

# **Estructura del subsuelo de la plataforma continental aledaña a las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira**

## ***Continental shelf sub-bottom structures in the vicinity of the Sierra Nevada of Santa Marta Bays - Taganga, Santa Marta y Gaira***

Fecha de recepción: 2012-02-03 / Fecha de aceptación: 2012-08-27

**Blanca Oliva Posada Posada<sup>1</sup>, Carlos A. Andrade<sup>2</sup> Yves-Francois Thomas<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> **Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar):** Departamento de Geociencias, Santa Marta (Colombia). Correo Electrónico: boposada@gmail.com

<sup>2</sup> **Grupo de Investigación en Oceanología (GIO):** Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla", Cartagena de Indias (Colombia). Correo Electrónico: candrade@exocol.com

<sup>3</sup> **Centro Nacional para Investigación Científica de Francia (CNRS):** Laboratoire de Géographie Physique, UMR 8591 du CNRS et de l'Université Paris-1 (France). Correo Electrónico: thomas@cncs-bellevue.fr

**Posada, B., Andrade, C. y Thomas, Y.F. 2012.** Estructura del subsuelo de la plataforma continental aledaña a las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira. Bol. Cient. (30): 93-104.

### **RESUMEN**

Se realizó una campaña en la plataforma continental próxima al Distrito de Santa Marta; se levantaron cinco perfiles en las bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira con un perfilador del subsuelo StrataBox™, de 10 kHz, que permitió una penetración en el fondo marino de aproximadamente 30 m, gracias a que éste estaba constituido por arenas muy finas, la buena transparencia del agua y una profundidad moderada. Estos perfiles muestran en la plataforma continental la presencia de un relieve derivado de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM); por tal motivo las características propias de la plataforma como baja pendiente y homogeneidad sólo se presentaron en algunos tramos y la acumulación de sedimentos, mostrada por los reflectores en el registro obtenido, se da principalmente en las depresiones entre altos topográficos y en algunos sectores en donde la pendiente es inferior a 2°.

Las anomalías topográficas de la plataforma parecen heredadas de una antigua línea de costa, controlada por estructuras en sentido NNW que definen los ejes de las actuales bahías y por mega estructuras posiblemente asociadas a los sistemas de fallas de Oca y Santa Marta, que jugaron un papel importante en el levantamiento y evolución de la SNSM y las cuencas asociadas.

**Palabras clave:** Colombia, plataforma continental, Sierra Nevada de Santa Marta, fallas Oca y Santa Marta, perfilador del subsuelo StrataBox.

### **ABSTRACT**

A field campaign was carried out in the continental shelf near the District of Santa Marta; five - 10kHz StrataBox™ subbottom profiles taken in Taganga, Santa Marta and Gaira Bays, allowed penetration into the sea bed of approximately 30 m, due to the fact that the seafloor was constituted mostly of fine sands, lack of suspended sediment and relative shallow depths. These profiles showed the submarine relief derived from the spurs of the Sierra Nevada of Santa Marta (SNSM) in the continental shelf; because of its sharp features, common characteristics of the continental shelf such as low slope and homogeneity only appeared in some sections and the accumulation of sediments showed by the reflectors in the obtained records, were given principally in the depressions between topographic high places and, in some sectors, where the slope is lower than 2°.

Topographic anomalies of the shelf seem to be inherited from a former coast line, controlled by structures in NNW direction that define the axes of the current bays, and for a megastructure possibly associated with Oca and Santa Marta fault systems, with an important role in the raising and evolution of the SNSM and the associate basins.

**Key words:** Colombia, continental platform, Sierra Nevada de Santa Marta, Oca and Santa Marta fault, sub bottom profiler Stratabox.

## INTRODUCCIÓN

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar) en convenio con el Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas) y la Empresa Colombiana de Petróleos-Instituto Colombiano del Petróleo (Ecopetrol-ICP) adelantaron estudios de evolución geohistórica de la SNSM, considerada clave para el entendimiento de la evolución del norte de Suramérica y el Caribe.

En dichos estudios se ha visto que los sistemas de fallas de Oca, en la vertiente norte, y de Santa Marta, en la occidental, han sido fundamentales en esta evolución y gran parte de su traza es posible seguirla en las rocas que afloran en el piedemonte. Sin embargo, parte de su recorrido parece ser submarino y/o está cubierto por depósitos cuaternarios.

Para tratar de encontrar algunos rasgos estructurales asociados a estas fallas o a la evolución cuaternaria del piedemonte de SNSM se levantaron cinco perfiles con un perfilador del subsuelo StrataBox™ de 10kHz, en las bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira.

Resultados experimentales de esta técnica han mostrado que el Stratabox es un excelente detector intelectual con buen desempeño y fácil uso [1]; fue utilizado recientemente en la bahía de Cartagena [2] para determinar la geometría de los depósitos cuaternarios del área y ha sido de amplio uso para encontrar objetos arqueológicos en el subsuelo, instalación de tuberías y ductos submarinos, definir rutas de navegación en puertos, entre otros [3] [4].

El presente trabajo describe los registros obtenidos por el perfilador para cada uno de los cinco perfiles y su relación con la geología de la zona. En ellos se obtuvo una penetración máxima 30 m en los sedimentos de la plataforma, hasta encontrar un estrato duro o hasta donde las limitantes del equipo, relacionados con el tipo de sedimentos del fondo marino, la profundidad del agua o un alto nivel de ruido permitieron registrar. Se observó un relieve derivado de las estribaciones de la SNSM, con acumulación de sedimentos principalmente en las depresiones entre altos topográficos y anomalías topográficas heredadas de una antigua línea de costa, controlada por estructuras en sentido NNW a lo largo de los ejes de las bahías.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la plataforma continental adyacente a las estribaciones de la SNSM, en las bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira, situadas en la margen continental del Caribe colombiano, del departamento del Magdalena, al noroeste de Colombia (Figura 1).

### Aspectos geológicos y geomorfológicos

La Sierra Nevada de Santa Marta es un bloque piramidal limitado hacia el norte por la falla de Oca, al occidente por la falla Santa Marta y al sureste por la cuenca Cesar- Ranchería.

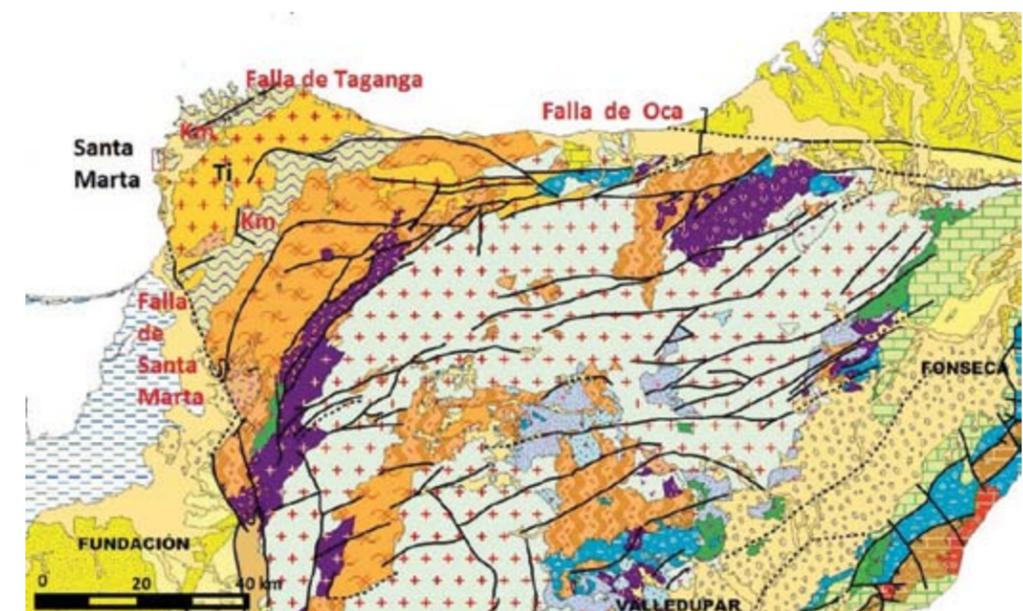
Las rocas que conforman el borde acantilado de las bahías, corresponden a la formación Esquistos de Santa Marta, constituida por rocas metamórficas de tipo Esquistos (km), intruidos, hacia la bahía de Gaira, por el batolito de Santa Marta de Edad Terciaria (Ti) [5] (Figura 2). Como resultado de la posición estructural, las rocas reflejan una serie de estructuras asociadas posiblemente a su movimiento y a los episodios de compresión y distensión resultantes del emplazamiento y levantamiento de la SNSM (Figura 2).

La falla de Oca constituye el límite entre la SNSM y el Mar Caribe; su traza se extiende con una dirección aproximada de N85°W; a partir del sitio Cañaveral (Parque Tayrona), se extiende por el mar, donde hace una flexión para coincidir aparentemente con el extremo oriental de la Falla de Taganga (Figura 2), que se constituye como el elemento tectónico aflorante más reciente del sistema de fallas de esta región.

La falla de Santa Marta es una estructura rectilínea que tiene dirección promedio de N15W, a partir del río Toribio (N11,03°, W-74,20°), sigue la línea de costa para conectarse con el extremo sur inferido de la falla de Taganga. Esta última alternativa es viable aunque no comprobada (Figura 2) [6].



**Figura 1.** Localización del área de estudio en el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta, NE de Colombia (Imagen Landsat ETM 7 y mapa político de Colombia y países vecinos).



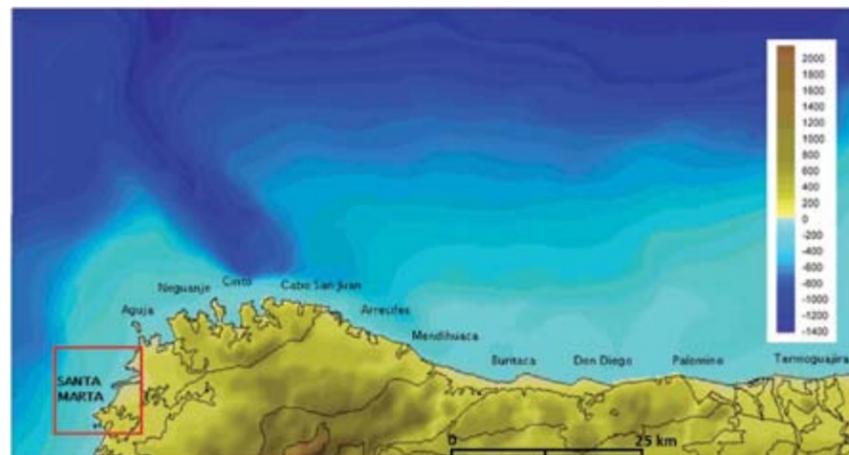
**Figura 2.** Marco geológico del área de estudio. Se destacan la formación Esquistos de Santa Marta (km) y el batolito de Santa Marta (Ti). Fallas de Oca y Santa Marta, delimitando al norte y oeste del bloque de la SNS. El cuadro rojo corresponde al área investigada (Modificado [7]).

### Geomorfología

Las bahías objeto de este estudio hacen parte del bloque Tayrona y su evolución parece corresponder a eventos tectónicos complejos asociados a la colisión del arco del Caribe con el continente y la posterior actividad de los sistemas de fallas de Oca y Santa Marta, que posibilitaron el emplazamiento de la SNSM al lugar que hoy ocupa, los cambios en el nivel del mar registrados en las rocas que conforman el borde costero y los rasgos geomorfológicos actuales sobre las mismas [8].

Las geoformas del bloque Tayrona están controladas por la fuerte foliación de la roca en sentido NE y la incisión profunda de valles orientados NNW, favorecida por estructuras geológicas perpendiculares a la línea de costa, que actualmente no son muy claras, pero que podrían corresponder a fallas [9]. El posterior relleno de estos valles, asociado al levantamiento de la Sierra en el Eoceno-Oligoceno y nuevas etapas de levantamiento, y episodios de fallamiento muy marcados en sentido WE-NE, con movimiento de bloques y/o el retroceso del nivel del mar, darían origen a la formación de las bahías encajadas en acantilados subverticales, superficies de abrasión, terrazas levantadas y depósitos coluvio-aluviales que se encuentran hoy en día [9].

Testigos de esta evolución se encuentran en la plataforma; de un lado ésta es muy estrecha o casi inexistente en el sector del bloque Tayrona, donde rápidamente se alcanza el talud continental; alcanza pendientes altas de hasta 14°, por lo que se considera que no es una plataforma continental como tal, sino que es reemplazada por un talud que se inicia muy cerca de la línea de costa [10] (Figura 3). Allí se



**Figura 3.** Fondo marino alrededor a la SNSM. Puede observarse que la plataforma marina es muy estrecha. El recuadro rojo marca el área de estudio (Modificado de [9]).

encuentran islotes o montículos remanentes de diversos tamaños y a diversas distancias de la línea de costa, e incluso depósitos de bloques o escombros que descansan sobre la prolongación submarina de los acantilados o en la plataforma misma [9]. Dentro de las bahías, la plataforma es mucho más plana, probablemente como consecuencia de la sedimentación asociada a los eventos antes descritos y la probable existencia de superficies de abrasión antiguas.

### Facies sedimentarias

Para la plataforma continental las facies sedimentarias reportadas por el CIOH [11] muestran la existencia de lodos litoclásticos dentro de las tres bahías. Sin embargo, en los levantamientos batimétricos de las bahías del Parque Tayrona, realizados por Díaz [12], afirman que los fondos blandos sólo se empiezan a encontrar a partir de los 40 m de profundidad, en la parte externa de las bahías.

Particularmente, para cada uno de los perfiles levantados, el mapa sedimentológico de ese estudio muestra lo siguiente:

- Perfil A, dentro de la bahía de Taganga. Arenas muy finas en todo el trayecto.
- Perfil B, afuera de la bahía de Taganga. Arenas finas hasta los 100 m de profundidad.
- Perfil C, entre Taganga y El Morro. Arenas muy finas a finas.
- Perfil D, al interior de la bahía de Santa Marta. Arenas muy finas.
- Perfil E, orientado E-W al frente de la bahía de Santa Marta. Arenas muy finas con variaciones en el intermedio a muy gruesas, para finalizar en arenas muy finas.
- Perfil F, orientado E-W al frente de El Rodadero. Arenas muy finas a finas.

### METODOLOGÍA

El levantamiento se realizó con un perfilador del subsuelo StrataBox™, especializado para trabajo *inshore* (aproximadamente 150 m de profundidad), que opera a 10 kHz, con una resolución de 6 cm y una penetración del fondo de hasta 40 m, dependiendo del tipo de material del fondo, la altura de la columna de agua y otros parámetros físicos de la misma [13]. Mediante el software *SyQwest StrataBox* versión 3.2 el equipo estuvo integrado a un GPSMAP 76 Garmin, para obtener el geo posicionamiento y post-procesamiento. Se utilizó como plataforma de lanzamiento un bote con motor fuera de borda, cuyo sensor se ajustó a la borda. El tiempo atmosférico permitió la realización de los perfiles a una velocidad promedio de 4,5 kmh<sup>-1</sup>.

Se levantaron seis perfiles, uno en la bahía de Taganga orientado WNW-ESE (A); el segundo en la boca de la bahía de Taganga orientado NNW-SSE (B); el siguiente es un perfil meridional en la boca de la bahía de Taganga (C); dentro de la bahía de Santa Marta uno muy corto, en sentido NNE-SSW (D), que se une con el perfil E, en la misma bahía, pero dispuesto en sentido E-W, aproximadamente perpendicular al litoral.

El último de los perfiles se hizo en la bahía de Gaira, al frente de la playa de El Rodadero, también en dirección E-W, normal a la costa (F) (Figura 4).



**Figura 4.** Localización de los perfiles levantados con la ecosonda Stratabox™ de 10 KHz. El segmento A (1,63 km) dentro de la bahía de Taganga y el B (4,65 km) como prolongación hacia el mar del anterior. El C (2,67 km) es un perfil meridional en la boca de la bahía de Taganga. El perfil D (1,35 km) es de calibración dentro de la Bahía de Santa Marta. El perfil E (4,25 km) frente a la ciudad de Santa Marta y el perfil F (4,5 km) frente a la playa de El Rodadero.

La ganancia y penetración del equipo depende del tipo de sustrato; para el caso de estas bahías, lo reportado en los estudios llevados a cabo muestran que hay un predominio de arenas finas en las bahías de Taganga y Santa Marta, mientras que en la de Gaira, aumenta el porcentaje de lodo. Teóricamente, y debido a esto, el equipo debería tener una mejor respuesta en esta última bahía.

El software permite al usuario cambiar la ganancia del equipo mientras se están tomando los datos y guarda la información en un archivo de extensión ".ODC". Una vez tomados los datos, el software permite ver nuevamente el archivo para realizar el post-procesamiento y obtener los perfiles en una sola serie. Una vez se obtuvo cada perfil independiente, se editaron los perfiles y posteriormente se delinearon los estratos de sedimento y cada estructura importante encontrada.

## RESULTADOS

El perfil dentro de la Bahía de Taganga (perfil A) se realizó desde la costa hacia fuera. Formaciones montañosas de hasta 30 m de alto, de estratos muy duros se perfilaron en el fondo de la bahía, separados por zonas deprimidas en las cuales se observó la acumulación de sedimentos (Figura 5).

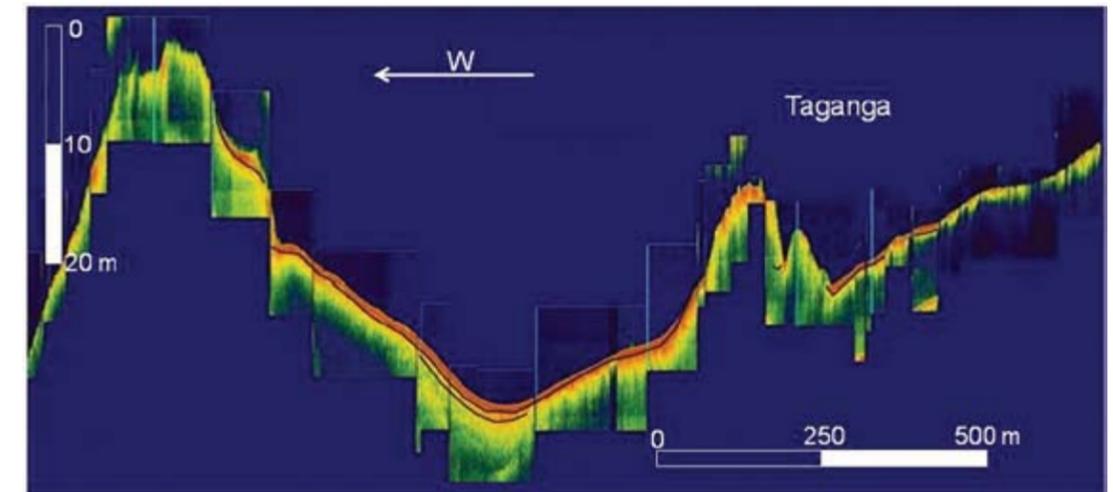
El fondo refleja la continuación de las estratificaciones de la SNSM, con un relieve ondulado, conformado por rocas metamórficas que no permitieron la penetración de la señal. En las hombreras, cimas y depresiones entre colinas, se alcanzaron a observar hasta dos estratos de sedimentos, el más somero de ellos con un reflector bien definido de más o menos un metro de espesor; el segundo, más profundo y débil, por lo que su traza sólo pudo seguirse en la parte más deprimida y amplia del perfil, donde su espesor es de aproximadamente uno a dos metros. Las cimas rocosas de las colinas muestran una reflexión difusa que puede indicar la presencia de formaciones coralinas que atrapan sedimento entre su estructura.

No se observan estructuras geológicas o estratos que se acuñen lateralmente, pero el relieve muestra la inexistencia de una verdadera plataforma continental, lo que resulta de suma importancia en el estudio de los procesos hidrodinámicos marino-costeros.

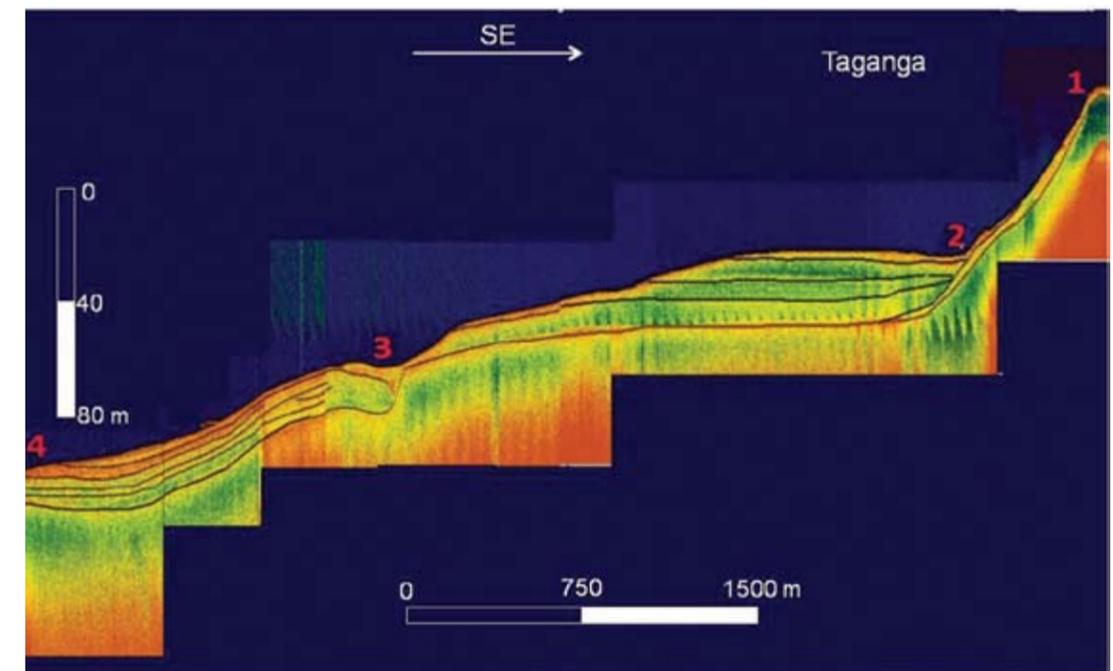
El perfil B (Figura 6), frente a Taganga, se realizó desde afuera de la bahía hasta los 150 m de profundidad. Inicialmente se observa la presencia de una vertiente que baja desde los 20 hasta los 70 m con un pendiente alta (1), sobre la cual, sin embargo, se observa una delgada acumulación de sedimentos, aunque el reflector sólo es bien definido hacia la cima. El relieve se suaviza y se observan al menos cuatro reflectores horizontales bien definidos (2), el más profundo de ellos a 100 m de profundidad, que alcanzan un espesor máximo de 30 m y se acuñan contra la vertiente al oriente y en el fondo al occidente. Separando los reflectores, la señal es ruidosa y ocasionalmente se delinean dos reflectores más, muy débiles.

Una ligera depresión marca el límite de este sector hacia el oeste y el reflector más profundo se acuña a 110 m de profundidad y parece desplazarse hacia abajo y hacia el oeste, provocando un posterior acuñamiento de los estratos sobre él (3). Es probable que este rasgo esté relacionado con una estructura geológica como una falla o fractura, que posteriormente fue rellenada por los sedimentos cuaternarios recientes, que alcanzan un espesor de hasta 10 m (4). Se observa claramente cómo los sedimentos siguen la topografía preexistente, por lo que los reflectores son ligeramente curvos e inclinados hacia el oeste (Figura 6).

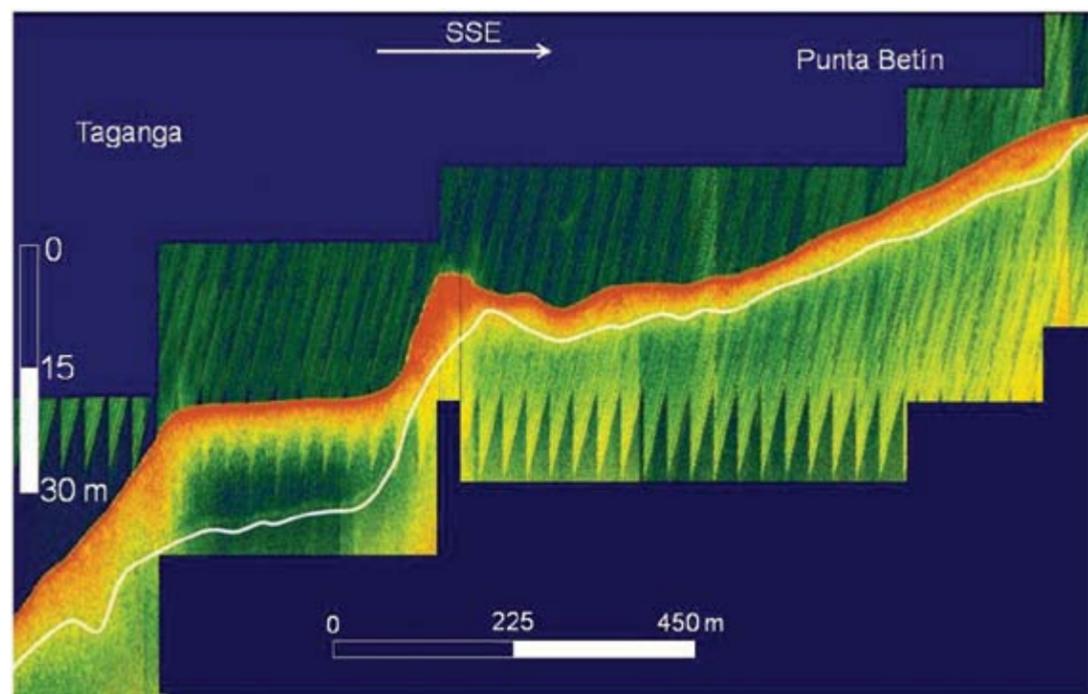
El perfil meridional entre Taganga y Punta Betín (C) es suavemente ondulado desde los 13 m hasta los 85 m de profundidad; el reflector del fondo es potente y alcanza un espesor de 1 a 2 m, que se hace más difuso hasta 5 m, aproximadamente. A los 85 m hay un escalón de 15 m de diferencia, que podría corresponder a una estructura geológica, fractura o falla y se caracteriza porque sobre ella la reflexión del fondo es muy fuerte y espesa, alcanzando hasta 10 m. A partir de allí, hacia el noroeste, el terreno es suavemente inclinado, con el reflector del fondo muy bien marcado y un reflector más tenue, 10 m por debajo, que sin embargo podría corresponder al reflejo del fondo. Un nuevo quiebre de la pendiente a 105 m marca el inicio de un fondo homogéneo, con una pendiente alta, que se registró hasta 135 m donde finalizó el perfil. El reflector del fondo fue mucho más débil, de menos espesor y por debajo de él, la señal fue muy difusa por espacio de 5 m más (Figura 7).



**Figura 5.** El fondo dentro de la Bahía de Taganga (perfil A), formaciones montañosas de estratos muy duros, la línea café muestra la máxima penetración.



**Figura 6.** Perfil B frente a Taganga. A 113 m de profundidad la estratificación uniforme se acuña, sobre lo que parece ser una estructura asociada al sistema rocoso de La Sierra. (1), vertiente cubierta por sedimentos blandos (2), acuñamiento de la estratificación sobre la vertiente; (3) posible estructura geológica, (4) estratificación que sigue el relieve inicial del fondo, sobre rocas de la SNSM (La imagen está exagerada en la vertical).



**Figura 7.** Perfil meridional entre Taganga y Punta Betín (C), con un fondo duro que permitió poca penetración. A 85 m se registra un escalón o quiebre en la pendiente que podría estar asociado con una estructura geológica.

El perfil D es meridional (NNE-SSW) hecho dentro de la Bahía de Santa Marta, muestra un fondo suave, con algunas ondulaciones en la parte central, probablemente causadas por afloramientos rocosos muy cerca del fondo. El perfil presenta una secuencia de sedimentos estratificados de no más de 5 m hacia el NE que se amplía hasta 15 m al SW, en la que es posible observar al menos dos reflectores, más el del fondo. La secuencia se acuña contra lo que parecen ser promontorios rocosos, donde sólo es posible seguir el reflector del fondo (Figura 8). No se observan estructuras geológicas ni deformación en los estratos.

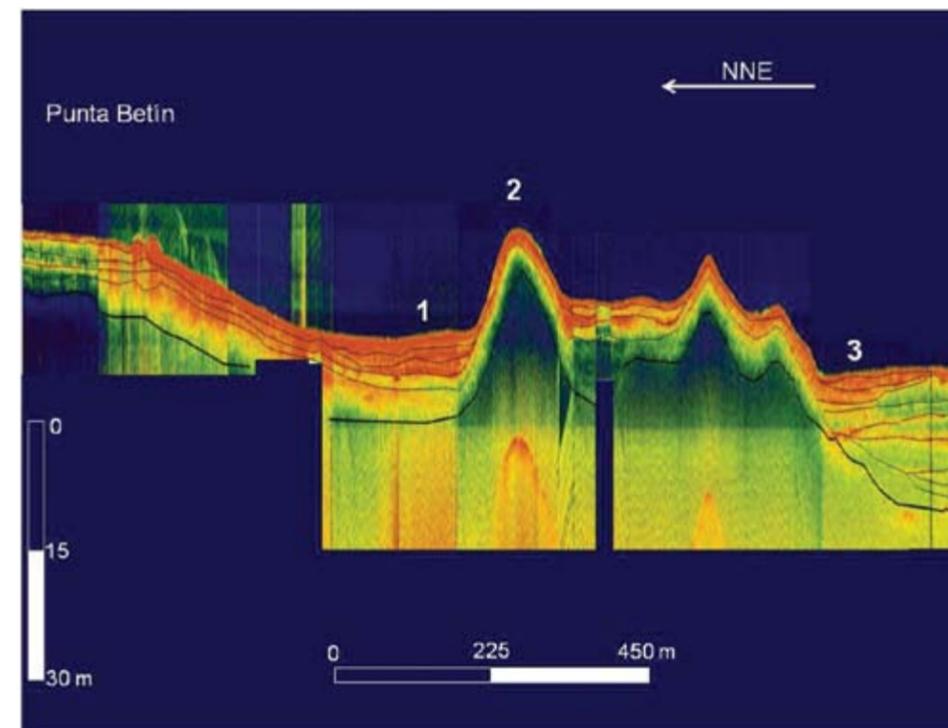
El perfil E, frente a Santa Marta, se realizó desde el centro de la bahía hacia el oeste. El perfil tuvo un descenso desde 30 a 150 m en 4,25 km, en los cuales se observó la estratificación de sedimentos en la plataforma y un ligero desnivel a 45 m de profundidad. Hubo al menos cuatro reflectores, no muy bien definidos, en un espesor máximo de 30 m. El reflector del fondo, normalmente muy delgado, de máximo 2 m de espesor, se hizo más grueso a partir de los 90 m de profundidad y hasta los 130 m, alcanzando hasta 15 m de

espesor, para luego disminuir a 1 m. Es probable que se deba a una mayor presencia de arenas en el fondo o la presencia de estratos duros. Hacia el final del perfil (extremo W) un reflector de 5 m muy bien definido se aprecia en la mitad de la secuencia, que aquí tiene un máximo de 35 m (Figura 9).

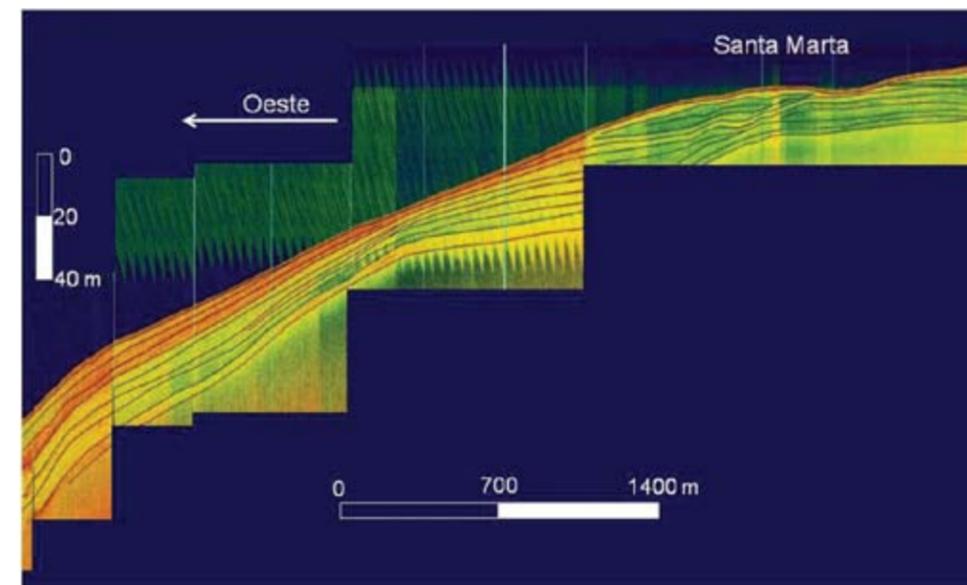
Se observaron reflectores que se acuñan contra el fondo, algunas ondulaciones que sugieren que éstos siguen un relieve inicial probablemente relacionado con las rocas de las estribaciones de La Sierra.

A diferencia de los perfiles anteriores, no se observaron rasgos tectónicos que deformarán el perfil.

El perfil F, en la ensenada de Gaira, al frente de El Rodadero, se realizó en sentido E-W a lo largo de 4,5 km. Al Este muestra una secuencia sedimentaria de hasta 20 m de espesor, en donde se distinguen al menos cuatro reflectores, los cuales se acuñan contra una estructura rocosa que se levanta a 35 m de profundidad. El relieve inclinado que genera este promontorio rocoso no



**Figura 8.** Perfil meridional (NNE-SSW) hecho entre la Bahía de Santa Marta, sedimentos estratificados (1) sistema rocoso (2), contacto con sedimentos blandos (3) la línea café y blanca muestra la máxima penetración.

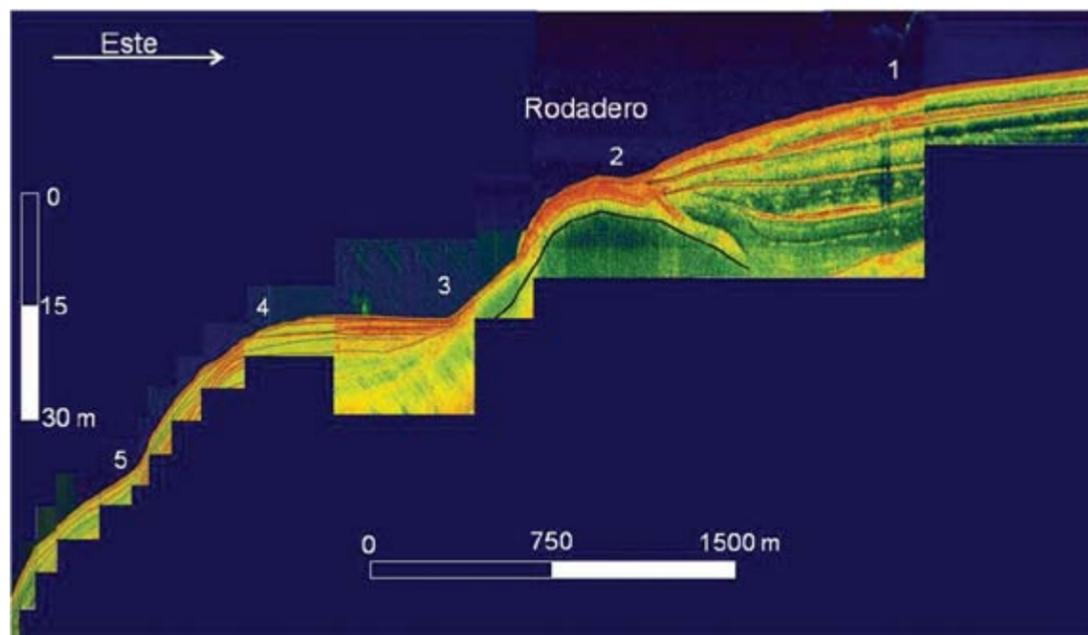


**Figura 9.** Perfil E frente a Santa Marta, desde el centro de la bahía hacia el oeste. Relieve muy regular con estratificación uniforme que alcanza hasta 35 m en el extremo W. Algunas ondulaciones y acuñamientos y un aparente cambio de material del fondo registrado a partir de los 90 m de profundidad (la imagen tiene exageración vertical).

permite la acumulación de una gruesa capa de sedimentos, por lo cual, una vez superada ésta, a 70 m de profundidad, el terreno se suaviza y de nuevo aparece la secuencia sedimentaria, acuñada de nuevo contra la roca y conformada por al menos tres reflectores que alcanzan un espesor máximo de 20 m, el cual paulatinamente va disminuyendo hasta donde se empina la pendiente a 75 m de profundidad. A partir de

allí y hasta los 150 m, los reflectores son muy difusos y alcanzan 5 m de espesor (Figura 10).

El afloramiento rocoso podría estar relacionado con una estructura geológica que permite la alineación de los morros en las bahías de Santa Marta y Gaira; sin embargo esto no es muy evidente.



**Figura 10.** Perfil F en la ensenada de Gaira, frente a El Rodadero. Secuencia sedimentaria finamente estratificada (1 y 3), interrumpida hacia la mitad del perfil por un afloramiento rocoso (2). En el recuadro puede observarse el acuñamiento de los estratos contra la roca. A 75 m de profundidad (4) empieza a hacerse más fuerte la pendiente y se extiende así hasta el final del perfil, con un ligero quiebre a 120 m (5).

## DISCUSIÓN

Adicional a los resultados geológicos que se pueden extraer de esta investigación, está la respuesta de la herramienta utilizada para hacer los perfiles. Se evalúa la máxima profundidad de penetración o rango máximo que puede ser investigado, la resolución vertical o mínimo rango que separa dos reflectores que pueden distinguirse; la resolución horizontal que responde a la habilidad del sistema para eliminar interferencias que provengan de ecos laterales que degradan las imágenes [14].

El perfilador del subsuelo StrataBox™ 10 kHz tuvo una respuesta bastante buena para las condiciones de las bahías muestreadas. Todas

ellas se caracterizan por profundidades entre 20 y 150 m, tener fondos de arenas finas y muy finas, superficiales, sobre estratos rocosos y con espesores de hasta 30 m en las depresiones que se forman entre los altos del relieve.

Se extrae de aquí que la profundidad de penetración máxima fue de 30 m, a 75 m de profundidad, con agua cristalina, en el perfil F de la bahía de Gaira, con un fondo de arenas muy finas, posiblemente lodosas como lo reporta el mapa de facies del CIOH.

En cuanto a la resolución vertical, en el mismo perfil y en el que se hizo al interior de la bahía de Santa Marta, se observan rangos mínimos de separación de reflectores de 5 m, probablemente

debido a la escala vertical en que se configuró la recepción de la señal durante el trabajo de campo. La resolución horizontal, sin embargo, parece mucho menor en cuanto a que los reflectores no pueden seguirse muy bien, la imagen se distorsiona y no es posible en la mayoría de los casos delinear bien los reflectores.

En cuanto al contexto geológico, los perfiles levantados en las tres bahías muestran la presencia de fondos duros, con relieve positivo que alcanza a aflorar en el fondo de las bahías, o está por debajo de delgadas capas de sedimentos finos. Son remanentes de los procesos evolutivos relacionados con el levantamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y quizás, más reciente aún, de los procesos geomorfológicos que dieron lugar a la individualización de bahías separadas por puntas o salientes rocosas.

En cualquiera de los dos casos o como combinación de ambos, es indudable la presencia de estructuras geológicas regionales, a lo largo de las cuales pudo haber movimiento de bloques. Como se expuso al principio del artículo, las fallas de Oca y Santa Marta parecen converger en el área de estudio [6] y algunos de los rasgos encontrados en los perfiles podrían estar relacionados con la traza de las mismas.

Se resalta en el perfil A de Taganga que los altos topográficos, más que responder a estructuras, son la prolongación de las salientes rocosas del sector. Ya afuera de la bahía (perfil B) se observa la plataforma continental con una pendiente un poco mayor a 1° y a 110 m de profundidad una ligera depresión en la que parece observarse un desplazamiento del reflector más profundo, con movimiento inverso de aproximadamente 10 m.

El perfil meridional entre Taganga y Punta Betín muestra una situación muy especial, si se considera que debería estar reflejando el paisaje propio de la plataforma continental que se describió en el perfil anterior. Aquí la pendiente alcanza en promedio 2,7° y tiene dos cambios muy marcados, el primero a 85 m de profundidad y el segundo a 105 m. Aparentemente la roca aflora muy superficial porque no se alcanzan a apreciar reflectores de capas sedimentarias; sin embargo, estos cambios topográficos parecen relacionados con fallas de movimiento inverso.

Más al sur, en la Bahía de Santa Marta, el perfil levantado dentro de la bahía es otra muestra clara de la irregularidad de la plataforma. Allí, entre 25 y 40 m de profundidad el fondo presenta un relieve ondulado asociado a las estribaciones de la Sierra. Más al oeste, en cambio, saliendo de la bahía, la plataforma se suaviza y desciende

lentamente, con una pendiente de 1,6°, que permite la acumulación de una gruesa secuencia de sedimentos, de la cual se alcanzan a registrar hasta 35 m en el extremo oeste, a 150 m de profundidad. No se observan anomalías o estructuras geológicas.

En la bahía de Gaira la plataforma se extiende suavemente hacia el oeste, permitiendo la acumulación de una secuencia sedimentaria de 20 m, que se acuña contra un alto topográfico, posiblemente relacionado con una falla inversa. El salto registrado es de aproximadamente 30 m y después de éste, continúa la plataforma con una secuencia de espesor similar al que traía antes de la estructura, para acuñarse paulatinamente contra el fondo a medida que la pendiente aumentaba para dar paso al talud continental a 150 m de profundidad, aproximadamente.

El registro de las coordenadas en donde se encontraron las posibles estructuras geológicas muestra que podrían estar alineadas con los morros de El Rodadero y Santa Marta, así como con las salientes rocosas que limitan las bahías, todos ellos rasgos de un antiguo límite costero, remanentes de la evolución geomorfológica, favorecida por estructuras en sentido NNW que definen el eje de las bahías y otras estructuras mucho más regionales, posiblemente asociadas a los sistemas de fallas de Oca y Santa Marta [9].

## CONCLUSIONES

Los registros obtenidos con el perfilador del subsuelo StrataBox™ permitieron detectar la presencia de un relieve derivado de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta en la plataforma continental adyacente.

Los altos relieves localizados en esta parte de la plataforma posibilitaron la acumulación de sedimentos principalmente en las depresiones entre ellos, donde pueden apreciarse secuencias de capas sedimentarias que se pinchan hacia los extremos; en forma similar, en algunos sectores en donde la pendiente es inferior a 2° se ha producido la acumulación de sedimentos en capas más o menos paralelas entre sí.

Las anomalías topográficas de la plataforma parecen heredadas de una antigua línea de costa, controlada por estructuras en sentido NNW que definen los ejes de las actuales bahías y por megaestructuras asociadas a las fallas de Oca y Santa Marta, que jugaron un papel importante en el levantamiento y evolución de la SNSM y las cuencas del bloque Tayrona y de la Baja Guajira.

En este sentido esta investigación no es concluyente; se necesitan más perfiles y con una herramienta que permita una mejor definición de los reflectores para confirmar una posible relación de estas anomalías topográficas con las fallas de Oca y Santa Marta.

### Literatura Citada

- [1] Xiu Hua Ren, Chao Zhang, Guang Jiu Qin, Jin Sheng Zhang. *Application of Ultrasonic Bathometer for Muddy-Water to Intellectual Detection of Root-Stone in the Yellow River, Advanced Materials Research, 518-523, 4074, Mayo 2012.*
- [2] Andrade, C. A., Y.F Thomas, (2013). Geometría de los depósitos cuaternarios y actuales en bahía de Cartagena de Indias, Colombia, Boletín Científico CIOH No. 30, (en impresión).
- [3] American Oceanographics S.A. 2011. *Survey Report: Magnetometer and Seismic Surveys of the planned construction area within the bay of Panama. En Anexo 8.5. Notas de la Dirección de Patrimonio Histórico y Resultados de la Investigación Arqueológica y Subacuática [Internet]. [Consultado el 10/07/2013]. Disponible en: [http://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/orgullo/legacy\\_url/153/PDF\\_Anexos\\_3.pdf?1339982447](http://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/orgullo/legacy_url/153/PDF_Anexos_3.pdf?1339982447).*
- [4] Banks, W.S.L., and Johnson, C.D., 2011. *Collection, processing, and interpretation of ground-penetrating radar data to determine sediment thickness at selected locations in Deep Creek Lake, Garrett County, Maryland, 2007: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2011-5223, 36 p.*
- [5] Tschanz, Ch. M., Jimeno, A. y Vesga, C., 1969. *Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta Area (Colombia). Informe 1829. Ingeominas. Bogotá.*
- [6] Geosearch, 2007. Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 Y 34. Informe preparado para Inveimar como parte del proyecto "Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta". Bogotá, 331 pp.
- [7] Ingeominas, 2006). Atlas Geológico de Colombia. Esc.1:500.000. Mapa Geológico de la Sierra Nevada de Santa Marta.
- [8] Tschanz, C.M., Marvin, R.F., Cruz, J., Mehnert, H.H. and Cebula, G.T., 1974. *Geologic evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta, northeastern Colombia. Geological Society of America, 85, pp. 273 - 284.*
- [9] Ingeominas, Ecopetrol-ICP, Inveimar, 2008. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta. Geomorfología. Informe de proyecto preparado por el programa de Geociencias Marinas del Inveimar. 333 pp.
- [10] Molina, A., 1993. Estudio sedimentológico y morfológico de la plataforma continental Caribe colombiana entre el sector de Santa Marta y Punta Morro Hermoso. Cartagena. Bol. Cient. CIOH No.14. 67-77pp.
- [11] CIOH, Centro de Investigaciones Oceanográficas E Hidrográficas del Caribe, 1990. Estudio sedimentológico de la plataforma continental del Caribe colombiano. Planchas Col 2635.
- [12] Díaz, J.M., Ed.1990. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Informe final de investigación.
- [13] Syquest. *Stratabox 3510 Specifications [Internet]. [Consultado el 08/09/2008]. Disponible en: <http://www.sqwestinc.com/stratabox/strat3510-spec.htm>.*
- [14] Langli, B. & Le Gac, J-C., 2004. *The First Results with a New Multibeam Subbottom Profiler. In: OCEANS '04. MTTs/IEEE TECHNO-OCEAN '04 (Volume: 2 ) Pp. 1147 - 1153.*

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del Inveimar para la adquisición de los datos, con el préstamo de la lancha y la participación del personal del programa de Geociencias Marinas. También presentan su agradecimiento sincero a Jaime Orejarena, quien nos acompañó activamente en campo y etapas iniciales de edición.