

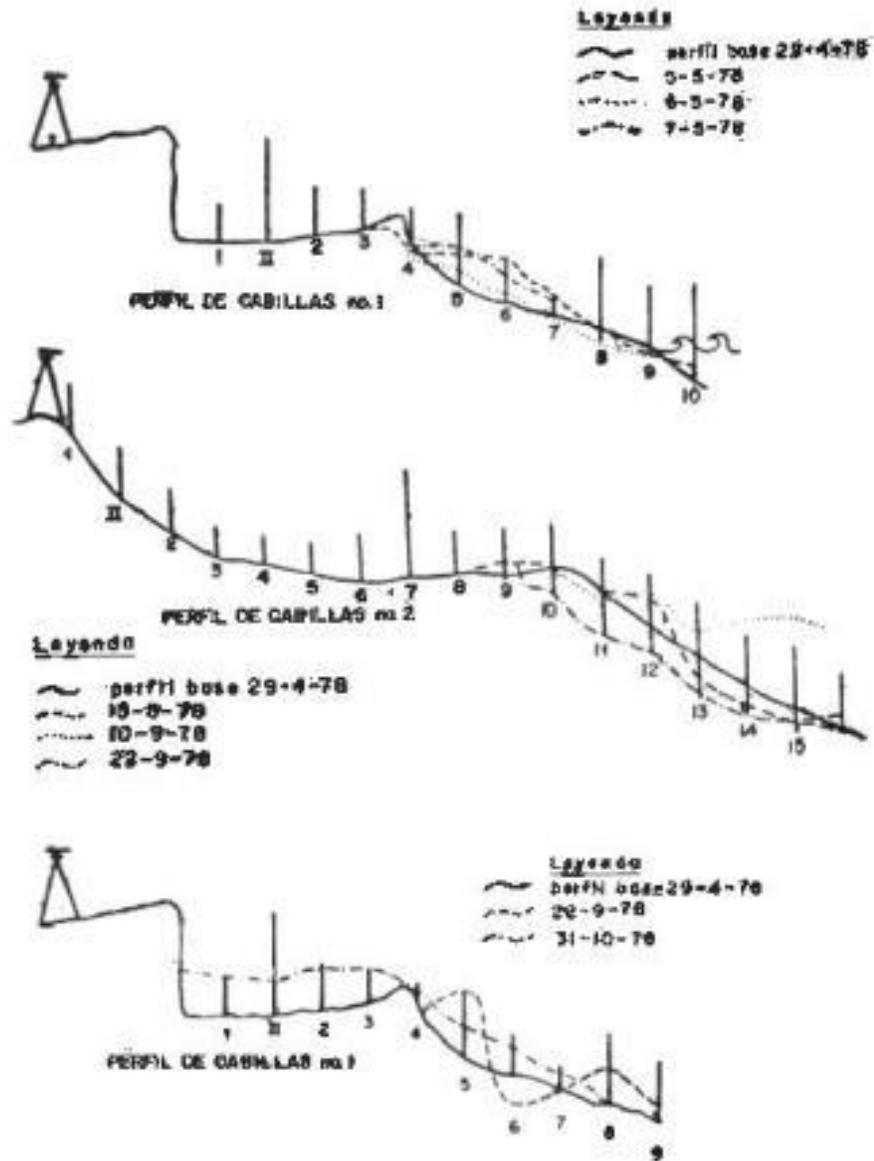


FIG. 2. Variaciones morfológicas de los perfiles de cabillas 1 y 2, ocurridas en 24 horas (arriba) y en varios días (centro y abajo), como consecuencia de cambios operados en los parámetros de las olas (escala vertical: 1 cm = 0,5 m; escala horizontal: 1 cm = 2 m).

TABLA 1. Lectura de las cabillas en los perfiles. Tendencias: acumulación (*); erosión (**). Medición realizada por encima de la cabilla al cubrirla la arena (+).

Perfil no. 1 (Fig. 2)

| Cabillas | May. 5 | May. 6 | Diferencia | May. 6 | May. 7 | Diferencia |
|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 5 | 40 | 58 | 18** | 58 | 40 | 18* |
| 6 | 0 | 41 | 41** | 41 | 20 | 21* |
| 7 | 0 | 28 | 28** | 28 | 3 | 25* |
| 8 | 76 | 92 | 16** | 92 | 76 | 16* |
| 9 | 78 | 78 | 0** | 78 | 78 | 0* |
| 10 | 92 | 103 | 11** | 103 | 93 | 10* |

Perfil no. 2 (Fig. 2)

| Cabillas | Ago. 15 | Sep. 10 | Diferencia | Sep. 10 | Sep. 22 | Diferencia |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 10 | 42 | 40 | 2* | 40 | 70 | 30** |
| 11 | 37 | 42 | 5* | 42 | 81 | 39** |
| 12 | 30 | 22 | 8* | 22 | 88 | 66** |
| 13 | 77 | 28 | 49* | 28 | | |
| 14 | 75 | +17 | 92* | +17 | 84 | 101** |
| 15 | 76 | +32 | 108* | +32 | 72 | 104** |

Perfil no. 1 (Fig. 2)

| Cabillas | Sep. 22 | Oct. 31 | Diferencia |
|----------|------------|------------|------------|
| 1 | 34 | +2 | 36* |
| II | 126 | 84 | 42* |
| 2 | 45 | 7 | 38* |
| 3 | 39 | 4 | 35* |
| 4 | 29 | 10 | 19* |
| 5 | 6 | 40 | 34** |
| 6 | 76 | 17 | 59* |
| 7 | 28 | 6 | 22* |
| 8 | 39 | 74 | 35** |
| 9 | 44 | 65 | 21** |

de playa, deben ser atribuidos al cambio en el ángulo de incidencia de las olas. En este ejemplo se observó que las variaciones en los niveles de arena tuvieron lugar en las cabillas situadas en la pendiente del perfil hacia el mar, sin que se afectaran las que se encontraban en su parte superior (posplaya).

La Fig. 2 (Tabla 1) muestra también las variaciones ocurridas en el perfil de cabillas no. 2, del 15 de agosto al 10 de setiembre, y de ese día al 22 del mismo mes. En el primer período, el perfil evolucionó en correspondencia con la estación climática del año; esto trajo como resultado una sensible acumulación de arena y la conservación de la configuración del perfil de verano. Sin embargo, en el período comprendido entre el 10 y el 22 de setiembre, el perfil estuvo sometido a procesos que provocaron pérdida de arena y, en consecuencia, visibles variaciones morfológicas, como son la formación de un escarpe activo por erosión y la desaparición de la berma. A pesar de estas afectaciones, las variaciones solo tuvieron lugar en las cabillas situadas en la anteplaya, mientras que los niveles de arena en la posplaya se mantuvieron aproximadamente constantes hasta el mes de enero; en dicho mes, cayeron las cabillas próximas al mar y comenzaron a disminuir los niveles de arena en las restantes, con lo cual aparecieron las características propias del perfil de invierno.

Por otra parte, la Fig. 2 (Tabla 1) presenta la variación en el perfil de cabillas no. 1, entre el 22 de setiembre y el 31 de octubre de 1978, como muestra de las modificaciones que sufre un perfil cuando comienza a ser atacado por frecuentes tormentas. Es posible observar cómo el 31 de octubre los niveles de arena en la posplaya del perfil han aumentado considerablemente, mientras en la anteplaya la redistribución de la arena ha provocado el aplanamiento de la misma y la desaparición de las formas onduladas.

Aún cuando el número de mediciones en las cabillas cada mes fue insuficiente para establecer criterios estadísticos en cuanto a la frecuencia de los ciclos de corta duración, se observó la aparición de ellos en cualquier mes y con diferentes períodos de duración. Los ejemplos mencionados demuestran, además, que los ciclos de corta duración provocan pocas afectaciones en la posplaya, y el perfil permanece cóncavo hacia abajo. Estas dos últimas características constituyen una diferencia morfológica entre las variaciones a corto y a largo plazos.

Por otra parte, para el estudio de las variaciones a largo plazo, se analizó el comportamiento mensual del perfil de playa en diferentes puntos a lo largo de la Península.

La Fig. 3 presenta los perfiles de máxima acumulación, correspondientes a los meses de noviembre de 1978, octubre de 1979, y

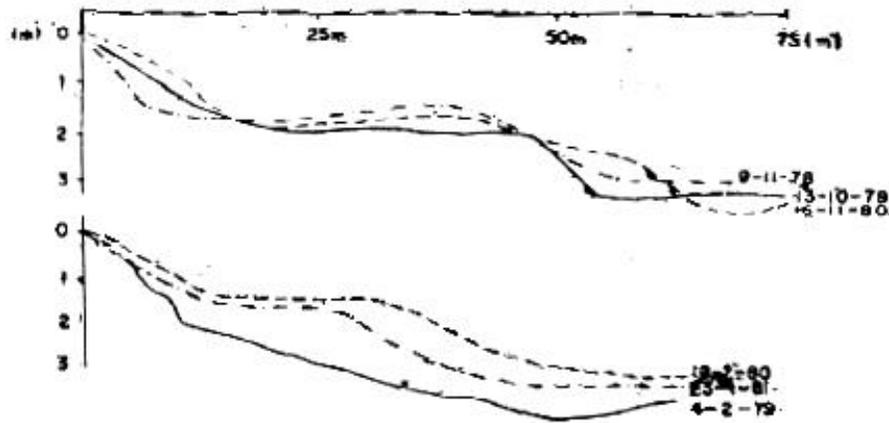


FIG. 3. Evolución del perfil de playa en Las Américas, en 3 años sucesivos. Arriba: perfil de máxima acumulación (1978-1980); abajo: perfil de máxima erosión (1979-1981).

noviembre de 1980. En todos se puede apreciar, perfectamente definida, la configuración propia del verano, y pueden ser considerados como el resultado de los procesos que tuvieron lugar durante el verano de cada uno de esos años.

La Fig. 3 muestra también los perfiles de máxima erosión de invierno, correspondientes al mes de febrero de 1979, febrero de 1980, y enero de 1981. A pesar de la notable diferencia que existe entre el perfil de 1979 y los de 1980 y 1981, todos representan las características del perfil de invierno. Nótese cómo los perfiles correspondientes a la época de acumulación son cóncavos hacia abajo, mientras los correspondientes al período de erosión aparecen cóncavos hacia arriba.

La Fig. 4 muestra que la mayor diferencia entre el perfil de máxima acumulación y el de máxima erosión, en años sucesivos, se produjo entre el mes de noviembre de 1978 y el de febrero de 1979, como índice de la intensidad de los procesos de erosión que tuvieron lugar durante el invierno de 1978 a 1979.

Se pudo comprobar que los perfiles de playa, en lugares como Rincón Francés, Los Taínos, Villa Cuba, Restaurante Caney, Villa Tortuga, E del canal de Paso Malo, Hotel Oasis, y La Conchita, presentaron una evolución similar a la del perfil de Las Américas. Entre ellos existen diferencias en cuanto a la fuerza con que rompen las olas, la velocidad de recuperación de la playa, y el momento en que se produce la máxima erosión como consecuencia de condiciones locales; pero, en sentido general, todos se comportan de la misma forma.

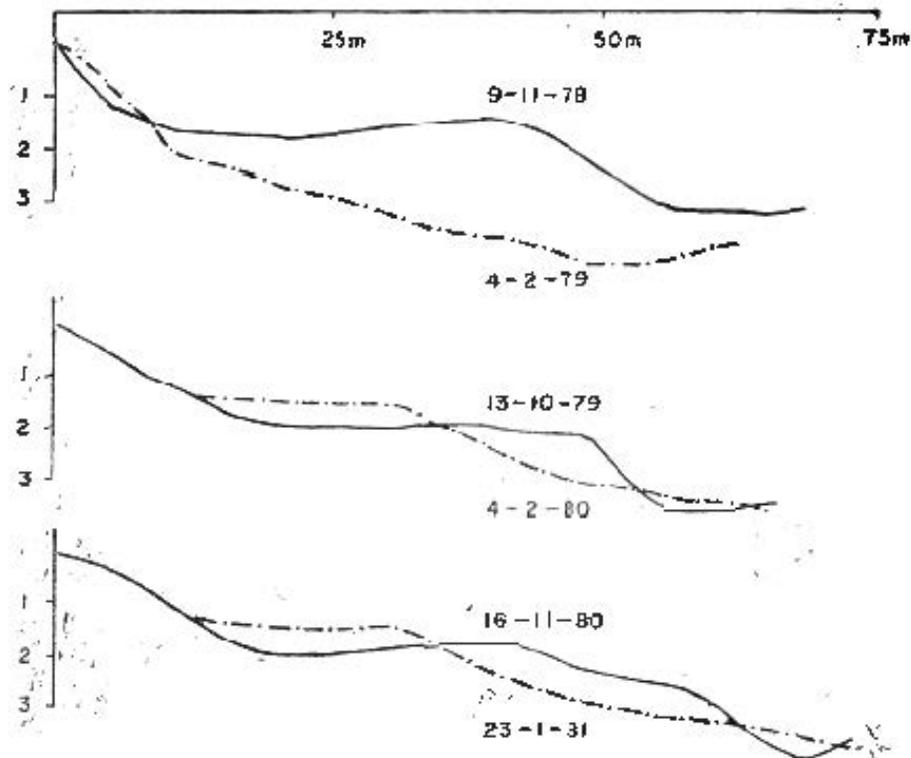


FIG. 4. Comparación entre perfiles de invierno y de verano en años sucesivos (1978-1981), en la playa Las Américas. Línea continua, perfil de máxima acumulación; línea discontinua, perfil de máxima erosión.

Como se ha podido apreciar, las variaciones a largo plazo se caracterizaron por marcadas transformaciones morfológicas en todo el perfil y por cambios en la concavidad del mismo.

Sin embargo, las variaciones morfológicas de una playa dependen principalmente de la interacción entre factores tales como el oleaje, el viento, las mareas, el relieve del fondo, y la configuración de la línea de costa. Todos ellos se combinan de diversas maneras; y los efectos resultantes sobre el perfil son imprevisibles por el momento. Por ello resulta imposible mostrar las variaciones estacionales del perfil de playa con un ciclo continuo y uniforme.

SONU (1973) demostró que el ciclo de las playas depende, en primer lugar, de las perturbaciones de las tormentas continuas, como lo evidencia claramente el litoral de Varadero, donde la máxima erosión está asociada a los meses de invierno (Fig. 3). En este caso, las tormentas continuas se originan por el arribo de los frentes fríos, cuyas olas actúan sobre la costa con altura superior a 1,5 m.

En general, la frecuencia con que se producen los frentes fríos no permite la remodelación del perfil entre tormenta y tormenta,

y, en consecuencia, se origina la configuración típica de invierno. El perfil de máxima erosión puede formarse en muy breve tiempo, sin que exista un período previo de cambios uniformes.

Además, no es posible afirmar que durante tormentas de verano excepcionales, como por ejemplo el paso de un ciclón, no se produzcan modificaciones tan significativas como las provocadas por los frentes fríos.

Debe destacarse que durante el presente estudio, se observó este tipo de fenómeno en los meses de abril y mayo de 1980, en los que el perfil adquirió la configuración de invierno y niveles de arena inferiores a los de febrero de ese mismo año.

De esta manera, el ciclo de las variaciones más probables a largo plazo, desde la Conchita hasta Rincón Francés, contempla que la máxima erosión y la configuración del perfil de invierno se producen preferentemente en los meses de diciembre, enero, y febrero. El período de marzo a octubre o noviembre debe ser de recuperación y conformación del perfil de verano.

En estos estudios también es importante atender a las variaciones que aparecen entre los perfiles próximos uno al otro, como consecuencia de los cambios en la configuración de la línea de la costa. SONU (1973) observó que, asociados a la topografía rítmica de la línea de costa, aparecen perfiles con características de erosión a muy poca distancia de otros con características de acumulación; lo que demuestra que el comportamiento de un perfil, en un momento y lugar determinado, está fuertemente influenciado por la configuración de la línea de costa.

En Varadero no se han hecho estudios sistemáticos de la formación de topografías rítmicas, pero su presencia se ha observado en diferentes oportunidades. Esto no es, en lo absoluto, sorprendente, pues la playa reúne las condiciones necesarias para su formación. SONU (1973) explicó que estas condiciones son: la pendiente suave del fondo, la abundancia de sedimentos de playa, y el predominio de la acción oblicua de las olas. Se sugirió el nombre de topografía rítmica para distinguir este tipo de forma de los ordinarios "cups" de playa, los cuales son de menor tamaño y se encuentran principalmente relacionados con las características de la parte emergida.

En Varadero se ha observado, en algunas ocasiones, que los entrantes hacia tierra de la línea de costa sinusoidal de la topografía rítmica (valles), se han originado en lugares donde existen construcciones sobre la playa, lo cual ha facilitado que las olas choquen con éstas, y se produzca erosión en el lugar. Esta situación se puede gene-

rar durante el verano, cuando la playa en general se ve afectada por la acumulación de arena (Fig. 5).

Un ejemplo de lo explicado se ha descubierto en Villa La Herradura, donde con frecuencia se produce el valle de la forma rítmica y el consecuente choque de las olas contra los muros del hotel, con lo cual se produce el lavado del perfil de playa y el afloramiento de superficies rocosas.

De esta manera se ha comprobado que las construcciones próximas a la orilla también pueden ser perjudiciales no solo en los períodos de tormenta, en los que su influencia negativa es bien conocida, sino también en los períodos de acumulación.

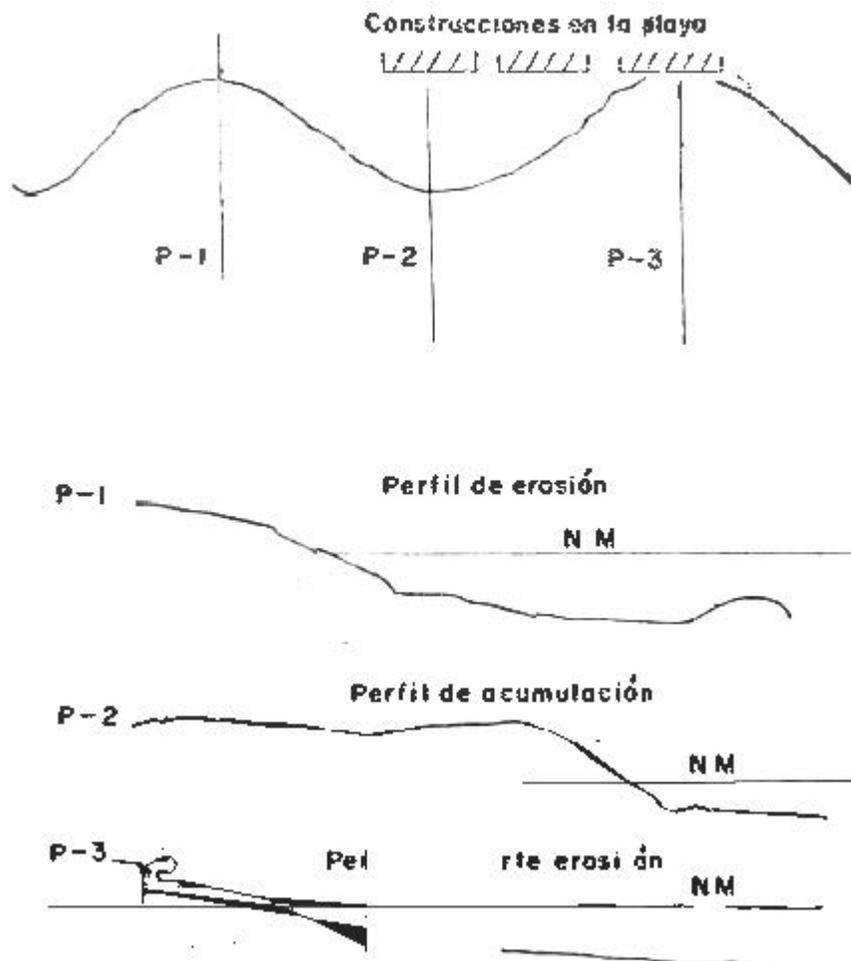


Fig. 5. Efecto de las formas rítmicas sobre los perfiles de playa.

Los cambios en la orientación de la línea de costa resultan otro factor de carácter espacial que influye significativamente en la evolución del perfil de playa. La Fig. 6, donde se representa la evolución del perfil al N de Punta Molas, muestra cómo en este lugar se produjo la máxima acumulación durante el invierno, y la máxima erosión en el verano, a diferencia de la mayor parte de la península, según se ha explicado con anterioridad.

Debe tenerse en cuenta que los perfiles obtenidos desde La Conchita hasta el Rincón Francés se encuentran situados en una línea de costa que conserva en toda su extensión una orientación de aproximadamente 70°. En esa zona la erosión se produce durante la entrada

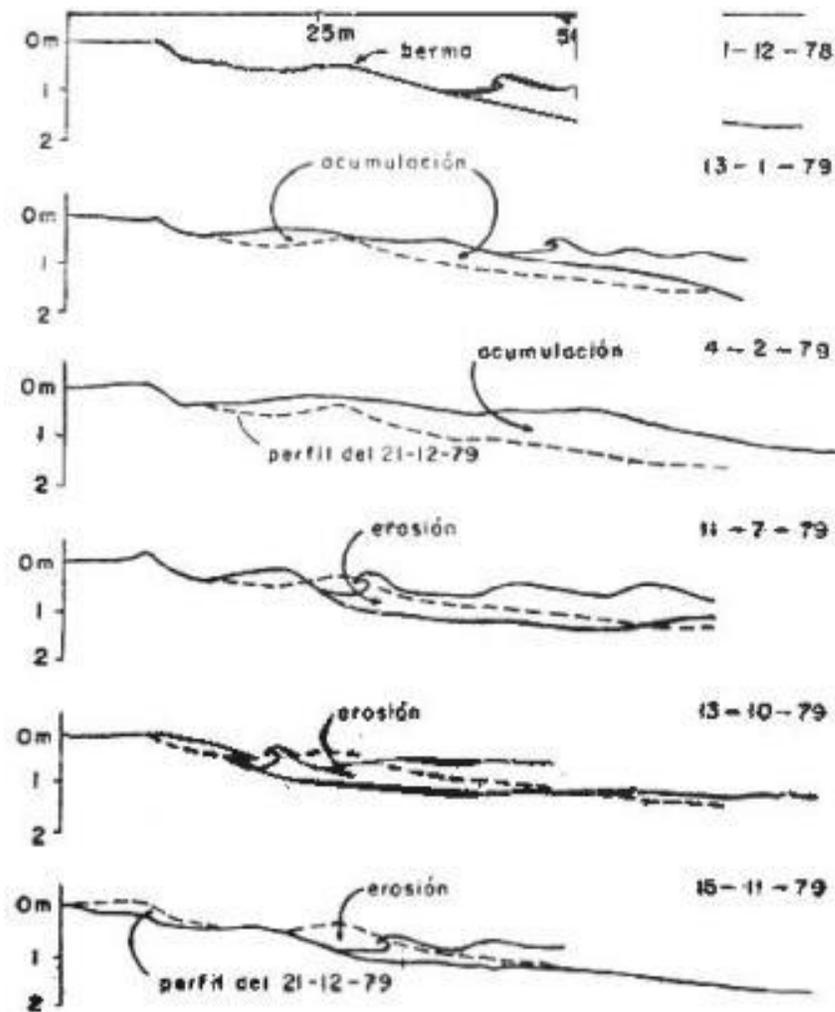


FIG. 6. Evolución del perfil de playa al N de Punta Molas (1978-1979).

de los frentes fríos, cuando los vientos soplan del cuarto cuadrante, y generan olas que actúan directamente sobre la línea de costa, con un ángulo comprendido entre 270° y 335° (Fig. 7). Sin embargo, los perfiles al N de Punta Lisa Segunda y Punta Molas, se encuentran situados en una línea de costa con orientación de 120° , sobre la cual el oleaje que procede del cuarto cuadrante no actúa directamente. Durante la entrada de los frentes fríos, las olas refractadas llegan a esta región con muy poca energía, y facilitan la acumulación de arena sobre la orilla.

En los meses de verano, el sistema se comporta de manera opuesta. Cuando los vientos soplan en las direcciones entre el ENE y el ESE, con intensidades superiores a 4 m/seg, la erosión actúa sobre la zona entre Punta Molas y Punta Hicacos, mientras que los perfiles, en el resto de la Península, demuestran que hay acumulación (Fig. 7).

La diferencia en la evolución del perfil de playa en los dos tramos de costa mencionados, constituye un claro ejemplo de las variaciones espaciales que pueden existir entre dos perfiles como consecuencia de cambios en la orientación de la línea de costa.

Estos resultados sugieren la idea de que, durante el invierno, la arena erosionada en la zona entre La Conchita y Rincón Francés

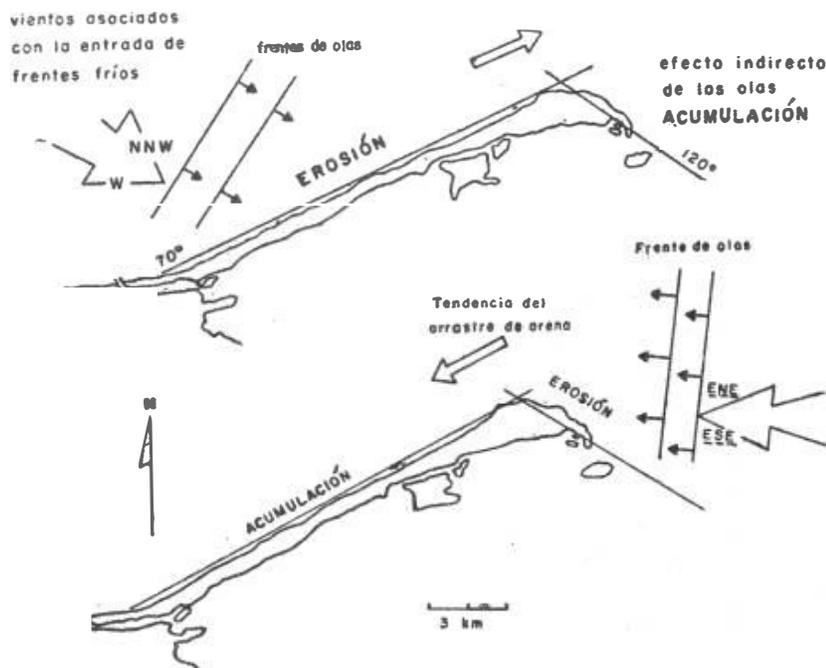


FIG. 7. Efecto de las olas sobre la Península Hicacos en invierno (arriba) y en verano (abajo).

TABLA 2. Variaciones morfológicas del perfil de playa.

| Principales características | Tipo de afectación morfológica |
|--|---|
| <i>Variación temporal de corta duración</i> | |
| Se produce en cualquier mes y con diferentes períodos de duración. Está determinada por los más simples cambios en el ángulo de incidencia y en la altura de las olas | Los cambios se producen principalmente en la anteplaya del perfil. Regularmente no modifican las características estacionales del perfil. Poca afectación en las barras submarinas |
| <i>Variación temporal a largo plazo (ciclo anual)</i> | |
| Máxima erosión del perfil en los meses de enero, febrero y marzo. Máxima acumulación en setiembre, octubre y noviembre. Está determinada por la continua presencia de los frentes fríos en invierno, y por el espaciamiento de tormentas durante el verano | Modificación total del perfil de playa. En invierno, ausencia de berma, superficie lineal con suave pendiente y perfil cóncavo hacia arriba. En verano, berma bien definida, superficie ondulada con ligera pendiente hacia tierra, y marcada pendiente hacia el mar; perfil cóncavo hacia abajo. Movimiento en las barras submarinas |
| <i>Variación espacial por cambios en la configuración de la línea de costa</i> | |
| Asociada a la topografía rítmica de la línea de costa. Alternancia de perfiles de erosión y acumulación a lo largo de la playa | Los cambios se producen principalmente en la anteplaya. Con frecuencia no modifican totalmente las características estacionales del perfil |
| <i>Variación espacial por cambios en la orientación de la línea de costa</i> | |
| Diferencias considerables, y en ocasiones antagónicas, en el comportamiento del ciclo anual de los perfiles de playa | Modificación total del perfil de acuerdo con el ciclo anual |

es transportada hacia el *E* y se acumula entre Punta Molas y Punta Hicacos; sin embargo, en el verano la arena se desplaza en sentido contrario. Pero el movimiento de la arena no se produce solamente a lo largo de la costa, sino que, con el ataque de las olas de tormenta, una parte es llevada a mayores profundidades, para retornar lentamente a la orilla en época de calma. En ocasiones, parte de esa arena se pierde por el borde de la plataforma o se litifica en cuencas con poco movimiento de las aguas; de esta forma escapa del balance de los sedimentos (O. Avello, A. Iionin, V. S. Medvediev, e Y. Pavlidis, inédito).¹ Por esta razón, no es posible asegurar que el volumen de arena transportada hacia la zona entre Punta Molas y Punta Hicacos durante el invierno sea igual al que se desplaza en sentido contrario durante el verano.

¹ "Formas estructurales del relieve del *shelf* en el mar tropical, Península de Hicacos, costa *N* de Cuba." Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba, 1974.

Los resultados de las investigaciones acerca de las variaciones morfológicas del perfil de playa en Varadero aparecen resumidos en la Tabla 2. En ella se presentan los cuatro tipos de variaciones estudiadas, sus principales características, y el tipo de afectación morfológica que provocan.

4. CONCLUSIONES

- a) Las variaciones morfológicas temporales a corto plazo del perfil de playa se presentaron a lo largo de todo el año 1978, con una frecuencia indeterminada, bajo el efecto de los más simples cambios en el ángulo de incidencia y en la altura de las olas, así como de su combinación con otros factores, como las mareas y la topografía del fondo. Estos cambios en el régimen hidrodinámico se reflejan en la morfología del perfil, con variaciones ocurridas principalmente en la anteplaya y, en ocasiones, con marcada significación. No obstante estas variaciones, las características propias de los perfiles de acumulación, como son la concavidad hacia abajo y la presencia de berma, estuvieron presentes durante todo el verano de 1978.
- b) Las variaciones a largo plazo estuvieron relacionadas con los períodos de invierno. Durante estos períodos, la continua entrada de los frentes fríos no permite la recuperación del perfil y, en consecuencia, se origina la configuración típica de invierno y el instante de máxima erosión.
- c) El ciclo de las variaciones a largo plazo, desde La Conchita hasta Rincón Francés, podría considerarse de forma que el decrecimiento del perfil se produjera perfectamente en los meses de diciembre, enero y febrero, y el crecimiento, desde mayo hasta noviembre.
- d) Para el tramo de costa desde Punta Molas a Punta Hicacos, el ciclo anual se comporta de manera inversa, ya que manifiesta variaciones espaciales que dependen de los cambios en la orientación de la línea de costa.
- e) Las variaciones morfológicas, como consecuencia de la formación de la topografía rítmica en la línea de costa, pueden provocar erosión en lugares donde existen construcciones costeras, aún durante los meses de verano; lo cual enfatiza el carácter perjudicial de dichas construcciones.
- f) Los resultados demuestran que durante el tiempo de las investigaciones no se produjeron en la Playa de Varadero variaciones morfológicas fuera de los ciclos naturales que la afectan.

RECONOCIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento a los dibujantes de la Sección de Fotografía y Dibujo, del Instituto de Oceanología, de la Academia de Ciencias de Cuba, por su labor, que forma parte esencial de los materiales de este trabajo.

REFERENCIAS

- KOMAR, P. D. (1976): Beach Profiles. En *Beach processes and sedimentations*. Prentice Hall, Nueva Jersey, pp. 288-324.
- SHEPARD, F. P. (1967): Nuestras playas transitorias. En *La tierra bajo el mar*. Ediciones Omega, Barcelona, pp. 59-72.
- SONU, Ch. J. (1973): Three dimensional beach changes. *J. Geol.*, 81:42-64.
- ZENKOVICH, V. P. (1962): The elements of the coastal zone above. En *Processes of coastal development*, Oliver and Boyd, Edimburgo, pp. 257-296.

DYNAMICS OF SEDIMENTS AT THE HICACOS PENINSULA, CUBA. I. MORPHOLOGICAL VARIATIONS OF THE BEACH PROFILE

ABSTRACT

Through a 3-years study of the beach profile of the littoral zone of Hicacos' Peninsula, the general characteristics of its morphological variations are established. It is shown that those variations are closely related to the periodical changes in the hydrological regime of adjacent waters and the spatial differences in the orientation and configuration of the coastal line. An abstractable with the four types of variations studied, their main characteristics, and their direct effect on the beach profile, form part of the results. These represent the first steps towards a general classification table of the types of morphological variations of Cuban beaches, which shall be of special importance for the best utilization of this valuable touristic resource.