

MORFOLOGÍA Y ARQUITECTURA INTERNA DE UNA PLATAFORMA CONTINENTAL CAMBIANTE: GOLFO DE MORROSQUILLO

Ojeda, G.Y.¹; Restrepo, I.C.²; Correa, I.D.³ y Ríos, A.A.⁴

RESUMEN

La adquisición de 50 perfiles batimétricos con sus correspondientes transectos de alta resolución (ecosonda de transductores de 200 y 12 kHz) colectados en el marco del proyecto Eafit-Colciencias: “Geomorfología de la plataforma somera del Departamento de Córdoba y del Golfo de Morrosquillo”, permitió mapear la morfología (batimetría, pendiente, aspecto y relieve) y arquitectura estratigráfica del subfondo de la plataforma continental interna (profundidades < 10m) del Golfo de Morrosquillo. Visualizada a partir de un mapa batimétrico elaborado con base en registros digitales de 200 kHz, la morfología de la plataforma interna del Golfo se presenta en su mayor extensión como una superficie cóncava hacia arriba, predominantemente erosional, que alcanza las profundidades de 10 m a distancias entre 2 y 3.5 km de la línea de costa actual. En algunas zonas localizadas (por ejemplo en el sector noreste del área de estudio), los registros disponibles evidencian importantes anomalías positivas de relieve, aparentemente correspondientes a volcanes de lodo recientes con cúspides bien conservadas y diámetros del orden de las decenas de metros; estas anomalías podrían corresponder también a escarpes asociados a fallas con actividad reciente. Los registros de ecosonda de 12 kHz ofrecen una resolución vertical entre 30 y 80 cm y penetraron en muchos sectores hasta 5m por debajo de la superficie del fondo, evidenciando numerosos rasgos erosionales y depositacionales cubiertos, incluyendo escarpes, discordancias angulares y paleocanales colmatados. Estas geoformas del fondo y subfondo evidencian una dinámica Holocena activa en extremo, con componentes tectónica y eustática importantes.

Palabras Clave: Plataforma continental, geofísica de alta resolución, Holoceno, Geomorfología de costas.

MORPHOLOGY AND INTERNAL ARCHITECTURE OF A CHANGING CONTINENTAL SHELF: GULF OF MORROSQUILLO

ABSTRACT

Acquisition of 50 bathymetry and high resolution profiles (echosounder transducers of 200 and 12 KHz respectively) collected under the EAFIT-COLCIENCIAS project “Geomorphology of the shallow shelf of Departamento de Cordoba and Golfo de Morrosquillo” allowed mapping the morphology and stratigraphic architecture of the inner shelf (depths < 10 m) seafloor and sub-seafloor under Gulf of Morrosquillo. The morphology of the inner shelf, as depicted on a bathymetry map based on 200 kHz soundings, appears broadly as a concave up, largely erosive surface that reaches the 10 m isobath at distances of 2 and 3.5 km from the shoreline. At several localized sites (such as in the NE of the study area), echosounder data provide evidence of positive terrain anomalies, apparently corresponding to recent mud volcanoes of well preserved tops tens of meters across, or recently faulted. The 12 kHz records, which offer a vertical resolution of 30 to 80 cm, were able to penetrate 5 m below the seafloor at various places, and allowed recognition of several buried erosional and depositional features including scarps, angular unconformities, and filled paleochannels. These seafloor and subseafloor features are evidence of an extremely active Holocene dynamics, with important eustatic and tectonic components.

Keywords: Continental shelf, high resolution Geophysics, Holocene, coastal geomorphology.

¹. ECOPETROL S.A. Instituto Colombiano del Petróleo, Km. 7 Vía Piedecuesta, german.ojeda@ecopetrol.com.co

². Universidad EAFIT, Área de Ciencias del Mar, irestrco@eafit.edu.co

³. Universidad EAFIT, Área de Ciencias del Mar, icorrea@eafit.edu.co

⁴. Universidad EAFIT, Área de Ciencias del Mar.

INTRODUCCIÓN

Las plataformas continentales son los sectores de la corteza que mejor guardan las evidencias de los últimos eventos geológicos a los que han sido sometidos los continentes. En las plataformas continentales está, por ejemplo, la huella de los principales cambios del nivel del mar durante el Cuaternario, manifestados en arquitecturas construccionales en períodos de ascenso relativo, y erosionales en períodos de descenso. De hecho, lo que conocemos acerca del ascenso generalizado del nivel del mar que siguió al último máximo glacial está registrado en las plataformas continentales del mundo.

Varios estudios se han concentrado en estudiar la plataforma continental del Caribe de Colombia, principalmente en el área del abanico del Magdalena. Se destacan los estudios de Shepard et al (1968), Shepard (1973), Kolla et al., (1984), Kolla y Buffler (1985), Vernet (1985), Vernet (1989), Vernet et al. (1992), Ercilla et al. (2002 a y b) y Estrada et al. (2005), los cuales aportaron información geofísica fundamental para el entendimiento de los procesos que transforman la morfología del piso oceánico. Sin embargo, ninguno de estos estudios ha colectado información sobre la plataforma continental interna (somera) es decir, aquella porción de la plataforma con profundidades menores a los 20 metros y por lo tanto no cartografiable desde embarcaciones de gran calado.

El presente estudio se concentró exclusivamente en la plataforma somera del Golfo de Morrosquillo, en profundidades entre los 1.5m y 10m bajo el nivel del mar. Este sector de la plataforma continental está protegido de las corrientes del Caribe por la morfología semicircular del Golfo de Morrosquillo. Los datos obtenidos permitieron obtener un modelo digital de terreno del fondo del mar, y un juego de ecogramas que muestra la arquitectura interna del subfondo somero en este sector de la plataforma. Estos resultados ponen de manifiesto eventos tectónicos y sedimentarios recientes que han afectado esta porción del Caribe.

ANTECEDENTES

La costa de Córdoba y Sucre corresponde a un margen continental sometido a intensa erosión litoral. Esta erosión activa, sumada a la carencia de fuentes de aporte de sedimento, resulta en un retroceso neto continuado de la línea de costa (Correa et al., este volumen). Adicional-

mente, por ser un margen tectónicamente activo, la zona litoral está afectada por fallas activas, pliegues recientes, fracturamiento intenso y diapirismo de lodo. Estas características sedimentarias y tectónicas hacen de esta costa un laboratorio geológico ideal para el estudio del control tectónico en la geomorfología de la plataforma interna y del efecto de la tectónica local en la erosión costera.

El proyecto Universidad EAFIT - Colciencias: “Geomorfología de la plataforma somera del Departamento de Córdoba y del Golfo de Morrosquillo” permitió coleccionar datos geofísicos de alta resolución y sedimentológicos sobre la plataforma somera de los Departamentos de Córdoba (Restrepo et al., este volumen) y parte de Sucre (este estudio), con el objeto de entender los controles principales en la morfología actual de la plataforma somera. En el marco del proyecto Universidad EAFIT – Corporación Valle del Sinú se coleccionó información geológica de la zona litoral emergida al frente de esta plataforma continental, con el fin de investigar las causas y patrones de erosión costera de este litoral (Correa et al., este volumen). En este manuscrito se reportan los primeros resultados correspondientes al sector del Golfo de Morrosquillo.

MARCO GEOLÓGICO

El margen Caribe Colombiano es hoy en día entendido como un margen continental convergente por la subducción asísmica de la placa del Caribe bajo la placa Suramericana. Esta convergencia ha sido medida en 20 ± 2 mm por año en la dirección ESE (Trenkamp et al., 2002). Hay consenso general en que la convergencia de placas en esta esquina de Suramérica, la cual comenzó al menos al final del Cretácico y se mantiene activa hoy, es responsable por la intensa y compleja deformación tectónica del noroccidente Colombiano.

El área de estudio está contenida dentro de un sistema de acreción tectónica, representado en la zona costera por fallas predominantemente de cabalgamiento con rumbo NE-SW (Guzmán et al, 2006; FIGURA 1). La cuña acrecional del Sinú-San Jacinto, obducida al proto-continente Suramericano en el Cretácico tardío, es uno de los productos de la convergencia terciaria entre las placas Caribe y Suramericana (Duque-Caro, 1984; Flinch, 2003). Dentro de esta cuña acrecional, cuyo basamento se presume ser corteza oceánica, se reconocen dos “cinturones plegados”: el Cinturón del Sinú y el de San Jacinto, separados

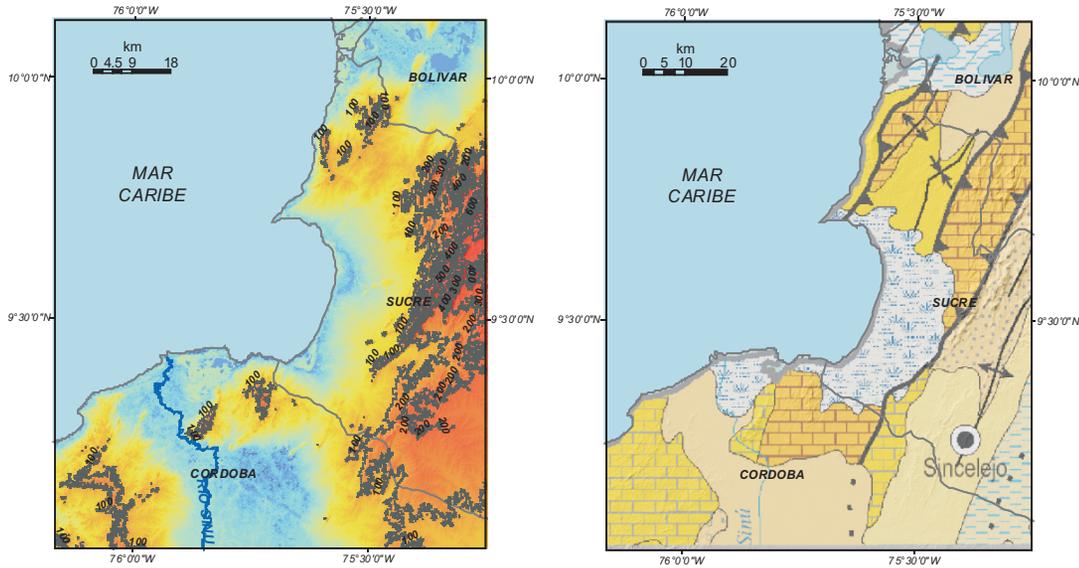


FIGURA 1. Izquierda: Relieve y topografía (en metros) de la zona litoral en el área del Golfo de Morrosquillo. Derecha: mapa geológico (Ingeominas, 2006).

por la Sutura del Sinú. Las rocas más antiguas corresponden a basaltos del Cretácico Superior, sobre los cuales se depositaron secuencias de ambientes gradualmente más someros de borde de talud, deltas, parches arrecifales, terrazas arrecifales y finalmente sedimentos fluviales cuaternarios que cubren la llanura costera del Golfo de Morrosquillo (Guzmán et al, 2006).

METODOLOGÍA

Previo a la adquisición de los datos marinos se diseñó una grilla de muestreo sobre un mapa base, de manera que se cubriera toda la plataforma continental somera del Golfo de Morrosquillo con un espaciamiento regular. Para el mapeo de la plataforma continental somera se utilizó una ecosonda portátil Knudsen de doble frecuencia (12 y 200 kHz). Una ecosonda es un equipo de Geofísica marina capaz de emitir y recibir pulsos acústicos que viajan a través de la columna de agua. Los pulsos de alta frecuencia (200 kHz) chocan contra el fondo del mar, se reflejan, y finalmente son recibidos y almacenados en un sistema de registro. Al multiplicar el tiempo de tránsito por la velocidad del sonido en el agua (~1500 m/s) se obtiene la profundidad del mar. Los pulsos de baja frecuencia (12 kHz) atraviesan la columna de agua, penetran a través del fondo del mar y, luego de reflejarse en capas geológicas

del subsuelo, retornan al dispositivo receptor a manera de reflectores de fortaleza variable, resultando en ecografías del sub-fondo marino que permiten visualizar la geometría de los estratos someros (Jones 1999).

El modelo digital de terreno generado a partir de la interpolación de los perfiles batimétricos obtenidos con los datos de 200 kHz permite observar los rasgos del fondo marino de la plataforma somera del Golfo de Morrosquillo (FIGURA 2). Esta plataforma muestra una morfología suave con un perfil general cóncavo hacia arriba, afectada por accidentes geomorfológicos de segundo orden tales como relieves positivos y negativos aislados, canales y escarpes. Adicionalmente, la geometría del subfondo se visualiza en perfiles de baja frecuencia (12 kHz) que complementan y detallan la información de las superficies del fondo.

Relieves positivos

Se evidenciaron dos anomalías positivas conspicuas que aparecen como interrupciones aisladas a la superficie tenue y cóncava de la plataforma. En uno de los perfiles perpendiculares a la línea de costa en el extremo norte del Golfo se encontró un relieve positivo abombado, asimétrico, suave y con una cúspide relativamente plana (FIGURA 3 A). Esta protuberancia del piso del mar tiene su base interna (hacia el continente) a una profundidad de 6 metros, su cúspide es escalonada e inclinada hacia

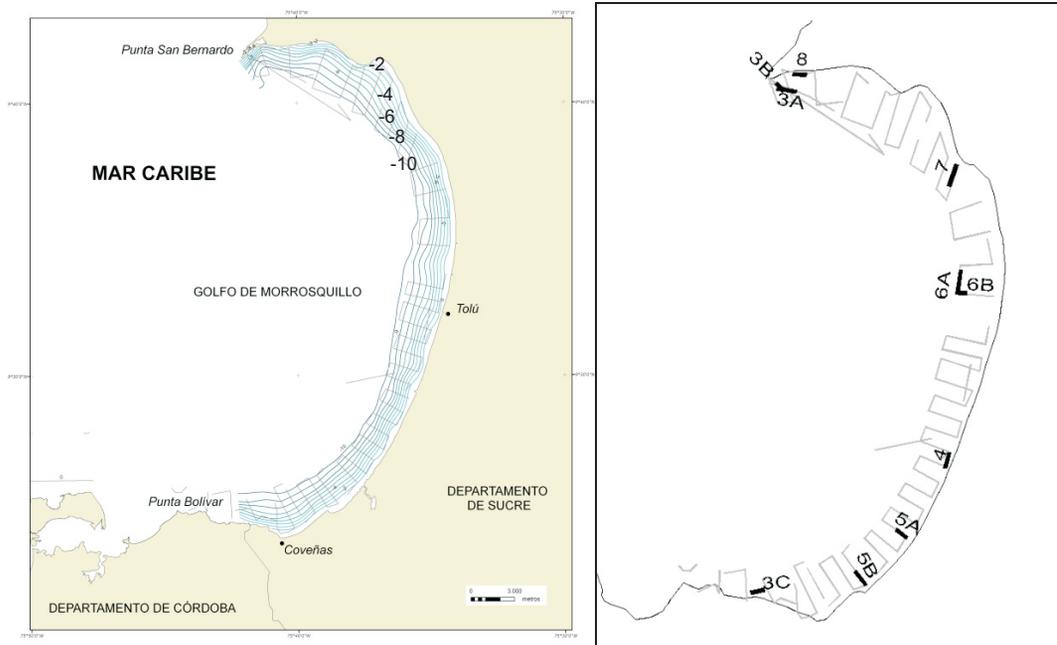


FIGURA 2. Izquierda: batimetría del Golfo de Morrosquillo colectada en este estudio. Derecha: localización de los perfiles ilustrados en las FIGURAS 3 a 8.

el SE y está entre 4 y 5 metros de profundidad; su base externa (hacia el mar) se ubica a 8m de profundidad. Tiene unos 304m de ancho, medidos desde su base interna hasta su base externa. En un perfil que corta este relieve a un ángulo menor, esta misma protuberancia tiene unos 398m de ancho, sus bases interna y externa están a 6 y 9 metros y su cúspide está entre 2 y 3 metros de profundidad (FIGURA 3 B). Estas dos vistas de la misma estructura indican que se trata de un lomo alargado y de perfil transversal asimétrico. Sobre este alto se desarrollan localmente edificios arrecifales.

El segundo relieve positivo encontrado es mucho más localizado, y sobresale del fondo a manera de pirámide de perfil triangular y flancos empinados (FIGURA 3 C). Su base está a 8m de profundidad, su tope está a 6.5m, y tiene 46m de ancho medidos en su base. Adyacente a este relieve se evidencia una minicuenca de unos 33m de ancho cuya superficie está hundida hasta 8.5m, unos 50cm más que el fondo marino adyacente. Bajo esta depresión se observa una zona del subfondo cuya impedancia acústica es muy alta hasta los 10m, máxima profundidad de penetración del ecograma. Esta morfología dual alto - cuenca, contrastante con la llana y monótona del fondo circundante, puede corresponder a (1) un desarrollo arrecifal localizado (arrecife - detritos

calcáreos); (2) vulcanismo de lodo submarino (volcán - cono abandonado); o (3) un fondo del mar deformado y dislocado por fallamiento reciente (bloque colgante - bloque yacente).

En los registros de 12 kHz, los subfondos de algunas de estas lomas suaves se presentan como zonas mudas, es decir, carentes de reflectores internos y transparentes a los pulsos acústicos, aun en profundidades en las que otros perfiles en el área de estudio muestran reflectores. Esta observación permite suponer que la estructura interna de algunos relieves positivos en el área de estudio corresponde a un núcleo de material masivo sin estratificación aparente. Algunas de estas lomas submarinas pueden corresponder entonces a expresiones de vulcanismo de lodo bajo el mar, como ha sido documentado en casi todo el margen Caribe Colombiano, desde Urabá hasta Santa Marta (Vernette, 1994; Duque-Caro, 1984; Ojeda et al., 2004). Sin embargo, en la plataforma somera del Golfo de Morrosquillo no se evidenció emanación activa de lodo ni gas.

Relieves Negativos

El principal relieve negativo se identificó en el sector central del Golfo, al sur de Tolú. Uno de los perfiles realizados muestra una fosa cuyos hombros están a 6m de

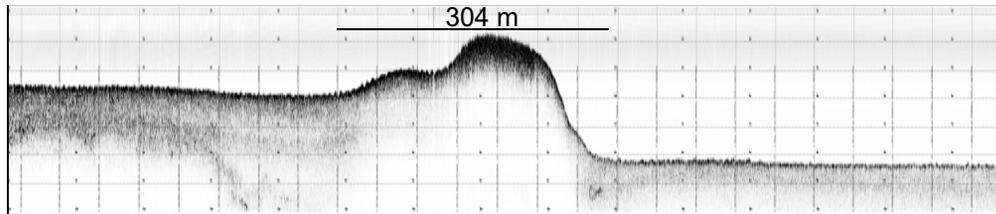


FIGURA 3A. Perfil 04-0943.

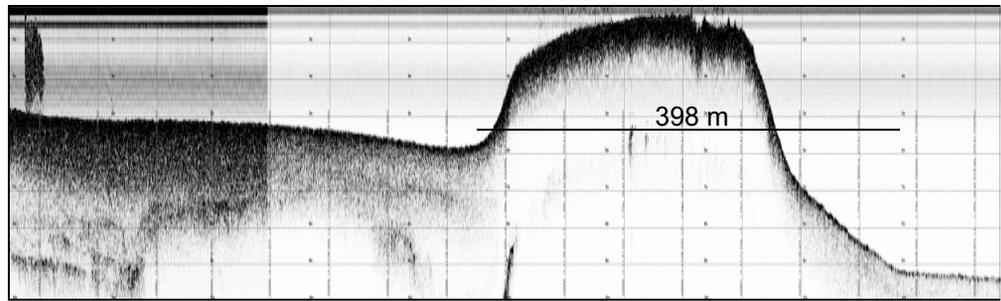


FIGURA 3B. Perfil 04-1114. Para localización ver Figura 2.

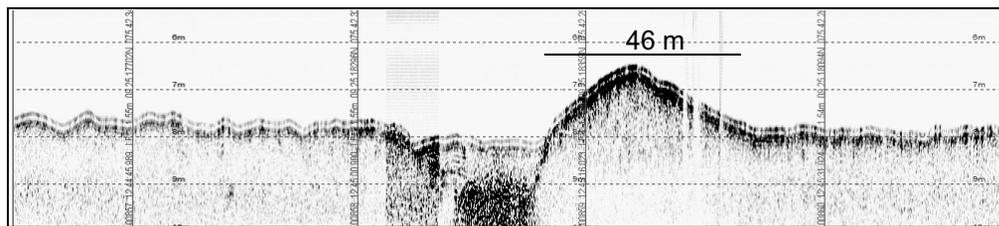


FIGURA 3C. Perfil 04-1249.

profundidad y separados unos 182m de ancho, la cual en su eje alcanza los 9.5m de profundidad (FIGURA 4). Esta depresión se encuentra en frente de un puerto de embarque donde actualmente fondean cargueros de tamaño y calado mediano, por lo cual es posible que haya sido dragada arti-

ficialmente como canal de acceso al puerto. Aparte de este aparente canal artificial no se evidenciaron depresiones significativas dentro del Golfo. Otros relieves negativos menores parecen ser depresiones naturales labradas por corrientes activas sobre el fondo marino, sin evidencias de control geológico.

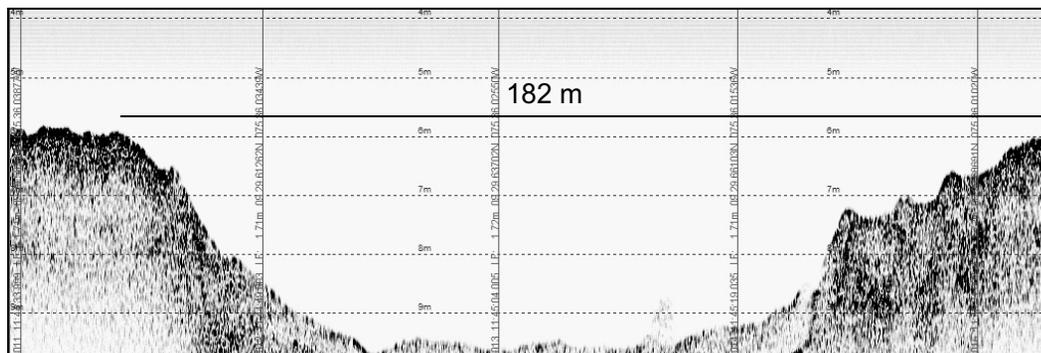


FIGURA 4. Perfil 04-1150.

Paleotopografías y Discontinuidades

Los ecogramas de baja frecuencia (12 kHz) ofrecen imágenes del subfondo marino que permiten interpretar capas geológicas enterradas. Algunas de estas capas representan antiguas superficies del terreno expuestas en el pasado a los procesos subaéreos. Así, antiguos fondos del mar en tiempos de niveles del mar más bajos que el actual ('lowstands'), hoy en día pueden verse como superficies fosilizadas y cubiertas por sedimentos más recientes.

En efecto, en los datos colectados en el Golfo de Morrosquillo pueden verse reflectores que parecen indicar antiguos fondos del mar, como en los ejemplos que se ilustran en la FIGURA 5; en cada caso se aprecia claramente un reflector fuerte y continuo por debajo del fondo marino. Por su geometría plana, inclinada y subparalela al fondo del mar actual, su reflectividad fuerte y su carácter continuo y homogéneo, el reflector fuerte se interpreta como un antiguo fondo del mar. Su fuerte reflectividad indica que es una superficie relativamente dura, lo cual puede explicarse como el resultado de exposición continuada a agentes diagenéticos actuando sobre el fondo del mar, tales como la precipitación de carbonatos. Esta costra dura, posiblemente rica en carbonato de calcio y detritos clásticos cementados, perduró por haber sido enterrada bajo una columna de sedimentos. La cuña de sedimentos asociada (limitada en su base por este reflector fuerte y en su techo por el fondo marino) se adelgaza en la dirección costa afuera y parece representar el prisma de sedimento móvil de la plataforma somera.

Los registros de ecosonda también parecen revelar eventos de paleo-erosión por incisión de canales. La FIGURA 6 muestra ejemplos en los que 2 a 3 metros por debajo del reflector del fondo se visualiza un reflector subparalelo que se extiende a todo lo largo de la imagen. El reflector fuerte, esencialmente continuo, se interrumpe localmente en varios sectores de la plataforma y las interrupciones se acompañan en todos los casos de reflectores a niveles más inferiores con geometrías cóncavas hacia arriba, sinusoidales o caóticas. Estas características sugieren un fondo del mar antiguo, representado por el reflector fuerte de subfondo, erosionado localmente por incisiones de canales evidenciadas representadas por las interrupciones del reflector fuerte. Estos canales de incisión fueron posteriormente rellenados hasta su colmatación, antes de que el fondo del mar alcanzara su nivel actual. El antiguo fondo marino habría sido finalmente fosilizado por un prisma de sedimentos de al menos 2m de espesor, cuyo tope representa el fondo actual de la plataforma.

Deposición Reciente

Por ser de alta resolución, los datos de ecosonda permiten visualizar con facilidad los patrones de la deposición más reciente. El perfil de la FIGURA 7 (perpendicular a la línea de costa en la parte norte del Golfo de Morrosquillo) muestra el patrón de apilamiento de la sedimentación reciente. En este perfil los reflectores son paralelos o subparalelos entre sí y forman ángulos bajos con el fondo del mar y con la horizontal. El origen de esta geometría puede entenderse como heredada de la forma de los paleofondos sobre los cuales se depositó cada capa, hasta llegar al fondo del mar actual el cual tiene geometría sigmoidal con un quiebre en la pendiente a 5.2m de profundidad. A este modo de construcción lateral gradual se le conoce como progradación (Mitchum et al., 1977).

El ejemplo de la FIGURA 7 corresponde al patrón de reflexión tipo oblicuo paralelo, el cual tiene un juego frontal (foreset) con un buzamiento relativamente alto (aunque en este caso menos de 1°), carece de capa superior (topset) y termina hacia la base a un alto ángulo contra la superficie inferior (aunque esta no se ve en el ecograma). Su techo corresponde a una superficie erosional. De acuerdo con Mitchum et al. (1977), estos patrones de apilamiento progradantes ofrecen información acerca del ambiente de depósito, específicamente con respecto a las tasas de subsidencia y profundidad relativa de agua al momento de la sedimentación. Las clinoformas progradantes de tipo oblicuo paralelo, (como las que se observan en esta figura) evidencian ambientes con altos aportes de sedimentos, tasas bajas de subsidencia (o no subsidencia) de la cuenca y/o un nivel del mar que se mantiene fijo. Cualquier combinación de una, dos o tres de estas condiciones permite el relleno rápido y el paso de todo el sedimento directamente hacia la zona profunda, además de la posible abrasión de la superficie superior, que en este caso es la zona del fondo marino por encima de los 5.2m.

Deformación Tectónica

Algunas imágenes del subfondo somero del Golfo de Morrosquillo muestran evidencia de actividad tectónica que deformó rocas del Terciario y Cuaternario. Ya se había mencionado un relieve positivo interpretable como el resultado de la dislocación del fondo del mar por efecto de una falla de actividad reciente (FIGURA 3 C). Una evidencia más de actividad tectónica reciente es el perfil mostrado en la FIGURA 8. En este perfil se observa con claridad un juego de reflectores continuos que afloran en el fondo del mar y cuya inclinación decrece gradualmente

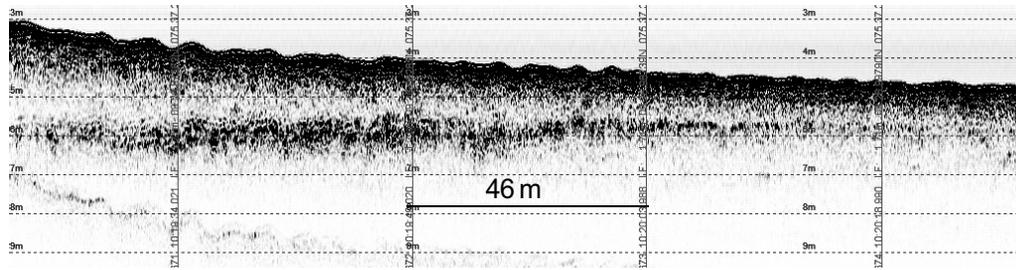


FIGURA 5 A. Perfil 04-1025. En la parte izquierda del perfil se identifican de arriba a abajo: el fondo del mar, un paleo-fondo del mar, y una superficie tenue fantasma (“múltiple”) del fondo.

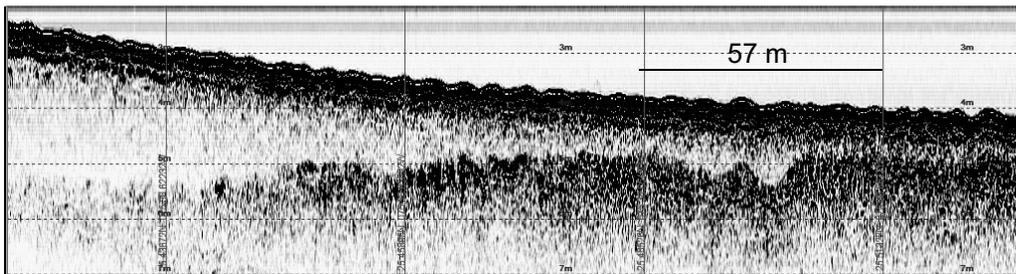


FIGURA 5 B. Perfil 04-0920.

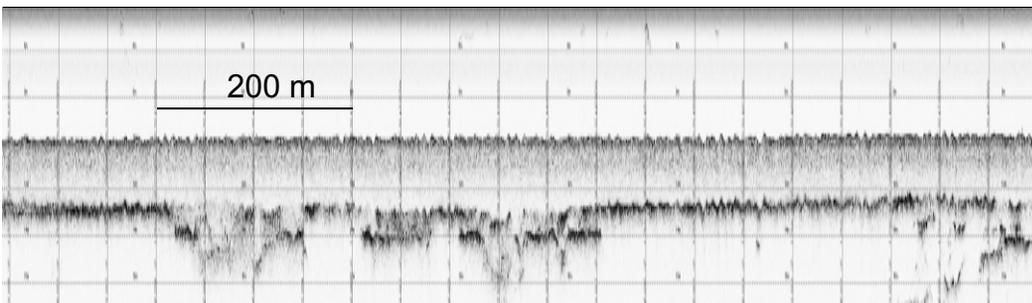


FIGURA 6 A. Perfil 04-1622. Obsérvese la distribución de paleo-canales en varios niveles bajo el fondo del mar.

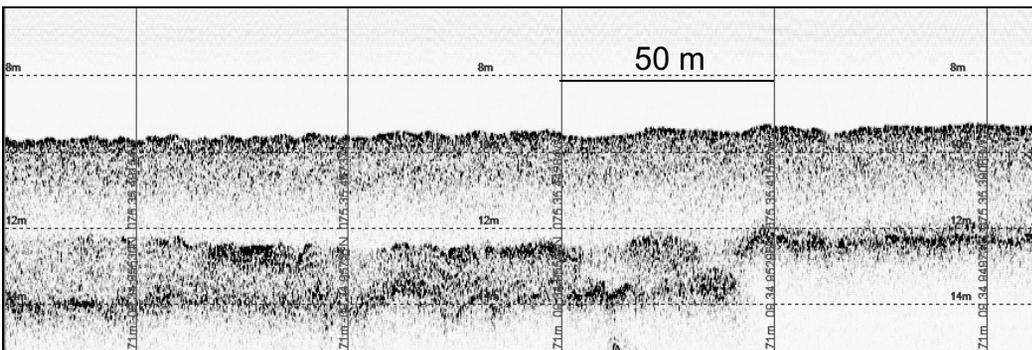


FIGURA 6 B. Perfil 1631. La arquitectura del subfondo incluye canales rellenos y anidados, y estratos hasta los 17 metros de profundidad.

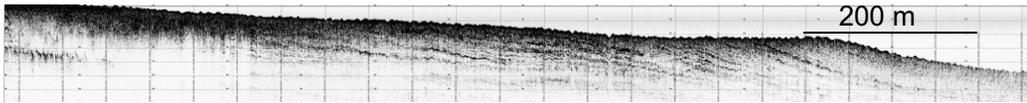


FIGURA 7A. Perfil 04-1434

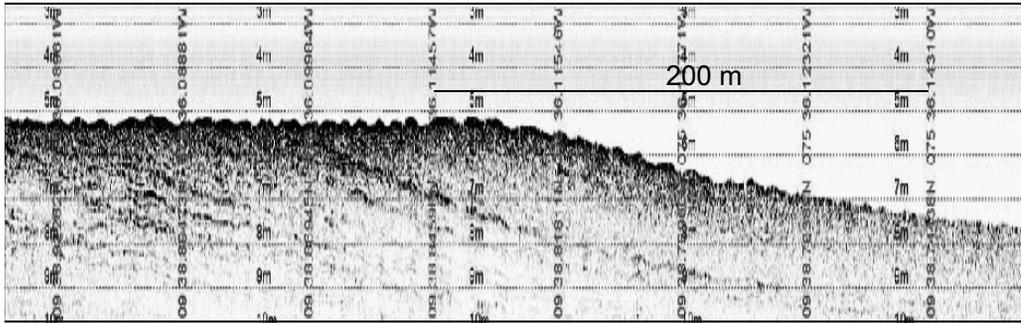


FIGURA 7B. Perfil 04-1434, a una escala menor mostrando el detalle del quiebre a 5.2 m de profundidad.

de izquierda a derecha. Obsérvese que este juego de reflectores termina abruptamente en ambos extremos, dando paso a zonas mudas en el ecograma que corresponden a sectores en los que el fondo del mar está relativamente más elevado que el fondo sobre la zona de reflectores continuos. Esta configuración puede interpretarse como el resultado de actividad tectónica y diapirismo de lodo. La inclinación gradual podría deberse entonces a basculamiento tectónico del flanco oriental, y la interrupción abrupta en los flancos puede deberse a la presencia de límites tectónicos o diapíricos. La interpretación de diapirismo de lodo submarino se ve favorecida, pues las zonas adyacentes a estos reflectores muestran tres características morfológicas típicas de este fenómeno: (1) topografías positivas que sobresalen con respecto

al fondo circundante; (2) topos relativamente planos y flancos de pendiente suave; y (3) zonas acústicamente mudas o transparentes, sin reflectores internos. Aunque no se identificaron emanaciones activas de lodo, gas o agua en ningún sector de la plataforma somera del Golfo del Morrosquillo, este fenómeno es de común ocurrencia en la zona emergida (Guzmán et al, 2006).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La plataforma somera del Golfo de Morrosquillo contiene elementos sedimentarios y tectónicos que permiten dilucidar en parte su historia geológica reciente. Los datos colectados en este estudio presentan información acerca

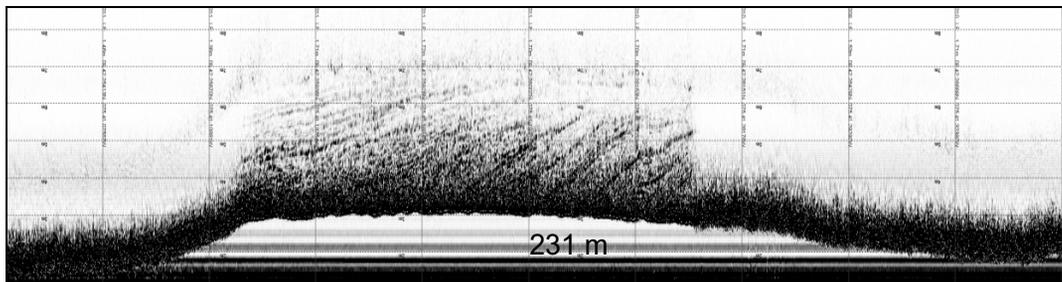


FIGURA 8. Perfil 1135.

de antiguos fondos del mar, períodos de incisión de canales sobre el fondo, eventos de fallamiento, basculamiento, diapirismo, y registros de depositación reciente.

Hay por ejemplo evidencia que indica que el fondo del mar en el pasado estuvo entre 2 y 5 metros por debajo de su nivel actual, y que fue localmente erosionado por canales submarinos que cavaron incisiones sobre ese antiguo fondo. Estos canales fueron posteriormente rellenados y colmatados, para ser cubiertos luego por el sedimento que hoy en día forma el fondo del mar. Incisiones como las que generaron los canales en el paleofondo del mar pueden ser el resultado de un descenso del nivel de base en esa época. Es decir, las imágenes dan prueba de al menos tres niveles de base discretos: un nivel de base intermedio correspondiente al evento de formación del paleofondo del mar; un nivel inferior correspondiente al período de incisión del paleofondo del mar; y un nivel superior correspondiente al nivel de base actual.

Un piso del mar localmente deformado indica que la deformación es lo suficientemente juvenil como para que los fenómenos sedimentarios actuantes sobre el fondo no hayan alcanzado a re-equilibrar el perfil natural. De esta manera, el fondo del mar deformado que se observa en la FIGURA 3C permite suponer que ha sido afectado tectónicamente, probablemente por efecto de una falla. El mapa geológico de Sinú - San Jacinto muestra una falla de cabalgamiento con rumbo NE-SE y dirección de buzamiento hacia el SE, que corta longitudinalmente a lo largo de todo el Golfo de Morrosquillo (Guzmán et al, 2003). En el sector del Canal del Dique esta falla se conoce como Falla de Villanueva – El Totumo. El trazo de esta falla es continuo al norte de San Onofre, e inferido desde allí hacia el sur hasta intersectar la costa del Golfo en Berrugas. A través del Golfo su trazo continúa inferido por estar sumergida, e intersecta la costa nuevamente al oriente de la Bahía de Cispatá, para seguir hacia el sur con trazo continuo como Falla San Jacinto (Guzmán et al, 2003) o como Falla de Montería para la cual París et al. (2000) reportan actividad durante el Cuaternario. El relieve positivo en la imagen de la FIGURA 3C puede ser el producto de la dislocación reciente a lo largo de la falla de Villanueva – El Totumo - San Jacinto -Montería, o de fallas satélites de estas. Los datos no permiten establecer relaciones temporales entre el basculamiento y diapirismo sugeridos en la FIGURA 8 con el fallamiento interpretado en la FIGURA 3C.

Según Page (1983), la ausencia de una terraza elevada en la costa del Golfo de Morrosquillo entre Coveñas y Berrugas sugiere que esta zona está subsidiando en la actualidad. Los cálculos de este autor indican que la tasa de subsidencia debe ser mayor a 0.7 mm/año, valor que corresponde a la tasa de levantamiento hidroisostático Holoceno según el modelo de Clark y Bloom (1979) para el Caribe Colombiano. Esta inferencia sugiere la creación constante de espacio de acomodación en el Golfo. El ecograma de la FIGURA 7 contradice esta predicción. El patrón oblicuo paralelo observado en este ecograma es indicativo de un alto flujo de sedimentos, tasa de subsidencia baja o nula, y/o un nivel del mar (nivel de base) constante. Un alto aporte de sedimentos es directamente correlacionable con las altas tasas de erosión reportadas en el área litoral adyacente (Correa et al., este volumen), mientras que una tasa de subsidencia baja o nula es consecuente con el régimen tectónico predominantemente contraccional del Caribe Colombiano (Trenkamp et al., 2002; Flinch, 2003). No se cuenta con una curva del nivel del mar corregida que permita confirmar que este ha sido constante durante todo o parte del Holoceno.

CONCLUSIONES

Este estudio permitió visualizar y entender la geometría y arquitectura interna de la plataforma somera del Golfo de Morrosquillo. La morfología del fondo es cóncava hacia arriba, y está afectada por accidentes de segundo orden tales como relieves positivos, relieves negativos naturales y al menos un relieve negativo antrópico, que localmente afectan el perfil típicamente suave y homogéneo. La arquitectura interna de la plataforma contiene, entre 2 y 3m por debajo del fondo del mar actual, al menos una costra o capa endurecida que representa un paleofondo marino que estuvo sometido a procesos de incisión por canales submarinos; una vez labrados, estos canales fueron colmatados y rellenados y el conjunto fue luego enterrado por 2-5 m de sedimentos cuyo tope corresponde a la superficie del fondo marino actual. La arquitectura interna también muestra evidencias de deformación del fondo del mar y diapirismo probablemente Holoceno, consecuentes con el régimen tectónico activo conocido para el Cinturón del Sinú. Los patrones de apilamiento observados sugieren que la plataforma somera del Golfo de Morrosquillo no está sufriendo subsidencia significativa actualmente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Colciencias por el apoyo financiero a este proyecto (Proyecto 1216-05-16911), a la Universidad EAFIT por su apoyo logístico y al Instituto Colombiano del Petróleo de ECOPEPETROL S.A. por permitir la participación de GYO en este estudio. G. Bedoya, E. Londoño, J. Pérez, L. Mogollón, B. Giraldo y A. Rey asistieron en la colección de datos geofísicos en el mar.

REFERENCIAS

- Clark, J.A., and Bloom, A.L. (1979). Hydro-isostasy and Holocene emergence of South America: Proceedings of the 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, Sao Paulo, Brazil, pp. 41-60.
- Correa, I.D., González, D.A., Toro, M.I., Ríos, A.A., y Ojeda, G.Y. (2007). Erosión Litoral Entre Arboletes Y Berrugas, Litoral Caribe Colombiano, Memorias del XI Congreso Colombiano de Geología, Bucaramanga.
- Duque-Caro, H. (1984). Structural style, diapirism, and accretionary episodes of the Sinu-San Jacinto terrane, southwestern Caribbean borderland, in W. E. Bonini, R. B. Hargraves, and R. Shagam, eds., *The South American-Caribbean Plate boundary and regional tectonics*. Geological Society of America Memoir 162, pp. 303-316
- Ercilla, G., Wynn, R.B., Alonso, B., y Baraza, J. (2002). Initiation and evolution of turbidity current sediment waves in the Magdalena turbidite system, *Marine Geology*, Vol. 192, pp. 153-169.
- Ercilla, G., Alonso, B., Estrada, F., Chiocci, F., Baraza, J., y Farran, M. (2002). The Magdalena Turbidite System (Caribbean Sea): present-day morphology and architecture model, *Marine Geology* Vol. 185, pp. 303-318.
- Flinch, J. F. (2003). Structural evolution of the Sinu-Lower Magdalena area (Northern Colombia), in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir Vol. 79*, pp. 776-796.
- Guzmán, G., Gómez, E. y Serrano, B. (2004). Geología De Los Cinturones Del Sinú, San Jacinto Y Borde Occidental Del Valle Inferior Del Magdalena Caribe Colombiano, Memoria y Mapa a Escala 1:300.000, Instituto Colombiano De Geología Y Minería Ingeominas, 134p.
- Ingeominas. (2006). Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:2'800.000
- Jones, E.J.W. (1999). *Marine Geophysics*, J. Wiley & Sons Eds., West Sussex, England, 466p.
- Kolla, V., Buffler R.T y Ladd, J.W. (1984). Seismic Stratigraphy and Sedimentation of the Magdalena Fan, southern Colombian Basin, Caribbean Sea, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol. 68, pp. 316-332
- Kolla, V., y Buffler, R.T. (1985). Morphologic, acoustic, and sedimentologic characteristics of the Magdalena Fan. *Geo-Mar. Lett.*, Vol. 3, pp. 85-91.
- Mitchum, R. y Vail, P. (1977). Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 7: seismic stratigraphic interpretation procedure. In Payton, C. (Ed.) *Seismic Stratigraphy - Applications to Hydrocarbon Exploration*, AAPG Memoir, Vol. 26, pp. 135-143.
- Ojeda G.Y., Hernandez, R., y Olaya, I.D. (2004). Mud Volcanoes On The Seafloor Of The Colombian Caribbean Sea: Undesirable Lumps Or Exploration Tools ? Artículo Presentado en la Convención Técnica de la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, Bogotá.
- Page, W.D. (1983). Holocene deformation of the Caribbean coast, northwestern Colombia, in Duque-Caro, H., ed., *General Geology, Geomorphology and Neotectonics of Northwestern Colombia*. Part III-Appendix. Tenth Caribbean Geological Conf., Cartagena, Agosto 1983 Field Trip C: Bogotá, Ingeominas, pp. 1-20.
- París, G., Machette, M., Dart, R. y Haller, K. (2000). Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and Its Offshore Regions, US Geological Survey Open-File Report 00-0284
- Restrepo, I.C., Ojeda, G.Y., y Correa, I.D. (2007). Geomorfología de la Plataforma Somera del Departamento de Córdoba, Memorias del XI Congreso Colombiano de Geología, Bucaramanga
- Shepard, F.P., Dill, R.F., y Heezen, B.C. (1968). Diapiric intrusions in foreset slope sediments off Magdalena delta, Colombia, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol. 52, pp. 2197-2207
- Shepard, F. (1973). Sea floor off Magdalena delta and Santa Marta area, Colombia, *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 84, pp. 1955-1972
- Trenkamp, R., Kellogg, J., Freymueller, J. y Mora, H. (2002). Wide Plate Margin Deformation, Southern Central America and Northwestern South America, CASA GPS Observations, *Journal of South American Earth Sciences* Vol. 15, pp. 157-171
- Vernette, G. (1985). Le plate-forme continentale Caraïbe de Colombie (dú Debouché du Magdalena au Golfe de Morrosquillo). Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sedimentation. Thésé de doctorat d'etat Université Bordeaux France, 378 p.
- Vernette, G. (1989). Examples of diapiric control on shelf topography and sedimentation patterns on the Colombian Caribbean continental shelf, *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 2, pp. 391-400
- Vernette, G., Mauffret, A., Bobier, C., Briceño, L., and Gayet, J. (1992). Mud diapirism, fan sedimentation and strike-slip faulting, Caribbean Colombian Margin, *Tectonophysics*, Vol. 202, pp. 335-349

Trabajo recibido: marzo 29 de 2007

Trabajo aceptado: julio 28 de 2007