



Influencia de los procesos geológicos en la morfología costera del municipio de Moa

Pedro L. Polanco Almaguer

Carrera: Ingeniería geológica.

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

Resumen: Se caracterizaron los procesos geológicos costeros del municipio de Moa, a partir de la intensidad y distribución espacial de los mismos, lo que permitió establecer el grado de afectación de estos a la morfología costera. Se caracterizaron los rasgos morfológicos del litoral y los procesos de erosión y sedimentación que condicionan la morfología costera, implementando un Sistema de Información Geográfica que permitió calcular tasas de erosión/sedimentación. Se confirmó que la morfología costera del municipio de Moa está asociada directamente con la naturaleza de los procesos tectónicos que conforma costas de relieve bajo y drenaje bien desarrollado, sometidas a baja acción de oleaje y que acumulan gran cantidad de sedimentos.

Palabras clave: Procesos geológicos costeros; morfología costera; procesos tectónicos.

Influence of the geological processes on the morphology of the coast of Moa

Abstract: This investigation includes a characterization based on intensity and spatial distribution of the geological processes that take place in the coast of Moa in order to identify to what extent they have affected the morphology of the coast. It also includes a characterization of the coastal morphological features as well as the erosive and depositional activities that influence coastal morphology. Erosion and settling rates were calculated using a Geographic Information System. The results confirmed that the morphology of the coast of Moa is directly associated with the nature of the tectonic processes that have developed a coast of low relief and well developed drainage systems subject to little wave action and with large accumulations of sediments.

Key words: Coastal geological processes; coastal morphology; tectonic processes.

Introducción

A lo largo de las últimas décadas se ha producido un aumento en el impacto de los procesos naturales y antrópicos de las costas y, por tanto, de los riesgos costeros que estos ocasionan. Este interés está relacionado con un posible incremento en la frecuencia de los eventos geodinámicos de superficie potenciados por las actividades antrópicas que afectan la morfología y dinámica litoral. Las zonas litorales asumen, por un lado, los riesgos geológicos característicos de áreas continentales como la erosión y sedimentación fluvial, y por otro, los riesgos propios de ambientes costeros, controlados por los agentes marinos como olas, corrientes, mareas y oscilaciones del nivel del mar, además de los riesgos comunes a ambas zonas, como son los sismos y volcanes. Esta variedad de agentes revela la complejidad de procesos en relación con la dinámica geológica de los medios litorales.

A lo anterior debe sumarse la incertidumbre de los impactos que generará el calentamiento global, dentro de los cuales se destaca el ascenso del nivel del mar que puede alcanzar entre 25 cm y 60 cm, a nivel global, para finales de este siglo, aún cuando la magnitud todavía se desconoce.

Partiendo de esta reflexión se caracterizan los rasgos morfológicos en la zona litoral así como los procesos geológicos que influyen en la morfología costera del municipio de Moa, aludiendo especialmente a los procesos exógenos.

Características de los rasgos morfológicos del litoral del municipio de Moa

La zona costera del municipio de Moa constituye un ambiente altamente dinámico y cambiante donde los procesos se desarrollan a una elevada velocidad, fundamentalmente en los sectores bajos. Resulta, por tanto, imprescindible conocer su evolución y los agentes que actúan sobre su dinámica, para poder predecir, en un futuro cercano, con la garantía, las tendencias de la costa.

El relieve costero del municipio de Moa está constituido por:

Bahías: Bahía de Cañete, Bahía de Yaguaneque, Bahía Cayo Moa, Bahía Yaguasey, Bahía de Yamanigüey y Bahía de Jaraguá.

Puntas: Punta Guarico, Punta Reventazón, Punta de Piedra, Punta el Majá, Punta Cabagán, Punta Manatí, Punta Coca, Punta Carnero, Punta Yaguasey, Punta La Fábrica, Punta Río Moa, Punta Yagrumaje, Punta Mangle y Punta del Mangle.

Ensenadas: Ensenada Varias Aguas y Ensenada de Vaca.

Cayos: Cayo del Medio, Cayo Los Perros, Cayo Moa Grande y Cayo Burro.

Playas: Playa El Muerto y Playa Jiguaní.

Flechas: Flecha Jiguaní.

Bocas: Boca Cabañas y Boca del Río Jiguaní.

Para ello, en primer lugar, y como se explica anteriormente, se concreta la zona de actuación de esta dinámica, dividiendo el objeto de estudio en seis sectores:

I. Punta Mangle

II. Punta Guarico

III. Punta Cabagán

IV. Cayo del Medio

V. Cayo Moa Grande

VI. Cayo Burro

La línea de costa de estos sectores se considera como el espacio en el que interaccionan los ambientes terrestres y marinos, con un ancho variable, la cual está sujeta a sucesivos cambios a lo largo del tiempo. Por este motivo, su delimitación es muy difícil y los límites consisten muchas veces en cambios graduales entre uno u otro ambiente, considerando la línea de mareas.

Procesos geológicos que condicionan la morfología costera en Moa

Los agentes principales que actúan sobre las costas y que influyen en su modelado son las olas, las corrientes marinas y las mareas. Estas dan lugar a erosión o acumulación de sedimentos y provocan cambios en las mismas.

Para estudiar la morfología costera se parte de determinar la influencia que generan los procesos geológicos, pero en este caso en particular se le presta atención a los procesos exógenos asociados a la acción del oleaje generado por el viento y las mareas que desarrollan los procesos erosivos y acumulativos costeros.

Los procesos geológicos exógenos característicos del litoral de la región de estudio son muy variados y muestran una gran complejidad debido a la relación entre erosión y sedimentación que se produce en las diferentes zonas de la costa.

Los agentes morfo-genéticos principales de origen marino son el oleaje y las corrientes litorales asociadas a él, así como las mareas. El primero de ellos presenta una gran variabilidad. Para esta región existe un oleaje de baja magnitud, dado por la presencia de la barrera arrecifal que condiciona que el rompiente se encuentre alejado de la costa y solo lleguen olas secundarias, amortiguadas, siendo la erosión poco intensa y solo perceptible frente a la bocana principal al este de Cayo Moa Grande. En correspondencia con los bajos niveles de erosión, la sedimentación se hace mayor. En cuanto a las mareas presentan en general una menor energía, con rangos de oscilación media de tres metros, dando lugar a la formación de una estrecha franja de llanuras de mareas y zonas palustres litorales.

En estas condiciones la sedimentación se produce porque el flujo de las corrientes mareales alcanza un valor mínimo. Esto sucede básicamente cada vez que el nivel del mar alcanza su máximo (pleamar, con depósito en la llanura supramareal). El resultado de todo este proceso es una progresiva colmatación de los entrantes de costas.

Las causas de los procesos de erosión y sedimentación de las costas de Moa son muy variadas y complejas, ligadas tanto a procesos naturales como a actuaciones antrópicas inadecuadas. Dentro de las causas de origen natural se encuentran las oscilaciones relativas del nivel del mar, a escala de decenas o cientos de años, que inciden sobre el equilibrio de la línea de costa.

Otro factor que incide en la dinámica del litoral moense es la incidencia de temporales que pueden ocasionar pérdidas importantes de sedimentos en periodos de tiempo muy breves.

Las corrientes litorales generadas por vientos, olas y mareas, transportan sedimentos a lo largo de la costa, favoreciendo la erosión o la sedimentación, en dependencia de factores locales y de los cursos fluviales, que constituyen la principal fuente de aporte de sedimentos a la costa, donde son redistribuidos por las corrientes litorales. Esto implica que cualquier alteración en los ríos o en sus cuencas receptoras generará variaciones en la cantidad de sedimentos.

Producto de actuaciones humanas como la minería, la deforestación y la roturación del suelo para prácticas agrícolas, se acelera la erosión de los suelos y aumenta el transporte de sedimentos hacia la costa, ocurriendo la progradación en deltas y playas. En Moa existen evidencias de una progradación costera generalizada a consecuencia de la deforestación asociada a las labores mineras y que se pone de manifiesto en el avance de deltas y flechas.

A continuación se describen las características geomorfológicas, tectónicas (Figura 1) y las tasas de erosión/sedimentación calculadas en cada uno de los sectores:

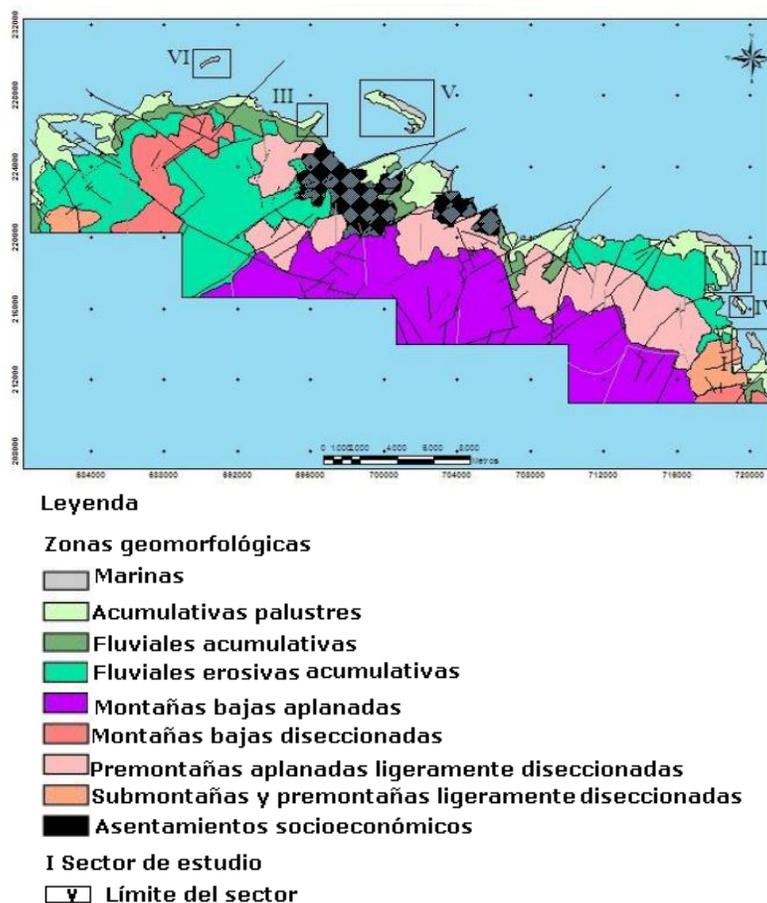


Figura 1. Mapa de ubicación de sectores. Escala 1:50 000 (Modificado de Rodríguez, 1998).

I. Punta Mangle. Las mayores variaciones ocurren en la zona de llanuras marinas en la parte norte (Figura 2), en la cual se observa un avance de la línea de costa de 266,87 m (P1), para una tasa de sedimentación de 5,80 m/año.

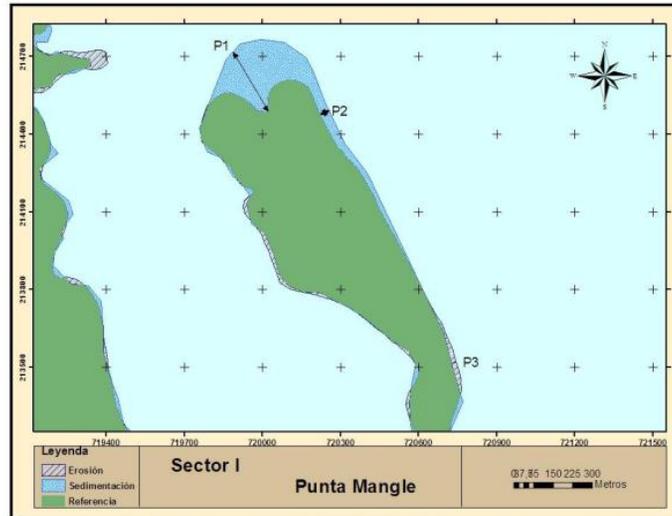


Figura 2. Mapa geomorfológico del sector I, Punta Mangle. Escala original 1:25 000.

En el sector P2 la costa avanzó solo 37,58 m, para una tasa de 0,82/año y continúa disminuyendo hacia el sur. En la zona del istmo (P3) se observa un ligero retroceso de 17,70 m, correspondiente a la zona de llanura acumulativa palustre, con tasa de erosión de 0,38 m/año. Esta variación se comprueba durante los trabajos de campo, por la presencia de restos de troncos de árboles y afloramientos de arena consolidada (*beach rock*) en zonas sumergidas. El sector es afectado por fallas de rumbo noreste y noroeste y morfotectónicamente pertenecen al bloque Cupey (Rodríguez, 1998), que presenta una intensidad relativa de levantamiento media y que en la actualidad se mueve con dirección predominantemente sureste.



Figura 3. Resto de casuarina en zona inundada por el mar, evidencia del retroceso de la costa en el sector sur de Punta Mangle.



Figura 4. Afloramiento de arena consolidada (*beach rock*).

II. Punta Guarico. Hacia el este predominan las llanuras con desarrollo intenso de los procesos erosivos originados por la acción del oleaje (Figura 5), alcanzando valores de 68,86 m (P5); 73,03 m (P4); 76,95 m (P7) y 100,93 m (P6) m de retroceso de la costa y tasas de erosión con valores de 3,13; 3,32; 3,50 y 4,59 m/año, respectivamente.

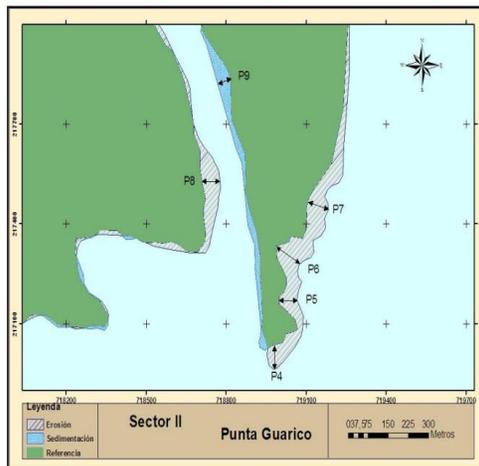


Figura 5. Mapa geomorfológico del sector II, Punta Guarico. Escala original 1:25 000.

Hacia el oeste aparecen las llanuras acumulativas palaustres con predominio de la acumulación de sedimentos, con valor de las tasas de sedimentación medido en el sector P9 de 1,12 m/año. En el canal que forma Punta Guarico se evidencia un retroceso de la línea costera con valor de 67,81 m (P8), lo que equivale a 1,47 m/año. La zona no es compleja tectónicamente. Esta área también está ubicada dentro del bloque morfotectónico Cupey.

III. Punta Cabagán. Es el límite oeste de la bahía Cayo Moa (Figura 6), donde se manifiestan intensidades variables de los procesos de erosión y sedimentación. Hacia la parte extrema de la estructura se observa un retroceso de la costa, mientras que en la costa oeste predominan los procesos acumulativos con avances de costa hasta 112,73 m en el punto P11. En la costa este la línea costera ha evolucionado en forma de zig-zag, con avances y retrocesos sucesivos. La deposición de sedimentos ocurre con una velocidad de 1,99 y 0,73 m/año en los puntos P10 y P12, respectivamente, y en P13 la tasa de erosión es de 0,89 m/año. Geomorfológicamente predominan llanuras acumulativas palaustres, excepto hacia un pequeño sector al sur, donde aparecen llanuras fluviales acumulativas. Este sector pertenece al bloque morfotectónico Cabaña, sub-bloque norte con sentido fundamental de los desplazamientos horizontales suroccidental, y tendencia predominante al levantamiento.

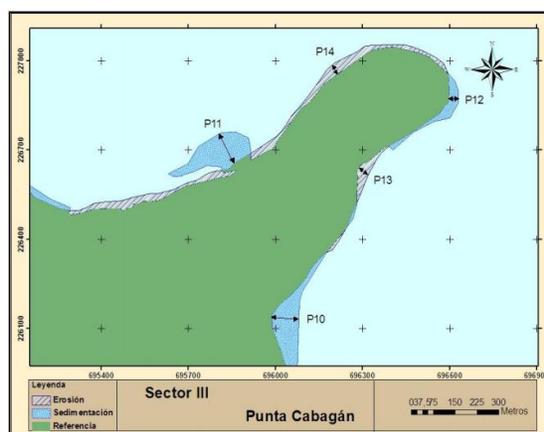


Figura 6. Mapa geomorfológico del sector III, Punta Cabagán. Escala original 1:25 000.

IV. Cayo del Medio. En este sector las variaciones de la línea de costa no son tan acentuadas (Figura 7), se observa retroceso en la parte noreste, correspondiente a llanuras acumulativas palustres, con valores de 0,73 y 1,12 m/año en los puntos P25 y P26, respectivamente; y sedimentación en toda la zona occidental del cayo (llanuras marinas), donde se reflejan avances de 0,99 (P24) y 1,12 (P27) m/año. No se encuentra afectado directamente por ningún sistema de fallas y pertenece al bloque Cupey, que presenta una intensidad relativa de levantamiento medio y que en la actualidad se mueve con dirección predominante sureste.

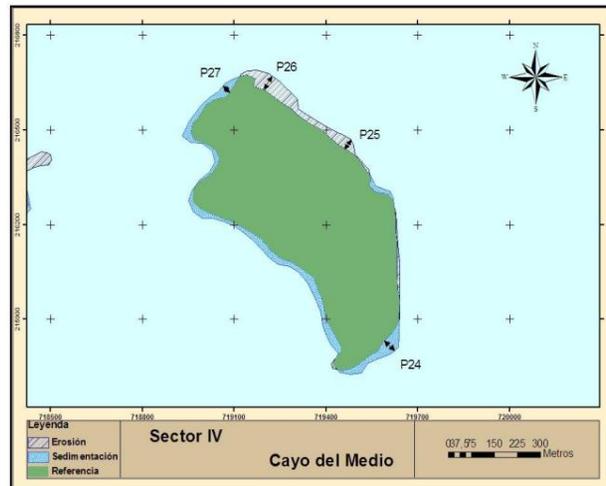


Figura 7. Mapa geomorfológico del sector I, Cayo del Medio. Escala original 1:25 000.

V. Cayo Moa Grande. En este sector predominan las llanuras acumulativas palustres al noroeste y las llanuras marinas al sureste. Para el estudio, el cayo se divide en dos áreas de acuerdo al proceso geológico predominante. En el sector este predomina la erosión (Figura 8). En el extremos sureste del cayo se ha formado una flecha de arena, que se extiende hacia el sur, a la vez que se ha separado del cayo, consolidándose como un pequeño islote cubierto de vegetación. La abertura o canal entre el islote y el cayo es muestra de la evolución costera, originando una nueva morfología (Cervantes *et al.*, 2009).

Para esta porción del cayo el retroceso de la línea de costa se analizó en tres puntos, con tasa de erosión de 4,01 m/año en P15. Contrario a lo que sucede en el sector este, en la parte central y oeste del cayo existe un predominio de la deposición de sedimentos, lo que se puede apreciar cuantitativamente, con el avance de 107,94 y 1,59 m (P18 y P20), equivalente a 2,35 y 3,46 m/año, respectivamente. Tectónicamente, el cayo es afectado por las fallas La Vigía y Cabaña, esta última es, además, el límite del bloque morfotectónico Cabaña. El sentido fundamental de los desplazamientos horizontales es suroccidental, con una tendencia predominante al levantamiento.



Figura 8. Mapa geomorfológico del sector V, Cayo Moa Grande. Escala original 1:25 000.

VI. Cayo Burro. En este sector existe un predominio de la deposición de sedimentos sobre la erosión (Figura 9). En los mapas del año 1963 se observa que al sureste del cayo existe un pequeño islote que en la actualidad se encuentra unido al mismo. La tasa de sedimentación se calculó en los puntos P21, P22, y P23; obteniendo valores altos de avance de la línea de costa de 109,45 m en P23, con una tasa de 2,38 m/año. En zonas cercanas al sector se han descritos fallas del segundo sistema. Pertenece al bloque morfotectónico Miraflores (Rodríguez, 1998), sub-bloque norte; que se caracteriza por sufrir movimientos pulsantes, con tendencia general de desplazamiento norte-noreste, con un mayor levantamiento de su parte oriental.

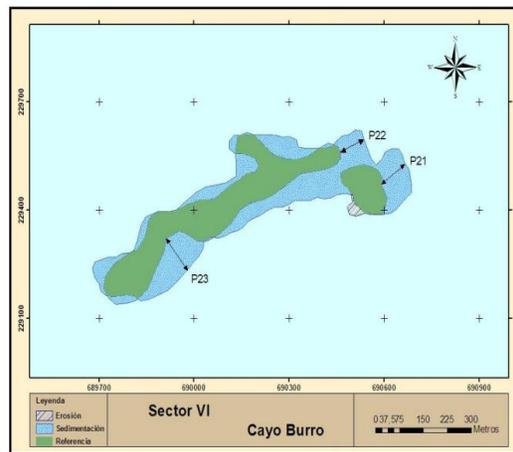


Figura 9. Mapa geomorfológico del sector VI, Cayo Moa Grande. Escala original 1:25 000.

Conclusiones

La morfología costera del municipio de Moa está condicionada por el oleaje y las corrientes litorales asociadas a él, así como por las mareas y la evolución tectónica que, a través del tiempo, han generado los rasgos morfológicos que la caracterizan,

tales como numerosas bahías, puntas, ensenadas y cayos; en menor medida playas y flechas.

A partir de la intensidad de los procesos de erosión y sedimentación que condicionan la morfología costera, el litoral se divide en seis sectores: I. Punta Mangle, II. Punta Guarico, III. Punta Cabagán, IV. Cayo del Medio, V. Cayo Moa Grande y VI. Cayo Burro, con condiciones morfodinámicas diferentes.

En el sector I. Punta Mangle existe un amplio desarrollo de la sedimentación sobre la erosión, teniendo su máxima expresión al norte, sector con tasa de sedimentación de 5 m/año.

En el sector II. Punta Guarico predomina la erosión sobre la sedimentación, evidenciada en el límite este donde la línea costera retrocede con una velocidad máxima de 2,19 m/año. Sin embargo, hacia el oeste la línea de costa avanzó casi a la mitad de la velocidad con que se erosionó la zona oriental.

En el sector III. Punta Cabagán se muestra variabilidad en la manifestación de los procesos geológicos estudiados. En el este se alternan zonas de erosión y sedimentación, con mayor predominio de la tasa de sedimentación (1,99 m/año) respecto a la tasa de erosión (0,89 m/año). Hacia el oeste se hacen más extensivos los procesos erosivos, paralelos a la costa con valor de la tasa de erosión de 0,78 m/año, excepto en una pequeña zona, que se interna en el mar, que manifiesta una velocidad de 2,45 m/año.

En el sector IV. Cayo del Medio en casi su totalidad predomina la sedimentación sobre la erosión con velocidades de 0,99 y 1,12 m/año, solo la parte noreste del cayo evidencia un retroceso de la línea costera con valores medidos de tasa de erosión de 0,73 y 1,12 m/año.

En el sector V. Cayo Moa Grande, en su porción oriental, existe un predominio de la erosión con valores de tasa de erosión de 4,01; 3,37 y 2,33 m/año. En la porción central y occidental de este sector predomina la sedimentación con tasas de 3,46 y 2,35 m/año, respectivamente.

En el sector VI. Cayo Burro existe un predominio de la deposición de sedimentos sobre la erosión, que refleja considerablemente cambios notables en la morfología del sector,

donde la línea de costa avanzó en todas las direcciones, con tasa de sedimentación de 2,38; 2,06 y 1,78 m/año.

Referencias bibliográficas

CERVANTES, Y. *ET AL.* 2009: Variación de la dinámica erosiva y acumulativa en Cayo Moa Grande, Bahía de Moa, Cuba. Período 1972-2007. *Minería y Geología* 25(4): 42-58.

RODRÍGUEZ, A. 1998: *Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico. 134 p.