



\***Constanza Ricaurte**  
sasyricaurte@yahoo.com

\***Juan Gabriel Domínguez**  
gabrielh76@hotmail.com

\***Gisela Mayo**  
gisemayo2003@yahoo.es

\***Carlos Alberto Andrade**  
candrade@buzcald.com.

\*\***Hernán Mauricio Ospina**

\*\***Alfredo de Jesús Gutiérrez**

\***GIO-ENAP**  
\*\***CIOH**

**CIOH**  
www.cioh.org.co

# Nota sobre algunos rasgos geomorfológicos de los Bancos de Salmedina

## Resumen

Se describen rasgos geomorfológicos de los Bancos de Salmedina mediante el análisis de la batimetría, videotransectos georeferenciados e imágenes de ecosonda multihaz en modo de sonar lateral. La zona estudiada tiene un área total de 10.5 km<sup>2</sup> de los cuales 4 km<sup>2</sup> correspondieron a las zonas propiamente arrecifales y 0.45 km<sup>2</sup> a lodos finos y lodolitos de origen diapírico. Los Bancos están compuestos por 5 elevaciones que corresponden a: Salmedina, Burbujas, Ygio, Kubina y Ukura\*. La geomorfología de estas formaciones se encuentra determinada por la influencia del oleaje predominante del noroeste, la actividad diapírica, muy reciente en el Banco Burbujas, representada en la aparente presencia de cráteres, grietas profundas y emanaciones de gas.

**Palabras claves:** Bancos de Saldemina, Mar Caribe

## Abstract

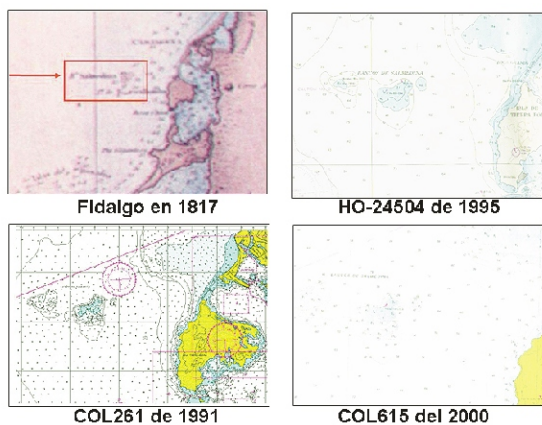
Geomorphologic characteristics of Salmedina Banks, are described through analysis of the batimetry, georeferenced videotransects and multibeam sonar images. The studied area has a total area of 10.5 km<sup>2</sup> of which 4 km<sup>2</sup> corresponded to zones of coral reef and 0.45 km<sup>2</sup> to fine muds and mudstones of diapiric origin. The Banks are composed of 5 elevations that correspond to: Salmedina, Burbujas, Ygio, Kubina y Ukura. The geomorphology of these formations is determined by the influence of the predominant swell from the north-west, the diapiric activity, very recent in Burbujas Bank, as represented in the apparent presence of craters, deep cracks and gas emanations.

**Key words:** Saldemina banks, Caribbean Sea.

\* Se proponen estos nombres de la lengua U'wa con el siguiente significado: Ukura: cadena montañosa, Kubina: cima de montaña, Ygio: guardián.

## Introducción

Los Bancos de Salmedina se encuentran en un sector de gran importancia para la navegación al estar ubicados en medio de las rutas de acceso a la ciudad de Cartagena de Indias, uno de los principales puertos turísticos, comerciales y militares del Caribe colombiano. Su importancia se evidencia al encontrarse referenciados en todas las cartas de navegación de la zona desde tiempos coloniales. La expedición Fidalgo en su carta de 1817 los registra como un accidente costero sin dar mayores detalles sobre la batimetría, las cartas HO-24504 de 1995, COL261 de 1991 1997 y COL615 del 2000 (Fig.1) muestran como se ha ido adquiriendo mayor detalle al respecto. Sin embargo hasta ahora se realiza un esfuerzo para desarrollar un estudio completo de la morfología de este importante accidente costero.



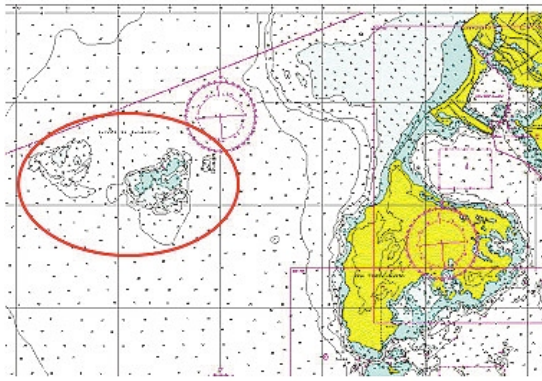
**Figura 1.** Fragmentos de las cartas náuticas que referencian los Bancos de Salmedina: Expedición Fidalgo en 1817 (a), la carta HO-24504 de 1995 (b), COL261 de 1991 1997 (c) y COL615 del 2000 (d).

La Plataforma colombiana se extiende por más de 900 km, bordeando la costa Caribe

colombiana (Tabares et al, 1996) haciendo parte de la placa Caribe, la cual está limitada por las placas de Norteamérica, Suramérica, Nazca y Cocos conformando un sistema tectónico complejo (Burel, 1982 en Vernet et al, 1983) caracterizado por la presencia de islas y bajos arrecifales establecidos desde la costa hasta el borde de la plataforma entre los que se encuentran el Archipiélago Islas del Rosario, San Bernardo, Bancos Salmedina, entre otros (Tabares et al, 1996).

Los Bancos de Salmedina se encuentran localizados en la zona central de la plataforma continental del Caribe colombiano que va entre Punta Canoas y el Archipiélago de San Bernardo, esta zona ha sido definida por muchos autores (Geister, 1983; Vernet et al, 1983; Vernet, 1985) como una zona altamente compleja, en la cual el diapirismo de lodo, entre otros factores, ha jugado un papel importante en la modelación del relieve submarino. Los diapiros de lodo son producto de una interacción compleja entre la sedimentación y la tectónica compresional y su distribución está asociada con el fallamiento regional, esto se demuestra por la presencia de un cordón arrecifal holocénico (edades aproximadas entre 5.000 y 10.000 años BP) que comienza en los Bancos de Salmedina y se extiende en dirección SSW hasta Isla Fuerte por unos 200 km (Geister, 1983; Díaz et al., 1996).

Se encuentran localizados entre los  $10^{\circ} 21' 15''$  y  $10^{\circ} 23' 10''$  de latitud Norte y los  $75^{\circ} 38' 05''$  y  $75^{\circ} 41' 45''$  de longitud Oeste, aproximadamente 7 km al Oeste de la punta norte de la Isla de Tierra Bomba en Cartagena (Fig. 2).



Fuente: Carta náutica COL 261 (CIOH), 2000.

**Figura 2.** El área de estudio en el círculo muestra su posición respecto de la Bahía de Cartagena.

## *Materiales y métodos*

### **Levantamiento batimétrico**

El levantamiento batimétrico fue demarcado con base en los levantamientos de años anteriores y en la carta COL 261, así como en el derrotero digital Costa Norte y área insular del Caribe colombiano. Se tuvieron en cuenta ayudas a la navegación, zonas de peligro, puntos geodésicos de referencia, así como también las diferentes autoridades que ejercen control del área.

Los datos de profundidad se procesaron de acuerdo a las normas internacionales vigentes de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI). Los sistemas de posicionamiento y sondeo se enlazaron mediante el uso de un computador portátil y el programa hidrográfico HYPACK (Hydrographic Package), el cual permitió seguir líneas para el cubrimiento, la recolección, edición y procesamiento de los datos, efectuar correcciones por variaciones de marea, calado del transductor, importación y exportación de datos en formatos de intercambio con los

otros programas y las revisiones de datos en bloque necesarias.

Se efectuaron líneas de corrida perpendiculares a las prolongaciones del Banco y de verificación perpendiculares a las líneas de corrida. La separación de líneas se hizo de acuerdo a las escalas programadas para el levantamiento, a escala 1:5000 para aguas someras fue de 50 metros equivalentes a 1 cm en el plano; y 500 metros de separación entre líneas perpendiculares de verificación equivalente a 10 cm en el plano. La precisión del punto de conduje fue de +/- 1 metro, de acuerdo con la publicación S-44 de la OHI. El error en la medición de las profundidades no excedió 0.3 metros, de 0 a 30 metros, 1 metro de profundidad de 30 a 100 metros y del 1% a las profundidades mayores de 100 metros.

Para el presente trabajo se utilizaron 2 plataformas. La parte Este del área de estudio fue levantada en la lancha "Sondaleza" con equipo de sondeo digital Echotrac DF 3200 con transducer de alta frecuencia de 200 Khz para aguas someras y con sistema de posicionamiento el DGPS Sercel NR103 con estación NDS-200 instalada en el punto No. 001 CIOH (Estación Meteorológica). El Banco Burbujas fue levantado por el buque oceanográfico "ARC Quindío" con una Ecosonda Multihaz FANSWEEP-20-200 frecuencia 200 Khz, con ángulos de barrido hasta de 152° (12 veces la profundidad vertical), 1440 haces por barrido en ángulos de 1.3° todo esto integrado en un sistema de navegación HYPACK MAX.

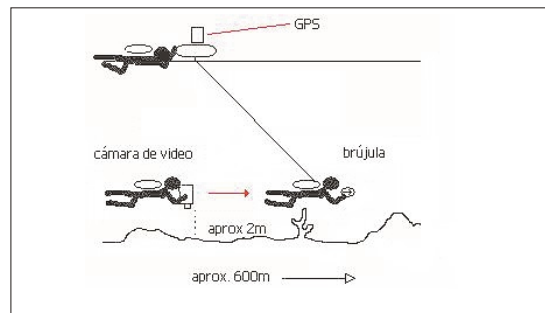
Las ecosondas se calibraron al inicio y al término de la jornada (período diurno o nocturno que no tuvo interrupciones por más de 2 horas o en el que las condiciones climáticas de trabajo no cambiaron bruscamente). El calado de la embarcación se introdujo una vez terminado el día de trabajo,

directamente en el programa y no en la ecosonda. Las hojas de bote se actualizaron en el terreno y se verificaron en éstas el avance del trabajo diariamente. Para verificar los datos que se recolectaron se comparó las profundidades en los cruces de líneas de sondaje y verificación. Para la corrección de mareas se utilizaron los datos de las tablas de marea pronosticadas, publicada por el IDEAM para la fecha en el área de Cartagena.

Utilizando la ecosonda multihaz del Buque Oceanográfico “ARC Quindío” descrita anteriormente, se realizaron veintitrés perfiles en modo de sonar lateral sobre el Banco Burbujas. Con ayuda del programa HYPACK MAX se construyó un mosaico de las imágenes georeferenciadas de los perfiles, con el fin de analizar las respuestas acústicas de los diferentes sustratos (corales, arenas o lodos) sobre el relieve subacuático de esta zona que en modo de imagen permitieron caracterizar formas y sustratos en el mismo.

### Videotransectos georeferenciados

Para identificar las diferentes geoformas en los Bancos, se realizaron videotransectos subacuáticos a favor de la corriente usando equipos de buceo autónomos, con ayuda de una videocámara digital marca Panasonic 3CCD modelo PV-GS70 sumergida mediante el uso de un “Housing” EQUINOX PROPAC 6-GS70. Las filmaciones se realizaron manteniendo una distancia aproximada de 2 metros del fondo. Cada transecto se georeferenció en superficie utilizando un GPS Garmin GPSMAP76, unido a un boyarín que se mantuvo vertical sobre la cámara. La toma de datos de posición se realizó cada 1-2 minutos (Fig. 3). La hora del GPS y de la videocámara fue sincronizada al inicio del transecto con el fin de poder relacionar las imágenes captadas por la cámara con el punto geográfico.



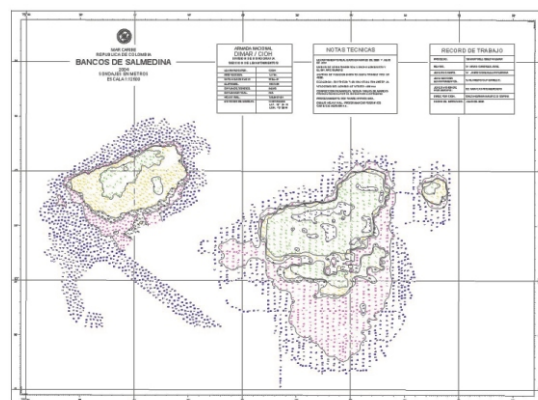
**Figura 3.** Diagrama de la metodología empleada en los video-transectos

Las filmaciones se examinaron extrayendo una imagen cada 30 segundos hasta obtener toda la secuencia a lo largo del video transecto y con sus posiciones se cartografiaron con ayuda del programa MAPINFO Professional 7.0.

## Resultados

### Levantamiento hidrográfico

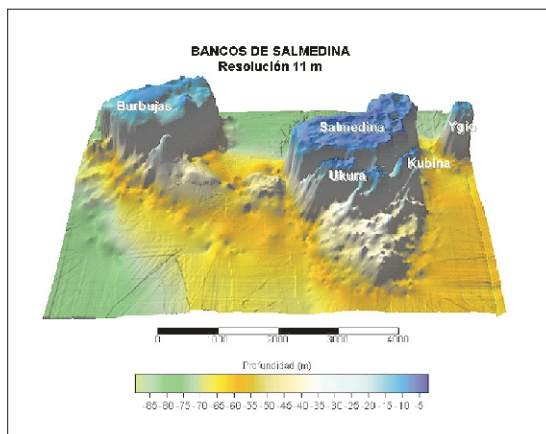
El levantamiento hidrográfico realizado a los Bancos de Salmedina durante el presente proyecto permitió definir con detalle la geomorfología de cada uno de los bancos que conforman el complejo. Se encontró que existen elevaciones en forma de cráteres tanto en el Banco Salmedina como Burbujas (Fig. 4) y cambios abruptos de profundidad en los canales que separan las diferentes elevaciones que conforman los Bancos.



**Figura 4.** Mapa batimétrico de los Bancos de Salmedina escala 1:12500

## Geomorfología

Los Bancos de Salmedina tienen un área total de 10.5 km<sup>2</sup>, de los cuales 4.45 km<sup>2</sup> corresponden a las plataformas más altas. Anteriormente se definían como 3 formaciones: Salmedina, Burbujas y un bajo pequeño al norte (Ygio) (eg. Vernet, 1985 y Díaz et al, 2000) en el presente estudio se encontró que son cinco elevaciones (Fig. 5), las 3 ya descritas y 2 más al sur del Banco Salmedina (Kubina y Ukura) separadas de este por un canal que alcanza hasta 39 m de profundidad y a su vez separadas entre sí por un canal de hasta 17 m de profundidad, los canales entre los Bancos alcanzan profundidades entre los 60 y 80 m haciéndose más profundos hacia el sector occidental conforme se alejan de la línea de costa. La menor profundidad es de 3.7 m sobre el Banco Salmedina. Los Bancos Kubina y Ukura son un poco más profundos con 5.7 m en su zona más somera, tanto el Banco Ygio como Burbujas tienen profundidades mínimas de 9.6 m, con una irregularidad en este último que presenta una elevación conspicua que llega a los 7.2 m.



**Figura 5.** Modelo digital de los Bancos de Salmedina, mostrando las 5 formaciones que lo conforman (Salmedina, Burbujas, Ygio, Kubina y Ukura)

## Banco Salmedina

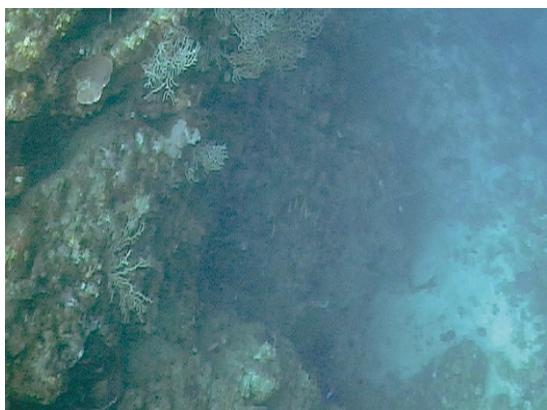
El Banco Salmedina es el promontorio de mayor tamaño entre los cinco que conforman el complejo llamado Bancos de Salmedina. También es el Banco más somero. En su superficie se encuentran ubicadas dos estructuras de origen antropogénico que emergen a la superficie, uno es el faro de señalización que se encuentra en su zona meridional y que alcanza unos 20 m de altura sobre el nivel del mar y el otro es el barco hundido que tuvo el faro anterior que se encuentra ubicado en la zona Noreste cerca al cantil (Fig. 6) y emerge unos pocos centímetros en marea baja. La morfología del fondo muestra que el Bajo tiene una forma más o menos rectangular con su flanco más largo hacia el norte y con un alargamiento hacia su sector noreste a manera de una gran cabeza que rompe con la tendencia rectangular del resto del banco.



**Figura 6.** Estructuras emergidas en el Banco Salmedina

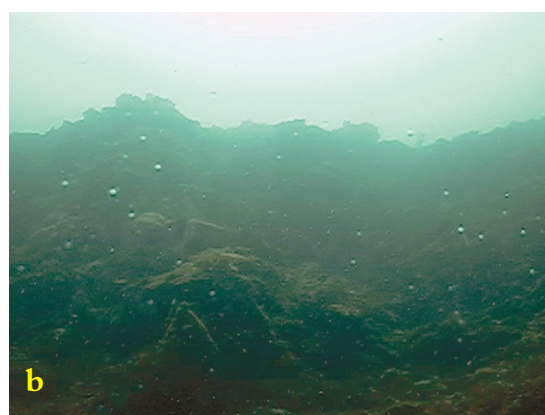
La base del Banco Salmedina tiene un perímetro de aproximadamente 6,5 km con un área de 2,2 km<sup>2</sup>, que se eleva abruptamente desde unos 50 hasta unos 8 m de profundidad

donde se inicia un extensa meseta, esta tiene un área de 1,5 km<sup>2</sup> es relativamente plana y regular alcanzando profundidades entre los 8 y los 4 m, en algunas zonas el sustrato calcáreo se eleva aproximadamente 2 m por encima del fondo formando terrazas a manera de espolones surcados por canales de arena casi siempre con orientación norte-sur. La formación más importante de este tipo está conformada por un cinturón continuo de 1 km a lo largo del borde norte de la meseta. El cantil norte es semi-vertical formando una pared que cae hasta unos 35 m de profundidad (Fig. 7), considerablemente más inclinada que la pendiente del cantil sur del Banco que es más escalonada y cae unos 25 m.



**Figura 7.** La pared norte del Banco de Salmedina

La meseta superior presenta en su parte Nororiental dos depresiones muy notorias y puntuales con forma circular, la primera de unos 4 m de profundidad y unos 150 m de diámetro en su parte más ancha, las paredes muestran una fuerte pendiente y están colonizadas por sustrato coralino. La segunda es más importante alcanzando 20 m de profundidad. El fondo está cubierto por lodo fino y grandes cantidades de octocorales muertos y acumulados hacia el medio del “cráter” (Fig. 8 a y b).



**Figura 8.** Apariencia del fondo (a) y de la pared del cráter (b) de la meseta superior del Banco Salmedina

La zona Sur del Banco Salmedina es bastante diferente. Hacia la zona central el sustrato es de arena y escombros sobre la matriz calcárea, el cantil presenta una pendiente menor a la del cantil norte y se extiende hasta unos 30 m de profundidad. En el sector sureste del Banco el cantil tiene una característica especial que no se presenta en ninguna otra parte, el sustrato aquí está conformado por rocas de diversos tamaños, dando la apariencia de un “derrumbe” de grandes proporciones.

### **Bancos del Sur**

Al Sur del Banco Salmedina separados por un profundo cañón que se extiende por 1,8 km de

longitud en dirección oeste-este con profundidades entre los 12 m en su sector más somero en el centro y que se profundiza hacia los costados alcanzando profundidades de 38 m, se encuentran los Bancos del sur, son dos elevaciones Banco Ukura y Kubina alineadas en dirección Este-Oeste separadas entre sí por un canal de 17 m de profundidad. El cantil norte de estos Bancos conforma la pared sur del cañón que los separa del Banco Salmedina; una pared semi-vertical que cae hasta 38 m de profundidad en algunos sectores. El cantil sur de estos Bancos tiene una pendiente muy pronunciada aunque menor que la pendiente del cantil norte y alcanza profundidades similares cercanas a los 40 m de profundidad (Fig. 9).



**Figura 9.** Pared sur del canal que separa los Bancos del Sur del Banco Salmedina.

El Banco Ukura ocupa un área de 0,33 km<sup>2</sup>, tiene forma irregular alargado en dirección Este-Oeste, es ancho en su sector Este reduciéndose en su parte media hasta formar un corredor de 130 m y se vuelve a ensanchar en su sector oeste formando una delgada meseta superior en forma de “ocho”, que varía entre los 6 y los 8 m de profundidad. Este banco es el más cercano al Banco Salmedina, separado del mismo por la zona más delgada (90 m) y menos profunda (12 m) del canal.

El Banco Kubina es más pequeño que el anterior con un área total de 0,115 km<sup>2</sup> en su base, este Banco tiene una forma irregular y alargada en dirección Sureste-Noroeste, su parte superior es una meseta muy delgada que alcanza los 6 m de profundidad siendo su parte más somera, se encuentra a 200 m del Banco Salmedina, separado del mismo por la parte más ancha y profunda del canal. El cantil Norte cae hasta 38 m de profundidad formando una pared semi-vertical continua, mientras el cantil sur es interrumpido por un escalón a los 20 m de profundidad y luego continúa hasta alcanzar unos 40 m.

### **Banco Ygio**

Este Banco se encuentra a 0,58 km hacia el este del Banco Salmedina, es el Banco más pequeño de los que conforman los Bancos de Salmedina con un área de 0,106 km<sup>2</sup> y un perímetro de 1 km en su base. Este domo de forma aproximadamente circular se eleva de una manera abrupta desde una profundidad de 51 m hasta una profundidad de 9 m, es un promontorio delgado que termina en una meseta superior con un área de 0,072 km<sup>2</sup>, la meseta presenta una ligera inclinación en dirección sur-este, mostrando las menores profundidades hacia el sector noreste (9 m) y se va profundizando hacia el sector suroeste hasta una profundidad de 18 m en el borde del cantil. Este cantil tiene una pendiente muy inclinada totalmente vertical en algunos sectores principalmente en la parte norte del Banco (Fig. 10), donde se observan fallas importantes que forman grietas anchas y profundas. La meseta está dominada por formaciones calcáreas que constituyen terrazas interrumpidas por profundos y delgados surcos de arena orientados en dirección Norte-Sur.



**Figura 10.** Pared norte del Banco Ygio

### **Banco Burbujas**

El Banco Burbujas ubicado a 1,45 km al oeste del Banco Salmedina, es la formación que le sigue en tamaño a éste último, con un perímetro en su base de 5,27 km y un área de 1,7 km<sup>2</sup> aproximadamente. Este banco muestra una forma rectangular con uno de sus lados más extensos orientado hacia el Noroeste, siguiendo la morfología típica de los otros bancos. También presenta un cantil norte muy empinado que se eleva desde una profundidad de 55 a 60 m hasta unos 9 m en la parte más somera del Banco. El cantil sur tiene una pendiente menos abrupta y se eleva desde una profundidad de 40 a 50 m hasta una profundidad de 17 m.

El Banco forma una meseta irregular e inclinada en dirección Norte-Sur con menores profundidades en el sector norte (9 m en promedio) y mayor profundidad en el límite sur-este (19 m), la meseta superior presenta un área de 1 km<sup>2</sup> aproximadamente.

El sector Norte de la meseta se encuentra dominado por grandes terrazas coralinas que se elevan del fondo hasta 2 m, orientadas de Norte a Sur a manera de espolones surcados

por valles de arena, mientras el sector Sur del Banco es muy diferente. El sector de terrazas de la parte norte termina abruptamente en una pendiente empinada de unos 4 m donde se origina un valle que abarca todo el sector Sur y Suroeste de la meseta, tiene una profundidad de 13 m en su parte más somera (al Norte) y llega hasta los 19 m en el borde del cantil Sur. El sustrato en los límites Norte y Este del valle es una mezcla entre arena, escombros de coral, lodos finos y lodolitos, hacia el centro del valle el porcentaje de arena y escombros disminuye hasta que el sustrato en el centro del valle (sur del Banco) está conformado únicamente por lodo fino de color gris (Fig. 11).



**Figura 11.** Valle de lodos finos.

En el sector central del valle de lodo fino se eleva un pico de 8 m de altura que llega hasta una profundidad de 7 m. Este pico tiene un perímetro en su base de 1 km aproximadamente (Fig. 12) y un área de 0,07 km<sup>2</sup>, termina en una cima semicircular más o menos plana cubierta totalmente por lodolitos pequeños (menores a 10 cm de diámetro) y rodeada por un anillo de formaciones rocosas de más o menos 0,016 Km<sup>2</sup>, la región sur del pico es un cantil empinado de rocas sueltas de diferentes tamaños que se une con el cantil sur del Banco y cae hasta 30 m de profundidad mientras el cantil norte de sustrato calcáreo cae unos 8 m hasta el valle.





**Figura 12.** Falda rocosa del pico en el Banco Burbujas

También se ha observado el desprendimiento de burbujas de gas, desde el fondo en diversos sectores de este Banco por lo cual es conocido como Bajo Burbujas (Fig. 13), en el mes de agosto de 2004 se registró la emanación de burbujas en el sector Noreste del Banco saliendo del sustrato calcáreo entre los corales y desde la arena circundante, cerca de los límites entre la zona de corales vivos y el valle de arena y lodo. También se observó desprendimiento de Burbujas en el sector noroeste del Banco Salmedina en junio del 2003 en medio de un parche de coral.



**Figura 13.** Emisiones de gas en el Banco Burbujas

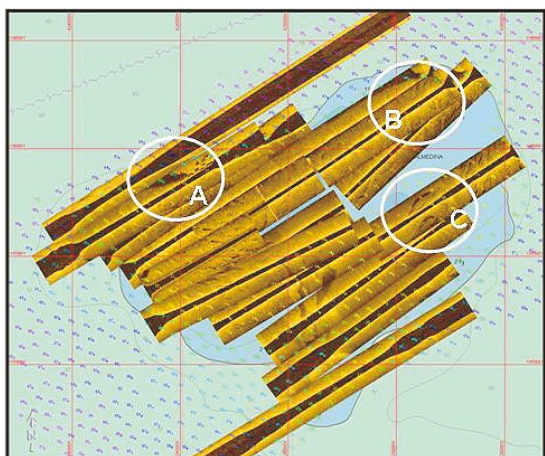
El 12 de julio del 2004 en el valle del Banco Burbujas, se registró un fenómeno atribuido a una posible erupción de lodo, cuando la visibilidad se redujo prácticamente de 20 m a menos de 1 m en una zona restringida a los tres primeros metros desde el fondo del valle cerca a las faldas del pico, debido a gran cantidad de lodo fino en suspensión, al mismo tiempo se escucharon sonidos secos como explosiones bajo el agua que podrían provenir de un fenómeno de diapirismo activo.

### **Análisis de las imágenes de Ecosonda Multihaz**

Un mosaico realizado a partir de las imágenes georeferenciadas obtenidas con la ecosonda multihaz (Fig. 14) proporcionó una idea general del sustrato sobre el relieve submarino del Banco Burbujas y además permitió evidenciar las geoformas ya encontradas a partir de los videotransectos. Acercamientos sobre varias zonas (A, B y C) muestran detalles sobre las geoformas encontradas sobre el Banco.

Las “líneas” negras en las cintas corresponden a la zona de sombra del haz lateral y el ancho de estas zonas está determinado por la profundidad de la columna de agua debajo del buque. De esa manera las zonas más angostas

corresponden a áreas más someras y las zonas más anchas a las más profundas. Las bandas marrones presentan figuras correspondientes a la reflexión de la onda acústica y a las “sombras” producidas detrás de los objetos de tal forma que la presentación continua es una “foto acústica” del terreno. Al mismo tiempo, la “textura” del suelo permite diferenciar los arrecifes de coral (manchado) de las arenas (punteado) y de los lodos (liso).



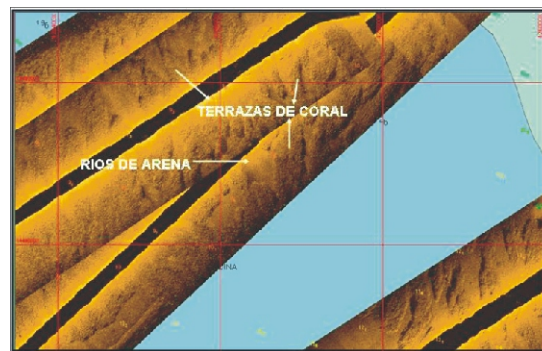
**Figura 14.** Mosaico realizado a partir de imágenes georeferenciadas obtenidas con ecosonda multihaz, los círculos blancos muestran las áreas que se describen en detalle.

Un acercamiento sobre la zona A (Fig. 15) muestra varias características de la zona noroeste del Banco. Un talud de pendiente pronunciada, evidenciado por la sombra que se proyecta en la imagen, una zona de rocas en forma de escalones sobre la parte profunda donde termina el Banco y áreas de parches coralinos.



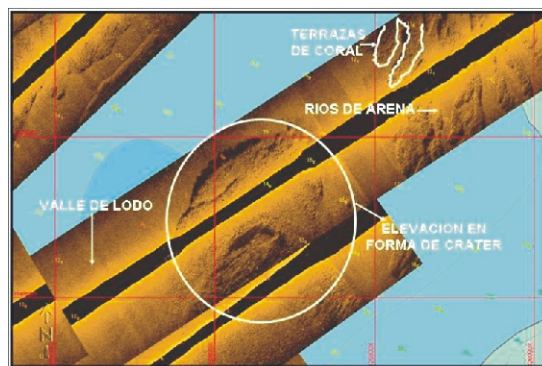
**Figura 15.** Detalle de la zona A en el lado Noroeste del Banco Burbujas

La zona B (Fig. 16) que corresponde al área Noreste del Banco muestra un área de terrazas coralinas intercaladas con ríos de arena en dirección sureste.



**Figura 16.** Detalle de la zona B en el lado Noreste del Banco Burbujas

La zona C (Fig. 17) que corresponde al área Sureste del Banco muestra en las terrazas de coral y ríos de lodo, una elevación en forma de cráter circundada por un valle de lodo de gran extensión.



**Figura 17.** Detalle de la zona C en el lado Sureste del Banco Burbujas

## Discusión

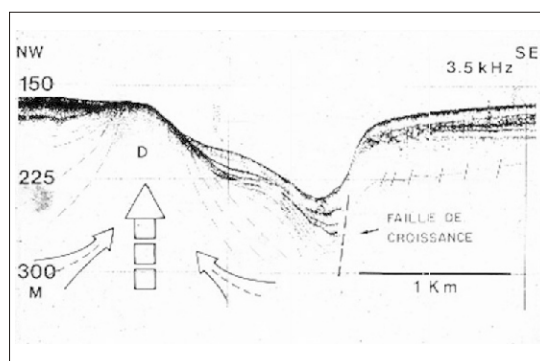
Los datos obtenidos permitieron un análisis de los elementos físicos que han modelado las geoformas en los Bancos de Salmedina;

principalmente en términos de la tectónica, el vulcanismo de lodo y el oleaje.

El fenómeno de diapirismo fue ampliamente observado en la conformación de la geomorfología actual de los Bancos de Salmedina, en el sector oeste se evidencia un diapirismo más reciente. Vernette (1985) describe actividad diapírica en zonas en las que se observa emisiones de gas, como las encontradas sobre el Banco Burbujas y el oeste del Banco Salmedina durante el desarrollo de este estudio.

El Banco Burbujas presenta dos zonas bien definidas por su morfología y cobertura, la primera caracterizada por elevadas terrazas calcáreas y la segunda conformada por un valle cubierto por lodos finos que ocupan el 48% del área total de la meseta. Esta distribución se encuentra íntimamente relacionada con la actividad diapírica presente en el Banco. El valle se caracteriza por un sustrato cubierto por una capa de lodos finos y la ausencia casi total de organismos vivos en su cobertura. La ausencia de vida posiblemente es debida al continuo aporte de lodos proveniente de actividad diapírica en esta zona, que impiden el asentamiento de cualquier tipo de organismo. Esta teoría es respaldada con las observaciones de gran cantidad de lodos en suspensión, en mar muy calmo, cayendo sobre el valle acompañados del sonido de fuertes explosiones.

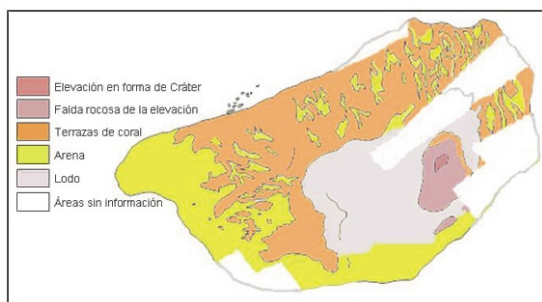
El proceso de creación de fallas por desplazamiento del material diapírico al formarse un domo descrito por Vernette en 1985 (Fig.18), podría dar una explicación al valle que hoy ocupa casi la mitad del área total de Burbujas y que se encuentra contiguo a la prominencia que se eleva en medio de dicho valle. Esta prominencia presenta características que podrían sugerir que se trata de un domo diapírico.



**Figura 18.** Esquema mostrando el proceso de creación de fallas por desplazamiento de material al formarse un domo diapírico (Tomado de Vernette, 1985)

La zona Norte de la meseta en Burbujas es muy similar en morfología a la zona norte de las demás elevaciones que conforman los Bancos de Salmedina, caracterizada por terrazas calcáreas atravesadas por surcos de arena, en general los surcos aparentemente están orientados en la dirección del oleaje predominante que en la zona tiene dirección Nor-Noreste.

La influencia del oleaje tiene un papel relevante sobre la geomorfología de la zona, es evidente que los Bancos Salmedina y Burbujas presentan un frente paralelo al tren de oleaje de fondo predominante. Esta característica mutua sugiere que los domos diapíricos fueron “modelados” por el régimen de oleaje, exponiendo su lado norte al embate continuo de las fuertes olas lo que propicia una abrupta pendiente en este frente y un área de menores profundidades debido al crecimiento coralino. El desgaste progresivo de la estructura por el norte provoca la típica forma semi-rectangular presente tanto en el Banco Salmedina como en Burbujas que son los más expuestos al oleaje y que sirven como protección a los demás Bancos disminuyendo la energía del oleaje que golpea más al sur y al este.



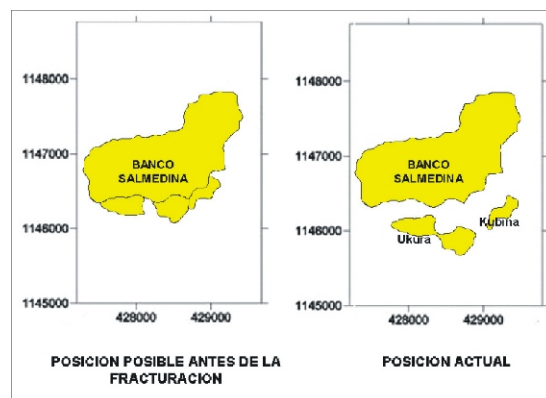
**Figura 19.** Esquema de algunas geoformas del Banco Burbujas a partir de la señal lateral de la ecosonda multihaz (en modo de sonar de barrido lateral).

Las dos depresiones sobre el sector Noreste de la meseta superior del Banco Salmedina, tienen una forma circular muy regular y paredes verticales que no responden a un efecto directo del oleaje, lo que nos lleva a pensar en que posiblemente son dos cráteres que se originaron por actividad diapírica, hoy en día funcionan como dos trampas de sedimento donde se acumulan grandes cantidades de corales muertos o arrancados y sedimentos finos arrastrados por las fuertes corrientes que predominan en el área.

El nivel de exactitud del levantamiento batimétrico utilizado en este estudio permitió identificar cinco Bancos y no tres como aparece en otros levantamientos realizados en la zona, debido al reconocimiento de un canal que se extiende por 1,8 km en el flanco sur del Banco Salmedina y que lo separa de dos elevaciones independientes que llamamos los Bancos del Sur (Ukura y Kubina), anteriormente considerados parte del Banco Salmedina.

La concordancia de geoformas y la pendiente abrupta y semi-vertical de las paredes del canal entre Banco Salmedina y los Bancos del Sur sugieren que estos Bancos se desprendieron del Banco principal por un movimiento tectónico que causó un fracturamiento del

sector sur del Banco Salmedina originando el canal que hoy separa estas elevaciones (Fig. 20).



**Figura 20.** Esquema de la posición de los Bancos del Sur (Ukura y Kubina) antes de la posible fracturación y posición actual.

El origen de los Bancos del Sur es tema de discusión y amerita nuevos estudios sedimentológicos y de datación del sustrato en la zona.

## Reconocimientos

Los autores agradecen al personal del centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Señalización Marítima, Estación de Guardacostas de Cartagena, al señor José Ladeut por su diestra mano en el timón del bote. A la geóloga Gladys Bernal, en especial al Biólogo Jaime Orejarena, al TN Juan Carlos Gómez y a la tripulación del “ARC Quindío” por su valiosa colaboración en el trabajo de campo. A Efraín Rodríguez Rubio por sus comentarios en el desarrollo de este artículo. Este estudio hace parte del proyecto “Estudio Oceanográfico Integral de los Bancos de Salmedina, Caribe Colombiano” financiado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y

la Tecnología “Francisco José de Caldas” COLCIENCIAS, la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH y la Universidad Nacional de Medellín.

## Referencias bibliográficas

Díaz, J.M., J.A. Sánchez y G. Díaz-Pulido, Geomorfología y Formaciones Arrecifales Recientes de Isla Fuerte y Bajo Bushnell, Plataforma Continental del Caribe Colombiano, *Boletín INVEMAR*, 25, 87-105, 1996.

Díaz, J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F.A. Zapata, S. Zea, Áreas Coralinas de Colombia, *INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales*, 5, 175, 2000.

Duque-Caro, H., Structural Style, Diapirism, and Accretionary Episodes of the Sinú-San Jacinto Terrane, Southwestern Caribbean Borderland, *Geological Society of America, Memoir*, 162, 303-316, 1984.

Geister, J., Holozäne Westindische Korallenriffe: Geomorphologie, Ökologie und Fazies, *Facies*, 9, 173-284, 1983.

Leble, S. y R. Cuignon, El Archipiélago de las Islas del Rosario, Estudio Morfológico, Hidrodinámico y Sedimentológico, *Boletín Científico CIOH*, 7, 37-52, 1987.

Tabares, N., J.M. Soltau y J. Díaz, Caracterización Geomorfológica del Sector Suroccidental del Mar Caribe, *Boletín Científico CIOH*, 17, 3-16, 1996.

Vernette, G., S. Hincapie de Martínez, J.O. Martínez y C. Parada, Caractéristiques et Mise en Place des Sédiments sur la Plate-forme Continentale Colombienne (du Rio Magdalena au Golfe de Morrosquillo), *10<sup>e</sup> Conférence Geol. des Caraïbes, Cartagena, In : Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, 35, 87-102, 1983.

Vernette, G., La Plate-forme Continentale Caraïbe de Colombie (du Débouché du Magdalena au Golfe de Morrosquillo), Importance du Diapirisme Argileux Sur la Morphologie et la Sedimentation, Thèse de Doctorat D'état es Sciences, AL' université de Bordeaux I, 1985.