

Nota Sobre la Circulación de las Aguas en el Bajo Alicia y el Sector de San Andres Islas

CFESP CARLOS A. ANDRADE, MSc. Oceanógrafo, LUIS GIRALDO, Ing. Oceanólogo, SERGUEI LONIN PhD. Oceanólogo.

División de Estudios Ambientales Marinos, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena de Indias D.T. y C., Colombia

RESUMEN

Se describen las condiciones oceanográficas en el sector de Bajo Alicia, con base en la información obtenida durante el muestreo efectuado del 6 al 25 de febrero de 1996 y sensores remotos. Los parámetros observados han sido comparados con los característicos, desde el punto de vista climatológico, para el área de San Andrés y el conjunto de islas, islotes, cayos y bajos que forman el área de ubicación de la zona de interés.

Con base en la información hidrológica e hidrográfica obtenida durante el crucero, se ha efectuado un cálculo preliminar de la circulación integral en el Bajo, aplicando el método geostrofico, cuyos resultados han sido comparados con estudios anteriores y con una ventana de datos para la zona, obtenida a partir de información del altímetro del ERS 1.

ABSTRACT

A description of the oceanographic conditions in the Alice Shoal Area are given on a cruise from 6-25 february 1996 and remote sensing. Observed measurements are compared with climatology of the San Andres Archipelago. Geostrophic integral circulation of the surveyed area was calculated. This results were compare with those of later cruises and with Sea Surface Anomaly from ERS - 1 data.

1. INTRODUCCION

La compleja configuración morfológica del sector de San Andrés Islas, con el conjunto de cayos, bajos y pasos que lo forman, provoca variaciones importantes, en el contexto regional, de los campos hidrológicos e hidrodinámicos. Tanto desde el punto de vista práctico como académico, resulta interesante determinar la intensidad de los flujos que tienen lugar en los pasos ubicados entre islas y bajos. Esta es una tarea que debe ser resuelta en varias etapas, que van desde el monitoreo de las condiciones ambientales en el campo, hasta el cálculo del movimiento de las aguas, tanto con base en los resultados de las mediciones de la temperatura, salinidad, meteorología y batimetría en la zona, como en métodos de percepción remota.

Con el presente trabajo se busca dar el primer paso, calculando en una fase preliminar el movimiento de las aguas en Bajo Alicia a partir de las distribuciones de temperatura y salinidad, teniendo en cuenta el relieve submarino y comparando los resultados del cálculo con los reflejados por los datos del campo de anomalías del nivel del mar, dados por el altímetro del ERS 1. Los resultados

presentados son preliminares y representan una fase inicial de un estudio completo de la dinámica de las aguas en toda la zona de San Andrés Islas.

2. DESCRIPCION FISICA GENERAL

Las islas, cayos, bancos y arrecifes que forman el archipiélago de San Andrés y Providencia se ubican en un eje, orientado de noreste a suroeste y con una longitud de 285 millas aproximadamente. Sus extremos son el bajo Alicia por el norte ($16^{\circ}15'N - 79^{\circ}23'W$) y los cayos Albuquerque por el Sur ($12^{\circ}07'N - 81^{\circ}52'2''W$).

Las características de todas las plataformas son similares: un talud fuerte que emerge de profundidades promedio de 1500 m., arrecifes y arenas coralinas (DAINCO, 1980). Las islas, cayos y bajos son de origen y conformación volcánica. La plataforma insular es independiente de la continental centroamericana, separada de ésta por profundidades de hasta 2400 m. en la depresión localizada al Oeste de la isla de Providencia, por lo cual las islas son oceánicas, siendo su distancia menor al continente de 180 km. (Márquez, 1987).

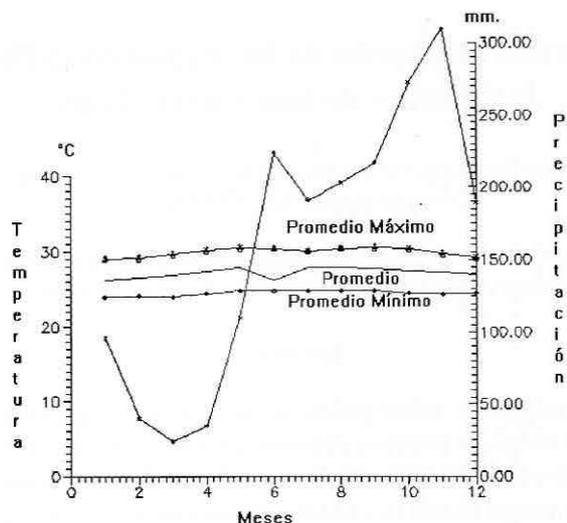


Fig. 1. Diagrama ombrotérmico para el área de San Andrés y Providencia (Fuente: Garay et al., 1988).

El bajo Alicia presenta una forma general circular con un diámetro de 11 millas náuticas (20.3 km.), cuyas profundidades son menores de 20 brazas (36 m.), desprovistos de cayos o de porciones emergentes y constituidos por corales y arena blanca (Chirivi, 1988).

CLIMA

El clima de la zona está clasificado como isomegatérmico (DAINCO, 1980). El clima es similar al que predomina en islas como Jamaica, Santo Domingo, buena parte de Cuba y la costa del Caribe de Colombia y Venezuela, con excepción de parte de la Guajira y algunos sectores muy localizados. Dentro de la clasificación climática de Strahler y Strahler (1976) el clima de la zona se ubica dentro de los de bajas latitudes como clima húmedo, seco, tropical. Se distingue una época seca que cubre febrero, marzo y abril mientras que mayo es una transición hacia el máximo lluvioso de junio; julio y agosto son moderadamente lluviosos, septiembre, octubre y noviembre se caracterizan por presentar el tipo de la época lluviosa y noviembre y diciembre son moderadamente lluviosos; por último, enero es un mes de transición de lluvia a clima seco, como lo presenta el diagrama ombrotérmico calculado para la región (Figura 1).

Las temperaturas medias mensuales en la zona tienen poca variación. El promedio más elevado es el de agosto con 27.8°C y el mes más frío es febrero con 26.2°C. Entre diciembre y febrero se registran unas temperaturas inferiores a los 27°C, lo que refleja una mayor intensidad de vientos Alisios del Noreste. La humedad relativa está entre los 70 y 80% con un promedio mínimo de 67%. En general el archipiélago está dominado por los vientos alisios del

Este y Noreste y el clima se ve así mismo afectado por la corriente de las Antillas y la corriente del Caribe, la cual tiene un curso general oeste y se dirige a Yucatán pasando por el Norte de la Guajira, para pasar al Golfo de México y confluir a la corriente del Golfo.

En la zona de San Andrés se estima una temperatura media de la superficie del agua entre los 26 y 28° alcanzando unos 27° hacia los 100 m. de profundidad. Estas condiciones térmicas se consideran óptimas para el desarrollo de corales formadores de arrecifes dado que la variación de temperaturas está entre los 2 y 3° a través del año.

PARAMETROS OCEANICOS

Diferentes autores clasifican las aguas del archipiélago de San Andrés y Providencia como las de un mar cálido estratificado, pobre en nutrientes, con un fitoplancton variado pero de biomasa baja (Márquez, 1987). La estratificación ha propiciado un ecosistema pelágico estable de baja fertilidad, (en el sentido dado por Margalef, 1972), aunque con alteraciones locales debidas a remolinos (eddies).

La salinidad durante todo el año conserva valores cercanos a los 35.00 ‰ (DAINCO, 1980). La región del archipiélago ha sido señalada como de permanentes ascensos de aguas profundas más frías y ricas en nutrientes que generan en algunos sectores productividades relativamente altas. En este sentido, muestreos efectuados por la Armada Nacional - CIOH han encontrado altas concentraciones de fosfatos en proximidades de San Andrés y en los alrededores del cayo Roncador (Garay et al., 1984).

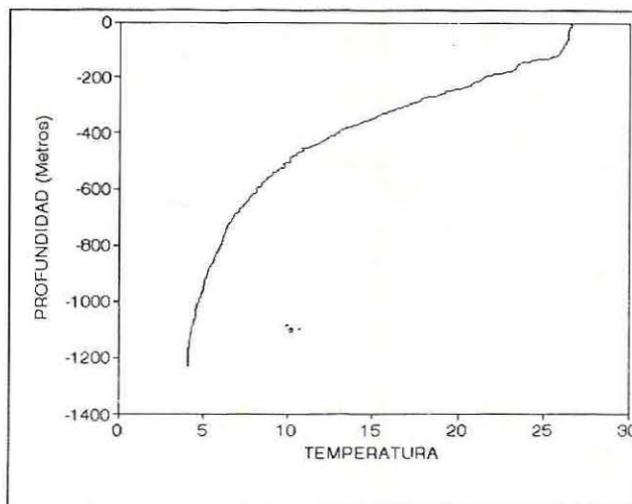


Fig. 2. Perfil vertical de temperatura del agua en Bajo Alicia (febrero de 1996).

El estudio de datos históricos en la zona, realizado por Wust en 1964, le permitió identificar las siguientes masas de agua en los primeros 1000 metros, con base en las expediciones del B/O Atlantis y el B/O Crawford entre 1939 y 1960 (González, 1987):

- Agua superficial del Caribe (hasta una profundidad de 50 a 75 metros, caracterizada por su baja salinidad),
- Agua subtropical intermedia (con un máximo de salinidad entre los 150 y 200 metros),
- Agua intermedia subantártica (mínimo de salinidad entre los 600 y 900 metros).

El análisis de la información recolectada durante los cruceros Océano VI, Océano VII, Océano VIII y Océano IX permitió establecer la existencia de una estratificación termohalina en la zona, típica de los mares tropicales. Los promedios espaciales oscilaron, en dependencia de la época de muestreo, entre los 27.87 y 29.45 °C. Los perfiles verticales presentaron, prácticamente, la ausencia de mezcla, así como una termoclina caracterizada por un gradiente vertical no muy fuerte. Este particular fue también descrito por Garay et al. (1988), quienes encontraron que la capa de mezcla varió estacionalmente, encontrándose durante la época húmeda hasta los 50 metros y prácticamente, desapareciendo durante la seca.

La capa superficial en el mar Caribe, según resultados del estudio realizado por Molinari, (1982), presenta salinidades inferiores a los 35.5 ‰, relacionadas con las desembocaduras de los ríos a la cuenca del Caribe y con las precipitaciones que, en algunos casos, exceden la evaporación. Wust, (1964) relaciona la existencia de esta capa en el Caribe con las aguas de los ríos Orinoco, Amazonas y Magdalena, que, según lo mostrado por las

distribuciones de silicatos, son transportadas por la advección hasta diferentes zonas de la región.

El análisis de los cuatro cruceros mencionados, realizados entre 1983 y 1984, presentó promedios de salinidad superficial ligeramente mayores que los de Molinari, (1984) ubicados entre las 35.6 y 36.2 ‰, debido, al parecer, a la lejanía del archipiélago de los grandes afluentes, mencionados anteriormente. El máximo de salinidad se ubicó en profundidades diferentes, lo que pudo estar relacionado con la época de muestreo. Así, por ejemplo, el máximo de 36.85 ‰ en junio de 1983 se ubicó a los 100 metros. En octubre de 1983 estuvo ubicado a los 60 metros y fue de 36.87 ‰. Por último, en febrero de 1984 se ubicó a los 145 metros y fue de 36.72 ‰. De tal forma que, el comportamiento de la salinidad parece dibujar un ciclo anual de variación de ubicación del nivel correspondiente al máximo, encontrándose en profundidades mayores en la época seca y aproximándose hacia la húmeda. Un fenómeno parecido ocurre con el nivel del mínimo, que para los muestreos analizados osciló entre las 34.83 ‰ y 35.22 ‰ (González, 1987).

El seguimiento climatológico de las distribuciones horizontales de temperatura en los diferentes niveles de profundidad, ha permitido identificar la presencia de un remolino (eddy "Isabel") al Este de la isla de Providencia con un radio aproximado de 60 millas y con influencia hasta los 270 metros, aproximadamente (Garay, et al., 1988).

Las variaciones estacionales de la temperatura del agua presentan una diferencia de, más o menos, dos grados entre las dos épocas climáticas (González, 1986).

La circulación del Caribe ha sido estudiada por diferentes métodos, que han arrojado como resultado común la presencia del

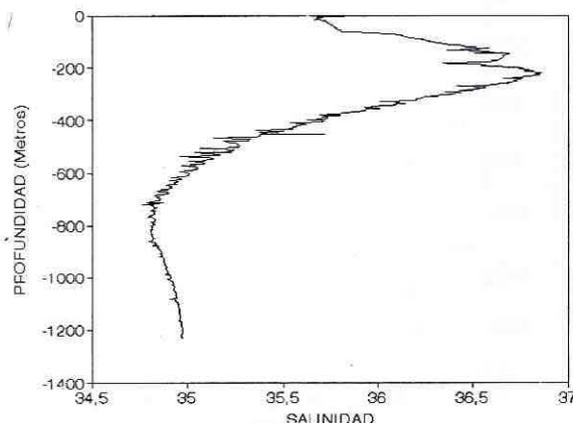


Fig. 3. Perfil vertical de salinidad en Bajo Alicia (febrero de 1996)

flujo Caribe desde Las Antillas hacia el Golfo de Méjico, así como de remolinos de diferente intensidad, originados por efectos conjuntos del relieve submarino y la baroclinidad. En la zona del archipiélago, *Garay et al.*, (1988) efectuaron un análisis del relieve dinámico con referencia al nivel de los 500 metros, con base en la información hidrológica obtenida en los cruceros oceanográficos efectuados en 1983 - 1984.

La configuración del relieve dinámico en la zona permitió identificar varios rasgos importantes del sistema de corrientes. El paso del flujo Caribe entre las islas y cayos, la formación de remolinos localizados en varias partes del archipiélago, especialmente en la zona que antecede a las islas de San Andrés y Providencia durante los meses de julio y octubre. En el Norte del archipiélago un flujo con dirección noroeste a través de los bancos de Serranilla, Alicia y Rosalinda. En febrero, la zona Norte se ve afectada por un flujo con dirección suroeste.

3. METODOLOGIA

Para la comparación de las características hidrometeorológicas e hidrodinámicas, se ha utilizado material correspondiente a los cruceros Océano VI, VII, VIII y IX, el levantamiento efectuado en febrero de 1996 y ventanas de circulación inferida a partir de datos de altimetría obtenidos a partir del satélite ERS-1. De esta forma, ha sido posible ubicar en un contexto regional las condiciones observadas en el Bajo Alicia.

Las mediciones de los parámetros meteorológicos se realizaron en forma continua durante todo el período de muestreo con ayuda de una estación automática DAVIES. El seguimiento de las condiciones ambientales y el apoyo con pronóstico marino se efectuó, también en forma continua, desde la Central de Pronósticos Meteorológicos y Oceanográficos de la Armada

Nacional con sede en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) en Cartagena.

Para la caracterización de la época climática correspondiente al muestreo se calcularon los promedios diarios y se trazó la correspondiente línea de comportamiento.

El registro de la temperatura y salinidad del agua se realizó mediante un perfilador CTD (Conductivity, Temperature and Depth) Seabird 19, lanzado a profundidades promedio de 1000 metros. La temperatura superficial fue medida con termómetro de cazoleta y en el laboratorio del CIOH se efectuaron pruebas de calibración del sensor de salinidad con salinómetro Beckman, utilizando muestras del área.

Además de los perfiles verticales de los parámetros hidrológicos se graficaron sus distribuciones horizontales.

Las corrientes en el Bajo Alicia se calcularon a partir de la distribución de los parámetros hidrológicos, con base en el método geostrofico. El campo de densidad se efectuó con base en la fórmula de UNESCO (*Mamayev*, 1987). Este, a su vez fue preparado en una malla de 30X30 puntos con una resolución aproximada de 1.1 kilómetros. Las interpolaciones se efectuaron por medio del método de interpolación anisotrópica por pesos. En la vertical las interpolaciones se efectuaron en forma lineal a las profundidades de 20, 50, 75, 100, 200, 300, 500, 600, 800 y 900 metros.

El relieve submarino se tomó a partir del levantamiento efectuado durante la campaña de febrero y se preparó en una grilla con dimensiones similares a la malla de cálculo, interpolando los valores en forma lineal a los puntos de interés.

La circulación integral en el área se ilustró calculando el campo de líneas de corriente, tomando como herramienta de análisis el modelo geostrofico. Los resultados se dan en Sverdrups.

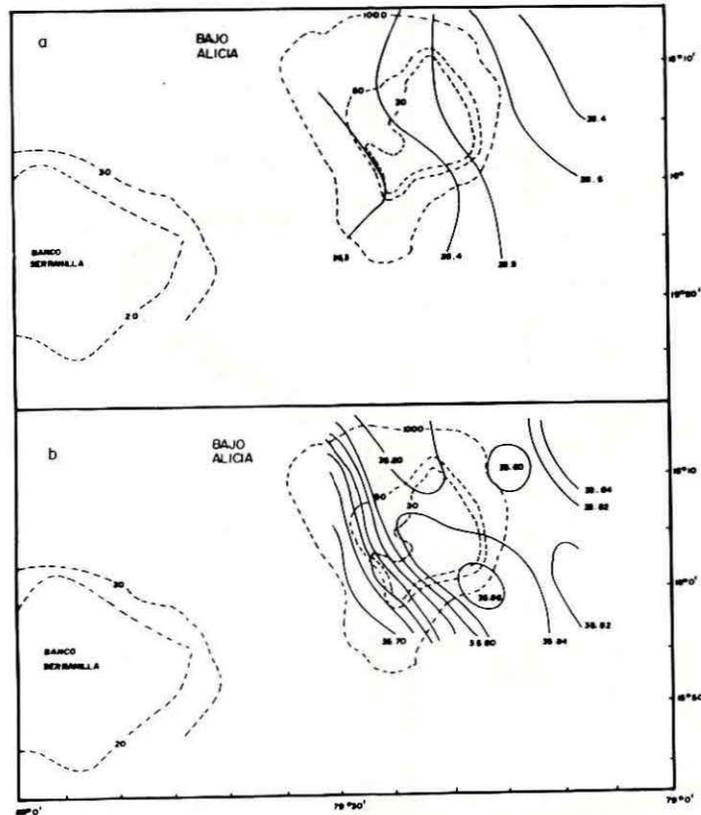


Fig. 4. a) Temperatura y b) Salinidad a los 50m. Feb/96

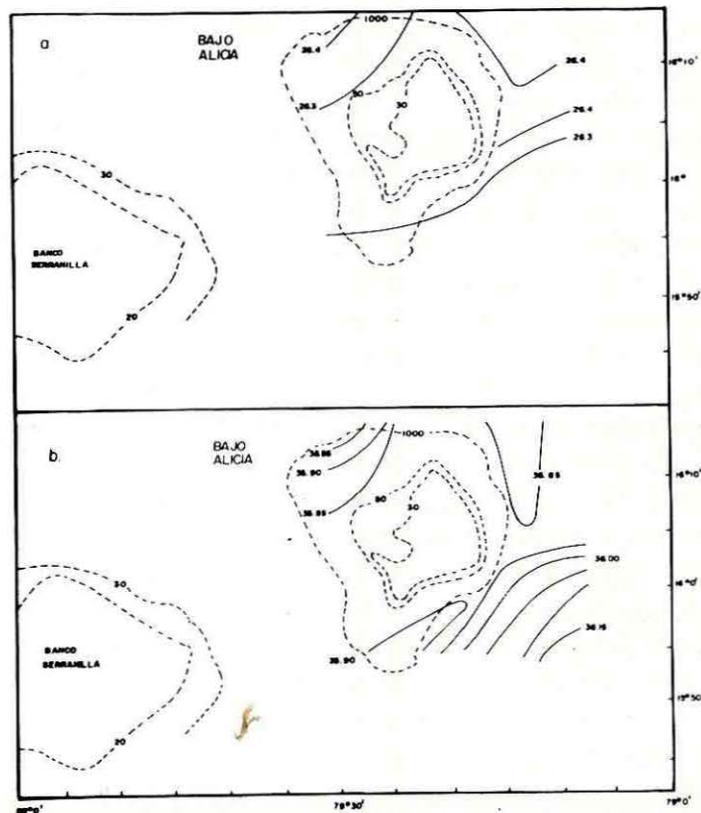


Fig. 5. a) Temperatura y b) Salinidad a los 75m. Feb/96

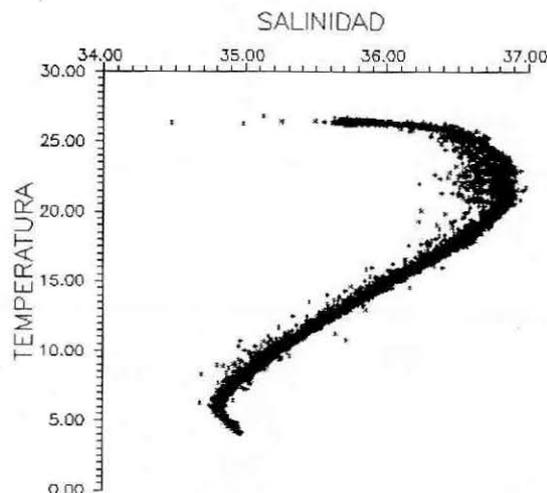


Fig. 6. Curva T/S característica para la zona del Bajo Alicia

El satélite ERS 1 posee un radar que mira al nadir y genera pulsos a 4.5 Ghz. El tiempo que demora la señal de regreso permite medir la altura sobre el nivel del mar y colateralmente se infieren la altura de las olas y la velocidad del viento. En este trabajo solo se utiliza la altura a lo largo de las órbitas.

Los datos utilizados en el presente trabajo son derivados del producto elaborado por la Agencia Espacial Europea durante 1993. Son valores de Anomalía del Nivel del Mar cada seis kilómetros aproximadamente a lo largo de las órbitas sobre el área de Bajo Alicia. Dichos datos son corregidos por la carga húmeda en la atmósfera y el efecto del barómetro invertido. Los errores de la navegación del instrumento en órbita se corrigen mediante correlación de sus sistemas de navegación y los del experimento TOPEX-POSEIDON que también se encuentra en órbita y tiene un sistema de posicionamiento con casi un orden de magnitud más en precisión, para obtener precisiones de hasta 2 cm.

Los datos del satélite fueron utilizados de tal forma que se asumieron como estacionarios (sincrónicos) en los arcos de órbita del sensor sobre el mar Caribe dentro de un ciclo orbital de 35 días, al final del cual se repite el ciclo exactamente. Estos datos fueron utilizados para construir una grilla de medio grado de longitud por medio grado de latitud geográfica, la cual fue generada mediante interpolaciones utilizando el método de "krigging", y luego contorneados por ciclos orbitales, de tal forma que se pueden observar movimientos de media escala como giros "eddies" en ambas direcciones. Una metodología similar fue utilizada en Andrade (1991) utilizando datos del satélite GEOSAT con buenos resultados.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento de los parámetros meteorológicos durante febrero de 1996 en el sector de Bajo Alicia presentó las características propias de la época seca. El promedio diario de la temperatura del aire osciló durante el muestreo de febrero de 1996 entre los 26.4 y 27.2°C. Este parámetro registró en la zona un ciclo diario bien definido, en correspondencia con la variación de la radiación por la inclinación del sol. Una tendencia similar se registró en el comportamiento de la presión atmosférica, cuyos promedios diarios fueron cuasiconstantes de 1012 milibares. El comportamiento diario registrado durante el muestreo presentó las características que ya han sido descritas en trabajos anteriores sobre la meteorología del Caribe occidental, que mencionan la presencia de un ciclo diario bimodal de la presión atmosférica (Giraldo, 1992). Las variaciones diarias se ubicaron en el rango de 1009 y 1013 milibares, registrándose los mínimos en las horas de la madrugada y la tarde, mientras que los máximos lo fueron al medio día y hacia la media noche. La humedad relativa se mantuvo en valores altos, oscilando entre 92 y 96%.

La velocidad del viento osciló entre los 2 y los 25 nudos, presentándose una tendencia general a dibujar un ciclo diario claramente definido por oscilaciones con máximos y mínimos cada tres horas. Predominaron las componentes Este y Norte, observándose una fuerte tendencia hacia el estenoreste y variaciones con frecuencia significativa hacia el Noroeste. Estas condiciones de viento generaron fuertes perturbaciones de la superficie libre del mar, reflejadas en fuertes oleajes.

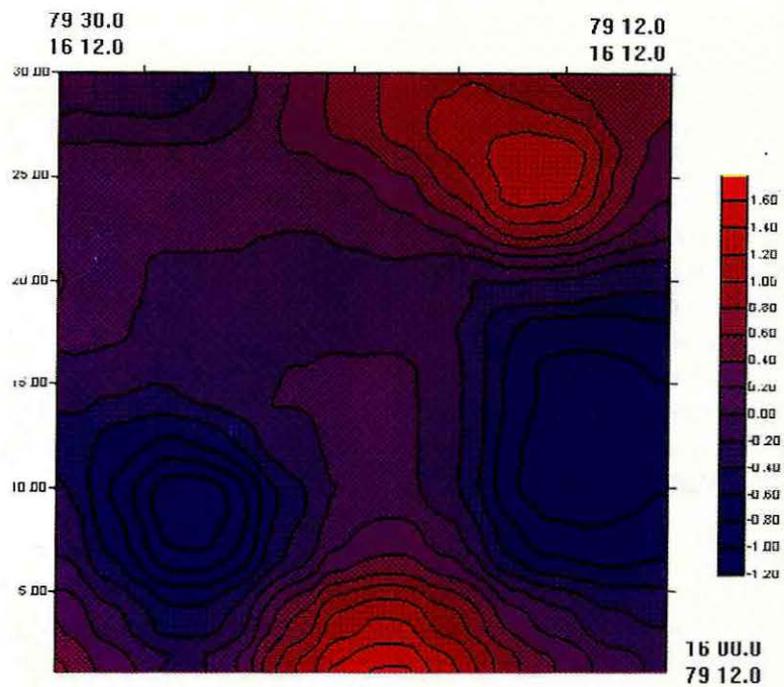


Fig. 7. Circulación integral del área del Bajo Alicia (en Sverdrups), localizado en el centro de la figura. Se observan dos "eddies" ciclónicos (azules) al Este y Oeste del Bajo, mientras que hay movimientos en sentido contrario (rojos) al Sur y el Nor-Este del Bajo.

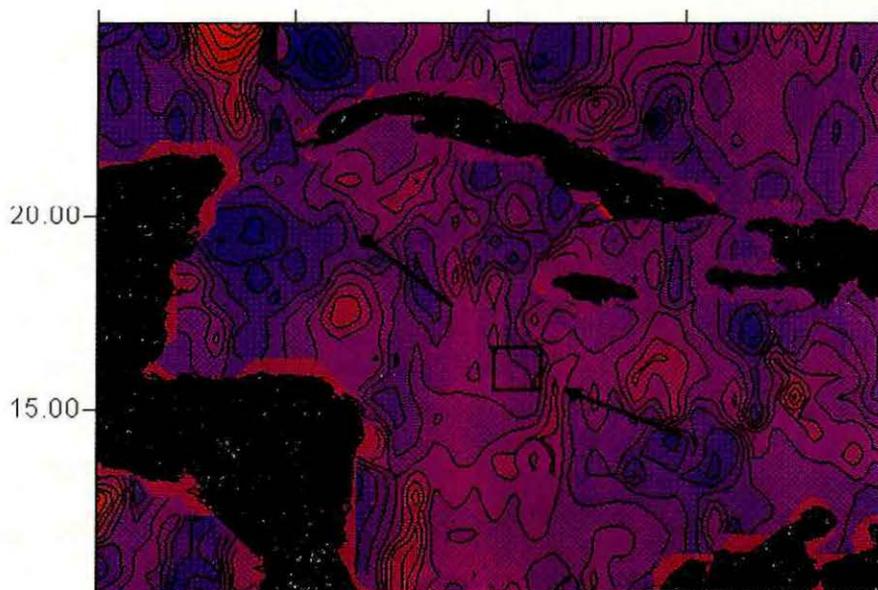


Fig. 8. La figura muestra la topografía de la anomalía de la superficie del mar durante febrero de 1993 desde el altímetro del Satélite ERS-1. Movimientos anti-ciclónicos (rojos) y ciclónicos (azules) son advectados por la Corriente del Caribe hacia el área del Bajo Alicia.

Las profundidades de análisis de las distribuciones horizontales de los parámetros hidrológicos fueron determinados con base en las variaciones de los perfiles verticales de temperatura y salinidad en las estaciones más profundas de la zona de estudio (Figura 2).

En sentido vertical el comportamiento de la temperatura y la salinidad del agua se presentó similar a los obtenidos para toda la zona de San Andrés y Providencia (Figuras 2 y 3). El perfil de temperatura permitió definir una capa cuasiuniforme activa de aproximadamente 120 - 150 metros de profundidad, lo que está en correspondencia con los altos índices de transparencia del agua, propios de la zona. El perfil de salinidad se presentó mucho menos definido, reflejo de las fuertes perturbaciones que en el momento sufría la superficie libre del mar. Esto explica la presencia de oscilaciones cortas a lo largo de la curva vertical, las cuales disminuyen con la profundidad. El máximo de salinidad se ubica, aproximadamente, a los 200 metros de profundidad, mientras que el mínimo se registra a los 800 metros.

La distribución horizontal de la temperatura del agua en la superficie del mar obedece a la influencia de una capacidad calórica del agua superior a la del aire, por lo cual no se observan grandes variaciones a nivel espacial. En el caso del Bajo Alicia se registró un campo homogéneo con una temperatura predominante de 27.0°C en toda la región. Esta uniformidad en la superficie ha sido observada también en los cruceros efectuados en el sector de San Andrés y Providencia en años anteriores durante la misma época climática, cuando sobre la capa más superficial la radiación solar ejerce el papel predominante en la formación del campo térmico.

A los cinco metros de profundidad la temperatura desciende en, aproximadamente, 0.5 grados, presentándose los valores más altos hacia el sector de ubicación de las menores profundidades (Figura 4). Por su parte, la salinidad presenta valores altos, propios de las aguas de la zona, dibujando un campo con rangos de variación entre los 35.70 y 35.84 ‰. La configuración de las isohalinas sugiere la influencia sobre el sector del bajo de aguas provenientes del noreste, norte y sureste de la región.

A los 75 metros de profundidad (Figura 5) el campo de temperatura presenta pocas variaciones con relación a las capas superiores, lo que confirma la presencia de una capa activa con mayor alcance vertical, producto de la acción mecánica del viento y las anomalías dinámicas generadas por las bajas profundidades. Por el contrario, el campo de salinidad registra diferencia significativas en el sector sureste del sector estudiado, donde las diferencias de los valores superficiales alcanzan los 0.35 ‰. Cabe destacar, que a esta profundidad la presencia del bajo en la zona permite diferenciar los cuerpos de agua que afectan la zona. El más evidente es el procedente del sector sureste con las salinidades más altas. Su procedencia puede estar relacionada con las aguas de la corriente Caribe, así como con surgencias provocadas por el Bajo.

Estas últimas características se van definiendo mejor con el aumento de la profundidad.

Obedeciendo a una menor penetración de la energía solar, en la capa comprendida entre los 100 y 200 metros los gradientes verticales de temperatura se intensifican. Hasta los 100 metros han sido de 0.0042 grado/m, mientras que entre los 100 y los 200 metros aumentan en un orden de magnitud y ahora son de 0.046 grado/m. En el nivel de los 150 metros, ya por debajo del límite inferior de la capa de mezcla, la temperatura oscila horizontalmente entre los 23.6 y 24.0°C. La poca significancia de los gradientes horizontales se observa también en el campo de salinidad, donde los valores oscilan entre los 36.65 y 36.80 ‰.

A los 500 metros los alrededores del Bajo son dominados por la isoterma de los 10.0 grados, siendo la uniformidad espacial superior a la observada en los niveles superiores. En cuanto a la salinidad, el rango de variación de este parámetro está entre los 35.18 y 35.26 ‰. Estas características son similares a las observadas a los 1000 metros, donde la temperatura varía horizontalmente de 4.6 a 4.7°C y la salinidad es igual en todos los puntos a 34.8 ‰.

Para identificar las masas de agua se elaboró la curva T/S característica para la zona de estudio (Figura 6), incluyendo en un sólo gráfico la información de todas las estaciones, lo que, a su vez, permitió evaluar la calidad de los datos de temperatura y salinidad registrados con ayuda del perfilador CTD (Giraldo, 1994).

La curva permitió establecer dos características principales, como son: La presencia de cuatro masas de agua, identificadas en trabajos anteriores para el oeste y suroeste del Caribe (Sukhoviei et al., 1980, Giraldo, 1992), determinadas, principalmente, por las características físicas del este del mar Caribe, concretamente por la profundidad de los pasos Anegada y del viento, identificados como los más profundos. Podemos mencionar, entonces, una masa superficial con características propias de la zona ($T = 27.0^{\circ}\text{C}$, $S = 35.8$ ‰) y que ocupa la capa de los 50 metros superficiales; masa subsuperficial subtropical ubicada entre los 50 y 200 metros y presenta en su núcleo una salinidad de 36.8 ‰ y una temperatura aproximada de 22.0°C, en esta masa se ubica el máximo de salinidad; masa intermedia antártica con índices en la zona de $T=15^{\circ}\text{C}$ y $S= 34.7 - 35.0$ ‰, ocupa la capa de 200 a 1000 metros; por último, las capas más profundas de 1000 metros corresponden a aguas profundas del Atlántico, las cuales son homogéneas hasta el fondo, debido a la profundidad de los canales entre las Antillas, la salinidad es de 35.0 - 35.2 ‰ y la temperatura de 4.0 °C.

Esta clasificación coincide con la presentada por Wüst (1964) hasta los 1000 metros.

La segunda característica observada es la presencia en inmediaciones de las capas correspondientes a la masa de agua subsuperficial, de una dispersión significativa de los datos en el

diapasón de la salinidad. La presencia de dispersión en profundidades correspondientes a la ubicación aproximada del límite inferior de la capa de mezcla, evidencia la influencia de ondas internas cuando la dispersión corresponde al eje de temperatura. En el caso del Bajo Alicia, la dispersión predomina para el eje de salinidad, lo que habla de la presencia dominante de una haloclina en la zona, la cual se ubica, aproximadamente, a los 100 - 120 metros de profundidad, en correspondencia con lo presentado por el perfil vertical de salinidad en la Figura 3.

El cuadro obtenido para la circulación integral de las aguas en el sector de Bajo Alicia (Figura 7) permite ver la influencia del Bajo en la formación de los campos dinámicos. Sin tener en cuenta el viento, el Bajo actúa como un cilindro vertical localizado, aproximadamente, en el centro del sector, que deforma el comportamiento horizontal general de las corrientes, obligando a la formación de vórtices (eddies) con diferente sentido del movimiento e intensidad. Se observa así, la tendencia a formar vórtices ciclónicos a los lados Este y Oeste del Bajo, demarcados en la Figura 7 con color azul, con intensidades de flujo que oscilan entre los -1.20 y -0.20 Sverdrups. Como compensación, se forman dos vórtices de sentido contrario (anticiclónicos) al norte y sur del bajo, con valores de flujo entre 0.60 y 1.60 Sverdrups.

Bajo la acción del efecto de arrastre del viento, es de esperarse que en la superficie el movimiento de las aguas obedezca a un empuje orientado hacia el suroeste (durante la mayor parte del año, cuando predominan en el área los vientos alisios), mientras que en profundidad, la presencia del Bajo obliga a la formación de las perturbaciones dinámicas representadas por vórtices a los lados. Este comportamiento dinámico se correlaciona con el carácter de las distribuciones de los campos horizontales de temperatura, salinidad y densidad del agua y con la tendencia general del campo dinámico calculado a partir de la información obtenida en el crucero Océano VI, efectuado en junio de 1983, (Garay, et al., 1988).

Los rasgos observados en la circulación de las aguas en el sector de Bajo Alicia obedecen, como se mencionara anteriormente, a la influencia de movimientos de escala regional, propios del mar Caribe. Así, la formación de eddies es la respuesta del campo dinámico a la presencia del Bajo, de un lado, y a la aproximación de vórtices ciclónicos y anticiclónicos de mayor escala, tanto del lado sur como Noreste y Este (Figura 8, Bajo Alicia en el recuadro). Los giros anticiclónicos aparecen como anomalías positivas (rojas), debido a la concentración de masa que se produce en su centro de rotación por girar en sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Los giros ciclónicos rotan en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y por consiguiente al tener un desplazamiento de su masa hacia la derecha del movimiento aparecen como anomalías negativas

(azules) en el plano de topografía superficial del mar que se producen.

En la Figura 8 aparece el sector de Bajo Alicia durante Febrero de 1993. Como se puede apreciar el área es muy rica en actividad de media escala. En el sector se encuentra una gran cantidad de este tipo de movimientos que son advectados por la corriente del Caribe hacia el Oeste. Estos movimientos se "estrellan" contra Bajo Alicia y demás cayos adyacentes, de tal forma que gran parte de la energía de estos giros es disipada por el "efecto de pared" que producen este tipo de bajos.

5. CONCLUSIONES

Las condiciones hidrometeorológicas observadas en el sector del Bajo Alicia durante el mes de febrero de 1996 se enmarcan dentro de las características propias para la zona desde el punto de vista climatológico, correspondientes a una época denominada seca, caracterizada, principalmente, por el predominio de los vientos de componentes Norte y Este. La velocidad del viento presenta oscilaciones diarias de período de tres horas.

La temperatura del aire y la presión atmosférica registran ciclos diarios claramente definidos. En el caso de la temperatura es unimodal con el máximo que corresponde a las horas de mayor radiación solar al medio día. El ciclo de la presión es bimodal con dos mínimos en las horas de la madrugada y la tarde.

Los perfiles verticales de los parámetros hidrológicos permiten identificar una termoclina con un límite inferior ubicado a los 120 metros de profundidad, aproximadamente. Los altos índices de transparencia del agua favorecen la formación de una capa activa cuasiuniforme de grandes proporciones verticales. A esta misma profundidad se registra la presencia predominante de la haloclina.

La influencia que el Bajo Alicia ejerce sobre la distribución horizontal de los campos hidrológicos se ve reflejada por el comportamiento dinámico integral. A los lados del Bajo se forman movimientos circulares de direcciones contrarias, que obedecen a la influencia dinámica de deformación de las bajas profundidades.

La situación geográfica del Bajo Alicia, al ser un punto conspicuo en el paso de la corriente oceánica entre la Cuenca Colombia y la Cuenca Cayman, le hace estar sometido a regímenes cambiantes de movimientos de aguas como los vistos en los datos de campo y del altímetro en órbita presentados.

La deformación y transformación de los movimientos de media escala como los eddies presentes en el área durante las observaciones permiten inferir que la dinámica es intensa y variada tanto en momento (velocidades) como en direcciones. Este ambiente es aparentemente "hostil" para algunas comunidades y podría explicar la ausencia de abundancia coralina y debe generar mecanismos complejos de pérdida y retención de formas planctónicas.

Agradecimientos. Los autores expresan su agradecimiento al Servicio Hidrográfico del CIOH por el apoyo prestado en el manejo relacionado con la información batimétrica del área de Bajo Alicia. Este trabajo fue realizado durante la investigación efectuada en el área de régimen común de Colombia y Jamaica, como un aporte al acuerdo entre los dos países, abordó del ARC "Providencia", a quienes damos nuestro agradecimiento por su colaboración y esfuerzo.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, C.A., Mesoscale Variability of the Caribbean Sea from GEOSAT, Tesis para obtener el título de MSc. en Oceanografía Física, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 55p., 1991.
- DAINCO, Proyecto para el desarrollo de la pesca artesanal y la investigación en el archipiélago de San Andrés y Providencia. San Andrés, 1980.
- ERSAT - SLA - ERS 1, Cycles 6-18, Altimeter Ocean Products, Agencia Espacial Europea, CD, 1995.
- Garay, J. y H. Gutiérrez., Contribución al estudio oceanográfico químico del archipiélago de San Andrés y Providencia. *Bol. Cient. CIOH* 5, pp. 25-59, Cartagena, 1984.
- Garay, J., F. Castillo, C. A. Andrade, J. Aguilera, L. Niño, M. de la Pava, W. López, G. Márquez., Estudio Oceanográfico del Area Insular y Oceánica del Caribe colombiano. Archipiélago de San Andrés y Providencia y Cayos vecinos, *Bol. Cient. CIOH* No. 9, pp. 3-73, Cartagena, 1988.
- Giraldo, L. Análisis integral de datos oceanográficos en el litoral Caribe colombiano. Tesis Ing. Oceanólogo. Instituto Hidrometeorológico de Odesa, Ucrania (en ruso), 1992.
- Giraldo, L. Análisis de las masas de agua y control de calidad de la información oceanográfica. *Bol. Cient. No. 15*, pp. 17-38, Centro de Investigaciones Oceanográficas, Cartagena, 1994
- González E. Oceanografía Física Descriptiva del Archipiélago de San Andrés y Providencia, con base en el análisis de los cruceros Océano IV a IX. *Bol. Cient. CIOH* No. 7, pp. 73-100. Cartagena, 1987.
- Mamayev, O.I. Análisis termohalino de las aguas del océano mundial. Hidrometeoizdat. Leningrado. (En ruso), 1987.
- Molinari, R., M. Spillane, I. Books, D. Atwood and C. Duckett, Surface currents in the Caribbean Sea as deduced from Lagrangian observations: *Journal of Geophysical Research*, v. 86, pp. 6537-6542, 1981.
- Sukhoviei, V., S. Korotaev y N. Shapiro, Hidrología del mar Caribe y el Golfo de Méjico, *Instituto Hidrofísico Marino*, Sebastopol, 1980.
- Wust, G., On the Stratification and the circulation in the cold water sphere of the Antillean-Caribbean basins, *Deep Sea Research*, 10, pp. 165-187, 1963.
-
- C. A. Andrade, L. Giraldo, S. Lonin, Centro de Investigaciones Oceanograficas e Hidrograficas, A.A. 982. Cartagena Colombia.
E-mail: cioh@sirius.enap.edu.co