

ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA DE LA BAHÍA DE BLUEFIELDS, NICARAGUA

Carlos Brenes¹, Rosario Benavides¹ y Daniel Ballester¹

¹Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero, Universidad Nacional
Apdo. 86-3000, Heredia, Costa Rica

RESUMEN

En marzo y octubre del 2000, entre las actividades del Proyecto DIPAL II (Proyecto para el Desarrollo Integral de la Pesca Artesanal en la Región Autónoma del Atlántico Sur, Nicaragua), se realizaron dos campañas hidrográficas en la Bahía de Bluefields, con la finalidad de estudiar su hidrografía en las temporadas seca y lluviosa. Temperatura, salinidad y turbidez del agua fueron determinadas en la superficie y en el fondo.

El comportamiento de las variables estudiadas muestra concordancia con trabajos previos realizados en esta área. Durante marzo, la temperatura del agua fue menor y la salinidad mayor que en octubre. El grado de turbidez fue mayor cuando los aportes de agua dulce aumentaron, debido al mayor transporte de sedimentos y materia orgánica en suspensión.

Se observaron cuñas salinas en los estratos profundos durante los dos meses de trabajo. Estas cuñas se localizaron en las áreas adyacentes a las barras de El Bluff y Hone Sound. En el primer caso, la cuña se extendió en dirección noroeste hasta el área de Bluefields, mientras que en el segundo caso se extendió en dirección oeste alcanzando la costa occidental de la Bahía. El gradiente vertical salino fue mayor durante el mes de octubre, cuando el flujo superficial de agua dulce en toda la Bahía era mayor.

Se determinó un patrón de circulación relacionado con las estructuras salinas, en el cual el flujo de agua dulce se desplaza a lo largo de la costa occidental de la Bahía, desde los ríos Caño Negro y Escondido, en tanto

el agua de mar entra a la Bahía, en toda la columna de agua, hacia el noroeste por las barras de El Bluff y Hone Sound. En el extremo sur de la Bahía, el flujo de agua dulce proveniente del río Torsuani se desplaza hacia mar abierto a lo largo de la costa oriental.

Palabras claves: Laguna costera, hidrografía, masas de agua.

ABSTRACT

In March and October of 2000, under the DIPAL II Project (Proyecto para el Desarrollo Integral de la Pesca Artesanal en la Región Autónoma del Atlántico Sur, Nicaragua), two hydrographic surveys were carried out in the Bay of Bluefields to study their hydrography during the dry and rainy seasons. Water temperature, salinity and turbidity were determined both at the surface and the bottom of the bay.

The results obtained are consistent with previous studies carried out in this area. In March, water temperature and salinity were lower and higher, respectively, than in October. Water turbidity increased with increased fresh water input as a result of a greater movement of suspended sediments and organic matter into the water body.

Saline wedges were observed in deep strata during the two months of sampling in the adjacent areas to the bars of The Bluff and Hone Sound. In the first case the wedge extended to the northwest up to the area of Bluefields, while in the second case it extended to the west reaching the western coast of the bay. The vertical

gradient of salinity was stronger in October, when the superficial flow of fresh water in the whole bay was more intense.

A circulation pattern related to the salinity field was recognised: fresh water introduced by the Caño Negro and Escondido rivers moves along the western coast of the bay, while sea water enters the bay towards the northwest, throughout the whole water column, at the bars of The Bluff and Hone Sound. Fresh water introduced by the River Torsuani moves along the eastern coast towards the open sea at the southern end of the bay.

Keywords: Coastal lagoon, hydrography, water masses.

INTRODUCCIÓN

El ambiente marino costero, que incluye la plataforma continental, es especialmente importante para la producción y utilización de los recursos. Las formaciones de agua de las regiones costeras (lagunas, estuarios y bocanas) se caracterizan por procesos dinámicos que aseguran un aporte continuo de nutrientes para la reproducción orgánica. La reproducción de plantas marinas en las zonas costeras es entre dos y cinco veces mayor que en el mar abierto (Yañez-Arancibia, 1986). Esta alta producción primaria es la razón principal de la importancia de las áreas costeras. Sus condiciones topográficas particulares también son aprovechadas por muchos organismos acuáticos que habitan estos ambientes, las plantas bénticas y las orillas ofrecen protección a muchas especies valiosas comercialmente de peces y crustáceos.

La Bahía de Bluefields es un cuerpo de agua que se ubica en la costa caribeña de Nicaragua, frente a la ciudad del mismo nombre. Forma parte del amplio sistema lagunar costero con características de estuario que abarca prácticamente todo el litoral caribeño. Posee una conexión con el Río Escondido y dos conexiones con el mar. Su carácter estuarino le permite albergar muchas especies marinas en diferentes estadios de sus ciclos vitales.

El espejo de agua de esta Bahía tiene una extensión aproximada de 176 km². Su longitud de norte a sur es de unos 30 km, con un ancho promedio de 6 km. Hacia el este se ubica la Isla del Venado, presentando dos estrechos que la comuni-

can con el mar. El estrecho norte y de mayor importancia socioeconómica está situado frente al Puerto del Bluff y el estrecho sur, en el área conocida como la barra Hone Sound.

Hacia la Bahía drenan varios ríos, algunos de menor importancia como el Pequeño Kukra, el Docuno y el Río Torsuani. El más caudaloso es el Río Escondido, el cual tiene una gran influencia sobre el patrón de circulación y el comportamiento de algunas propiedades fisicoquímicas de la Bahía (CIMAB, 1996). Este río aporta un volumen considerable de agua dulce y sedimentos en suspensión a través de su extremo norte.

Sus aguas sustentan una importante actividad pesquera artesanal (camarón, ostras, almejas, peces de escama), la cual se extiende a otros pequeños cuerpos lagunares adyacentes a la Bahía como la Laguna de Smokey Lane, la Laguna de Sconfran y Big Lagoon. Por su ubicación geográfica, la Bahía de Bluefields se localiza en una zona donde existen las mayores precipitaciones del país, con un promedio anual de 4500 mm mensuales (INETER, 2000). Se presentan lluvias continuas durante todo el año, siendo menos intensas en los primeros meses. La temperatura promedio anual del aire es de $27 \pm 1^\circ \text{C}$. Los vientos predominantes son del noreste y este con velocidades entre los 3 m/s y 5 m/s.

El sistema de mareas de la Bahía es de carácter mixto semidiurno, con dos pleamares y dos bajamares cada 24 horas. La amplitud media registrada es de 0.22 m, con un prisma mareal del orden de los $3.9 \times 10^7 \text{ m}^3$. El campo de velocidades dentro de la Bahía, asociado a la onda de mareas, tiene una magnitud del orden de los 0.36 m/s en la superficie y de 0.20 m/s en los niveles profundos (Brenes *et al.*, 2007).

En la Bahía de Bluefields se han realizado un número considerable de investigaciones en la última década. Destacan los trabajos del CIMAB (1996) sobre contaminación y más recientemente los llevados a cabo bajo la coordinación del Proyecto DIPAL (Brenes & Castillo, 1999, Pérez, 1999) sobre hidrodinámica y pesquerías de esta importante laguna costera tropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

El período de muestreo abarcó los meses de marzo y octubre del 2000 como representativos de los períodos seco y lluvioso. Los muestreos se realizaron durante la pleamar en 28 puntos (Figura 1), donde se registraron la temperatura y la salinidad en la superficie y el fondo, así como la turbidez de las aguas de la Bahía. La temperatura y la salinidad se determinaron mediante el uso de un salinómetro modelo ORION 142 y la turbidez mediante un disco secchi marca LAMOTTE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

En ambientes lagunares tropicales no existe una variación estacional muy marcada del campo térmico superficial. Del trabajo realizado por Brenes & Castillo (1999) se desprende que las mayores diferencias temporales de esta variable física del agua de mar en la Bahía de Bluefields no superan los 4° C entre enero (mínimo) y setiembre (máximo).

En el presente estudio se encontraron campos térmicos superficiales muy semejantes en ambos meses de muestreo (Figura 2A y 2C). Se observa una uniformidad espacial en la que destaca un

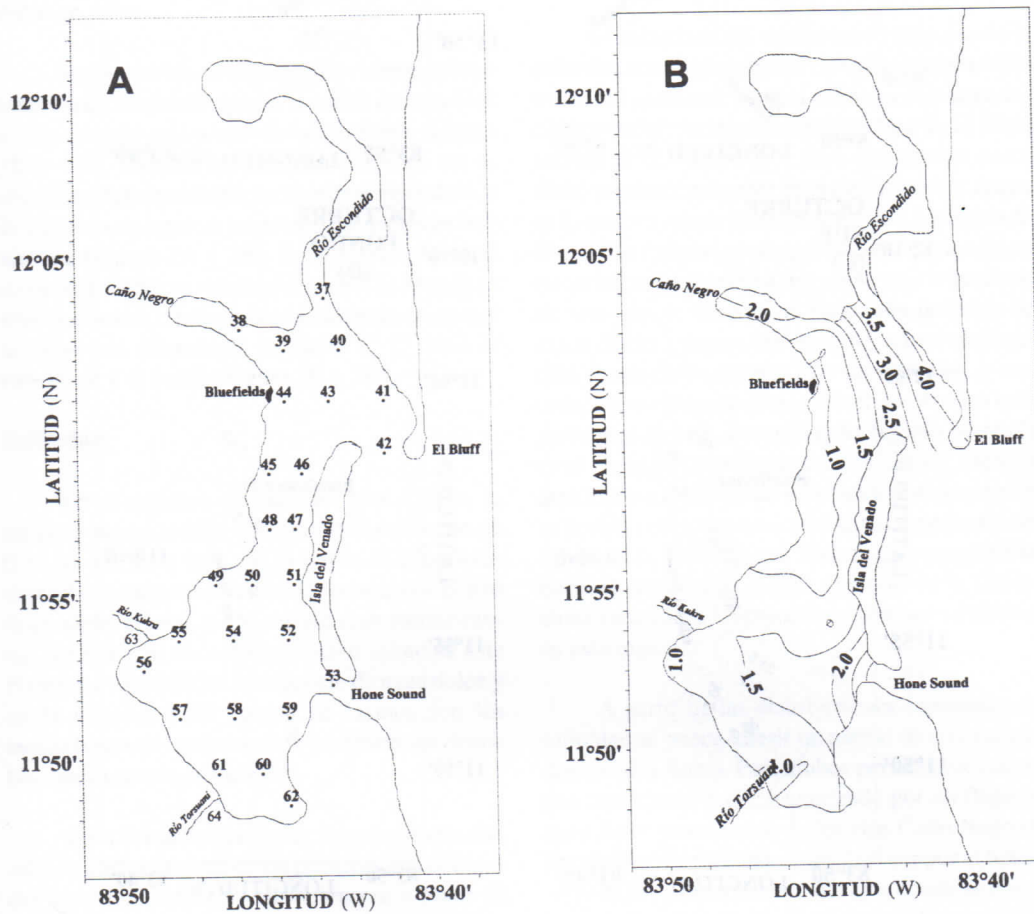


Figura 1. Posición de estaciones hidrográficas (A) y batimetría (m) de la Bahía de Bluefields (B).

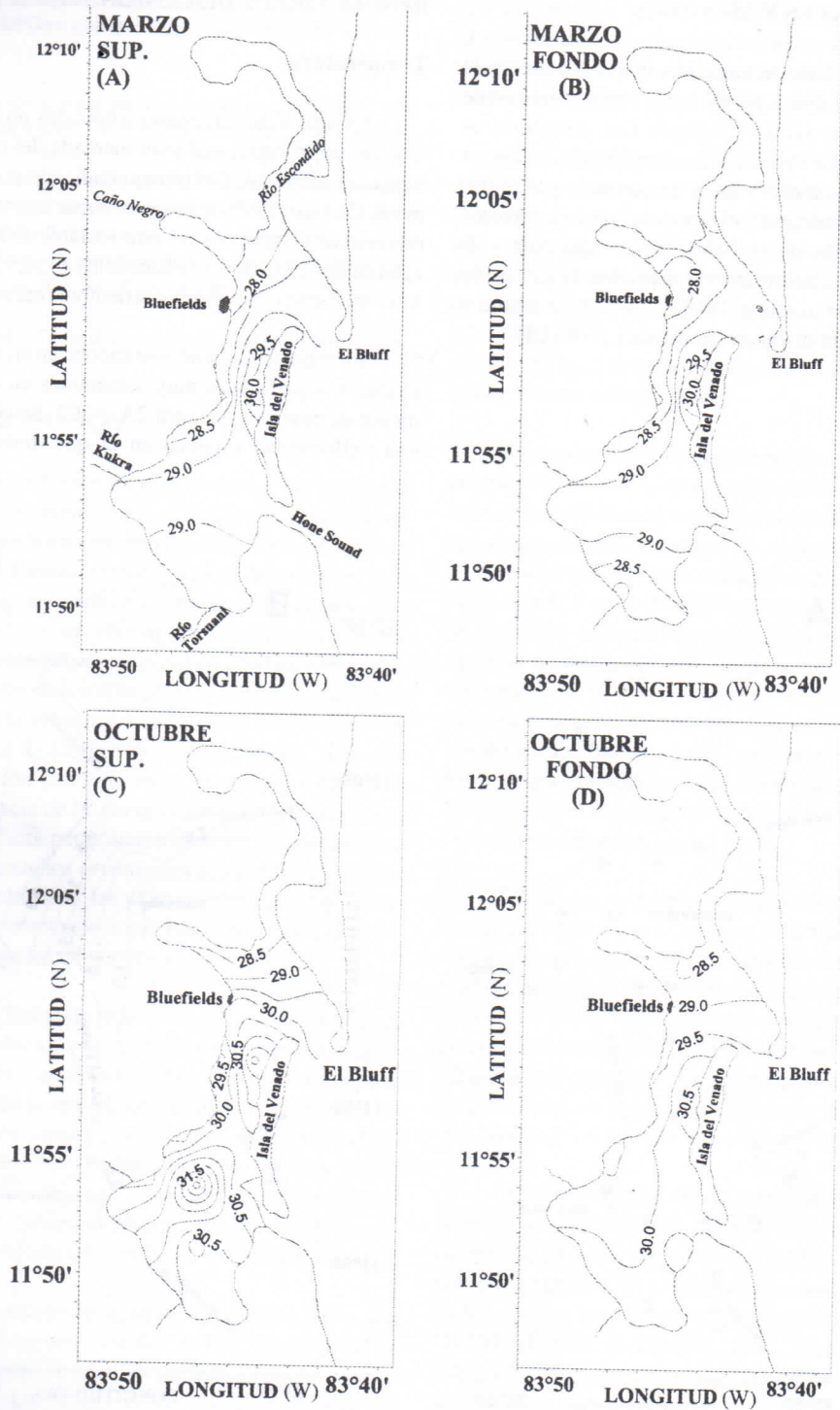


Figura 2. Distribuciones espaciales de la temperatura superficial y de fondo (° C) para los meses de marzo (A y B) y octubre (C y D).

máximo de temperaturas en la zona central de la Bahía frente a la costa oeste de la Isla del Venado, la cual se extiende hasta el extremo sur de la Bahía. Esta es la zona menos profunda y la más protegida de la onda mareal que entra por el área de El Bluff y de Hone Sound.

Existe una disminución en las temperaturas superficiales del orden de 1°C en marzo con respecto a octubre. Esta diferencia está relacionada con la presencia de los vientos alisios, los cuales se intensifican entre noviembre y marzo, produciendo una mayor mezcla en toda la columna de agua y un subsecuente enfriamiento de estas. Adicionalmente, las aguas costeras adyacentes a la Bahía muestran a principio de cada año un enfriamiento estacional (Brenes & Hernández, 2000), de modo que su influencia se ve reflejada en los resultados obtenidos en marzo.

Esta variación en el campo de vientos influye también en las distribuciones térmicas encontradas en los estratos más profundos de la Bahía (Figura 2B y 2D). Durante el mes seco (marzo) no se observa ningún gradiente vertical de temperatura, y la columna de agua se muestra prácticamente isotérmica (Figura 2A y 2B). En octubre cuando el campo de viento es mucho más débil, la mezcla es menos efectiva a lo largo de la columna de agua y se observan diferencias de hasta 2°C entre la superficie y el fondo (Figura 2C y 2D).

Salinidad

En el extremo oriental del Mar Caribe, la onda de marea exhibe una amplitud promedio de 0.22 m. Por otro lado, en la Bahía de Bluefields desembocan algunos ríos caudalosos como el Río Escondido, el cual, junto con otros de menor caudal, influyen en el comportamiento salino de esta Bahía. La variabilidad en el aporte de agua dulce y en la intensidad del campo de vientos son los mecanismos que mayormente controlan sus distribuciones espacio-temporales.

En la Bahía de Bluefields, las salinidades más altas se observan durante los primeros cinco meses del año, disminuyendo drásticamente a partir de junio con el aumento en las precipitaciones (Brenes & Castillo, 1999). Los resultados obtenidos en el

presente trabajo muestran una Bahía mucho más salina en marzo (Figura 3 A y B) que en octubre (Figura 3 C y D). En términos generales, las diferencias observadas superaron las 15 o/oo entre ambos meses.

Las regiones menos salinas de la Bahía son aquellas ubicadas muy cerca de las desembocaduras de los principales ríos, razón por la cual las salinidades más bajas se encuentran en sus extremos norte y sur. Es importante destacar el efecto producido por la marea sobre el campo salino al entrar por los pasajes de El Bluff y de Hone Sound. La advección de sal por la onda mareal en las regiones cercanas a estos pasajes se refleja en la Figura 3, por medio de fuertes gradientes horizontales de esta variable en ambos meses, siendo más intensos durante el mes lluvioso (octubre).

El análisis de las variaciones verticales de la salinidad muestra una Bahía estratificada en ambos meses. El gradiente vertical salino es más pronunciado en octubre, alcanzando en el área de El Bluff valores de $2.5\text{ o/oo} \cdot \text{m}^{-1}$. Para esta misma zona, dicho gradiente es menor en el mes de marzo, época en la cual no supera las $0.25\text{ o/oo} \cdot \text{m}^{-1}$. La Bahía de Bluefields muestra el comportamiento típico de un estuario con cuña salina. En ambientes estuarinos de este tipo se observa un flujo bien definido de aguas dulces y menos densas moviéndose en dirección al mar en los estratos más superficiales, y una cuña salina entrando al estuario en los niveles más profundos de este. Esta cuña mucho más marcada en el invierno se extiende desde El Bluff hasta el área frente a la ciudad de Bluefields. La otra región en la cual se observa esta cuña salina se ubica frente a la barra de Hone Sound. En este caso se extiende hacia el oeste hasta el otro extremo de la Bahía, abarcando todas las pequeñas islas que se ubican en esta región.

A partir de las distribuciones espaciales de salinidad se puede inferir un patrón de circulación dentro de la Bahía. Para ambos períodos de muestreo este patrón está caracterizado por un flujo de agua dulce proveniente de los ríos Caño Negro y Escondido, desplazándose hacia el sur por el borde oeste de la Bahía, a lo largo del área donde se ubica la ciudad de Bluefields. Este flujo sale posteriormente por la barra de Hone Sound. El otro flujo de

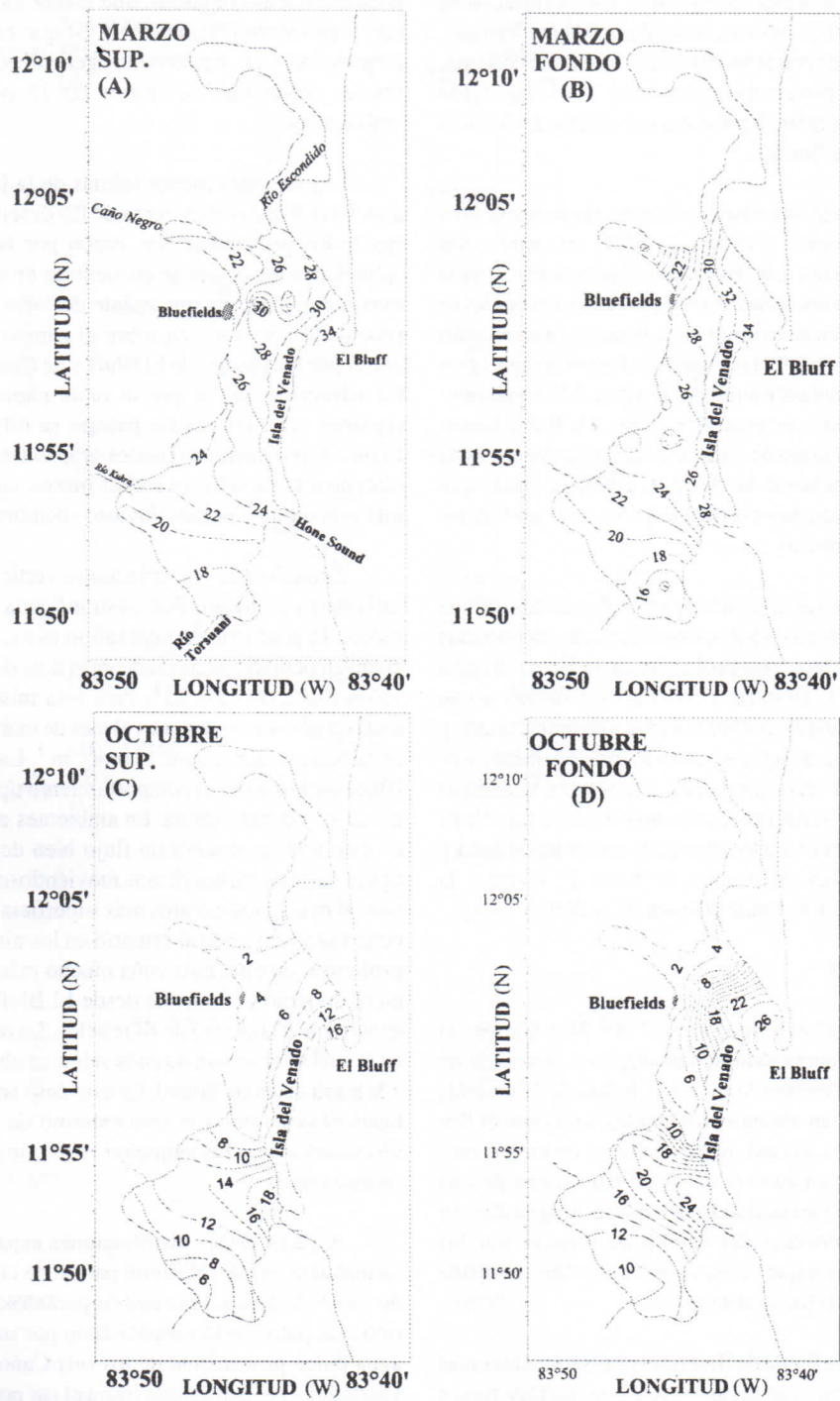


Figura 3. Distribuciones espaciales de la salinidad superficial y de fondo (o/oo) para los meses de marzo (A y B) y octubre (C y D).

agua dulce se observa en el extremo sur de la Bahía (ríos Kukra y Torsuani), desplazándose hacia el noreste hasta alcanzar luego la mencionada barra (Figura 4).

El agua de origen marino ingresa a la Bahía a través de toda la columna de agua por El Bluff hacia el noroeste, produciendo un frente salino al encontrarse con el flujo de agua dulce proveniente de los ríos Caño Negro y Escondido. El otro punto de ingreso es a través de la barra de Hone Sound. En este caso, el agua de mar fluye hacia el oeste, generando dos frentes salinos al converger con los flujos provenientes de los ríos Caño Negro y Escondido al norte y del Kukra y Torsuani al sur (Figura 4). Este patrón general de circulación superficial se intensifica durante el invierno, debido al aumento en el flujo de todos estos ríos.

En los meses de abril y noviembre de 1995 se llevó a cabo un estudio relacionado con la calidad de las aguas y de los sedimentos en toda la Bahía de Bluefields (CIMAB, 1996). En el presente trabajo se hizo un reanálisis de dichos resultados, con el propósito de tener una idea más clara de la circulación dentro de la Bahía. La Figura 5 muestra las distribuciones espaciales de plomo, hierro, zinc y cobre presentes en los sedimentos de la Bahía. Estos son los valores promedios de los dos muestreos realizados por el CIMAB.

Las distribuciones observadas en la Figura 5 guardan una estrecha relación con el patrón de circulación mostrado en la Figura 4, de manera que las mayores concentraciones se observan en el área norte de la Bahía, cerca de la ciudad de Bluefields y a lo largo de su costa oeste, en el área donde se localiza el flujo de agua dulce proveniente de la descarga de los ríos Caño Negro y Escondido. Las concentraciones más bajas se localizan en las áreas frente a las barras de El Bluff y de Hone Sound.

El plomo, hierro, zinc y cobre son metales asociados fundamentalmente a la actividad urbano-industrial. A pesar de que los niveles encontrados para los cuatro metales no son alarmantes, es importante destacar el hecho de que los resultados expuestos indican la presión a que está siendo sometida la Bahía por la contaminación derivada de la actividad humana. La distribución espacial de

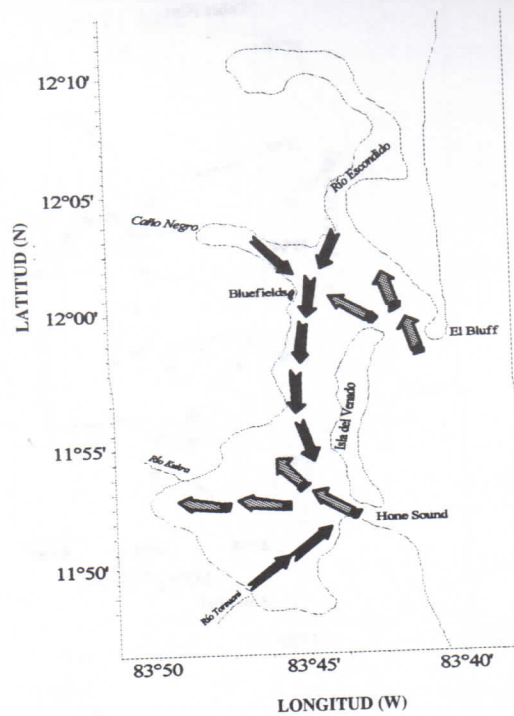


Figura 4. Modelo de circulación superficial para la Bahía de Bluefields. Las líneas \Rightarrow representan flujos de agua dulce y las flechas \Rightarrow los flujos de agua salada.

estos metales en los sedimentos permite observar, claramente, los aportes de contaminantes derivados de las actividades que se desarrollan en la ciudad y de los sedimentos contaminados que son arrastrados por los flujos de los ríos que desembocan en la Bahía.

Turbidez

Para estimar el grado de turbidez dentro de la Bahía se utilizó un disco secchi. Los resultados muestran una marcada diferenciación espacial en los dos meses de muestreo (Figura 6). Marzo es un mes en el cual las precipitaciones en Bluefields no superan los 100 mm, mientras que octubre presenta un promedio alrededor de los 400 mm (INETER, 2000). El aporte de sedimentos y de materia orgánica en suspensión, por parte de los ríos, permite

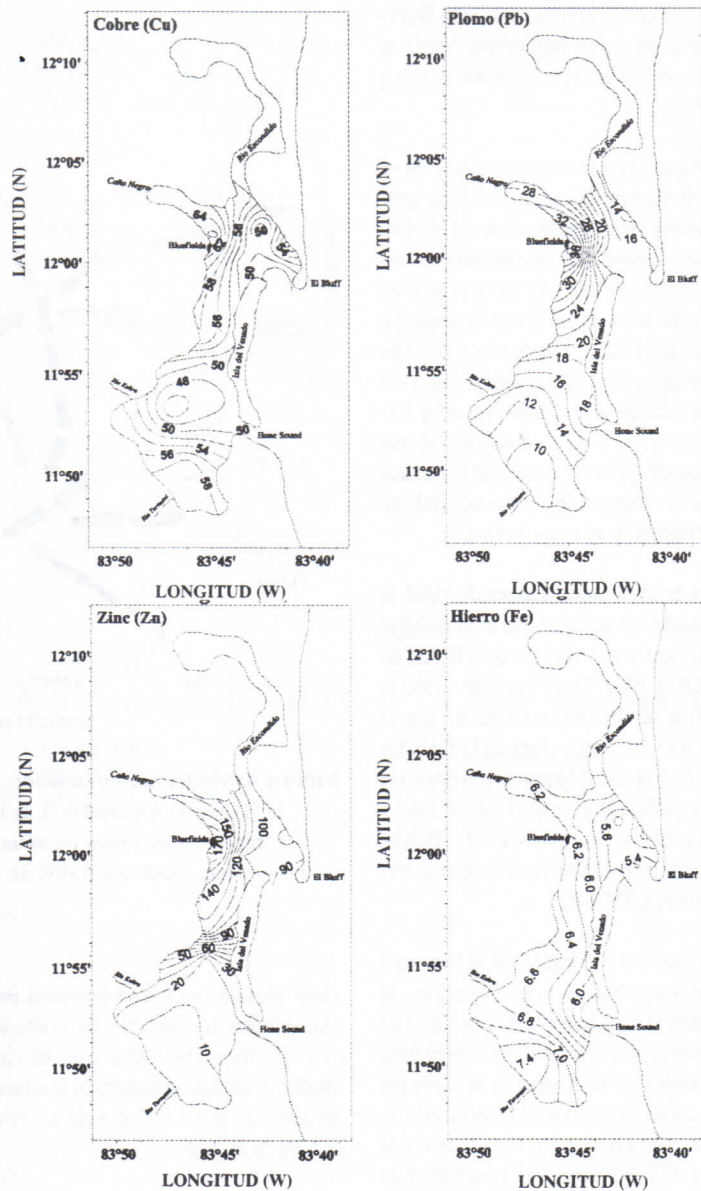


Figura 5. Distribuciones espaciales de las concentraciones de cobre ($\mu\text{g.g}^{-1}$), plomo ($\mu\text{g.g}^{-1}$), zinc ($\mu\text{g.g}^{-1}$) y hierro ($\mu\text{g.g}^{-1}$). Son valores promedios de los levantamientos realizados en abril y noviembre de 1995 por el CIMAB (1996).

identificar claramente la dirección de los flujos superficiales de agua dulce. Los extremos norte y sur de la Bahía, así como su costa occidental, son las zonas con mayor turbidez. En las regiones

adyacentes a las barras, por el contrario, se encuentran las aguas más claras. El rango de variación, de la profundidad de disco secchi (0.4 – 1.5 m) fue semejante al reportado por Brenes & Castillo (1999).

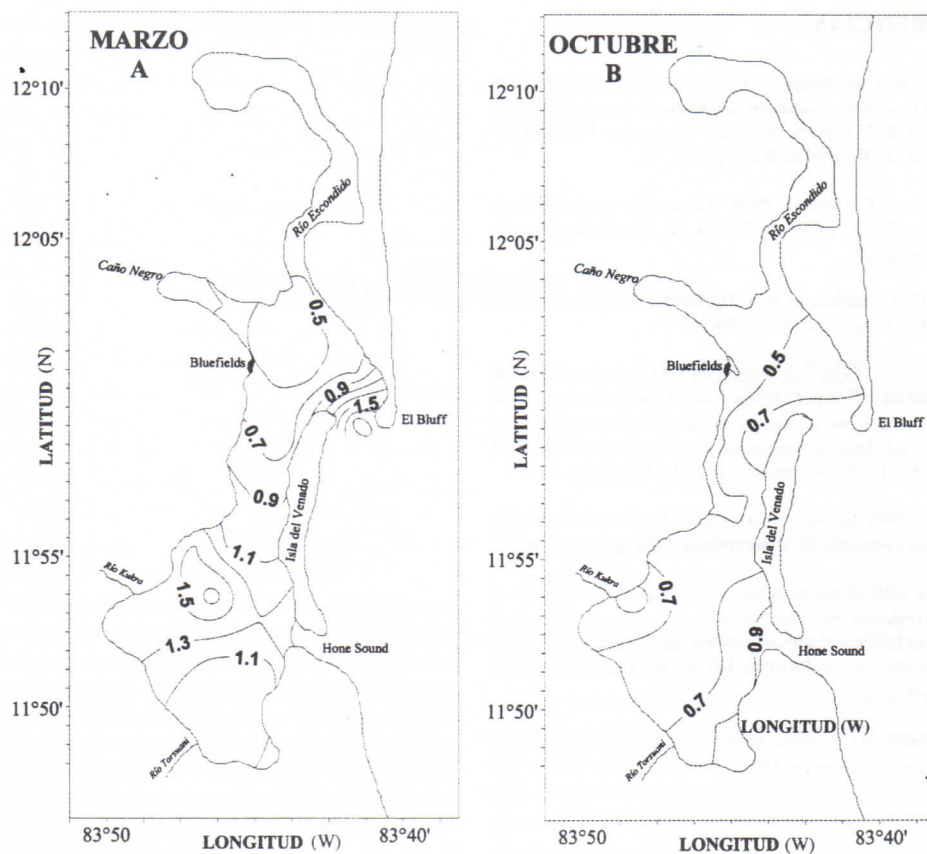


Figura 6. Distribuciones espaciales de la profundidad de disco secchi (m) para los meses de marzo (A) y octubre (B).

A partir de los resultados antes expuestos se puede concluir que durante el mes de marzo se encontraron las aguas más frías y salinas en comparación con el mes de octubre. El grado de turbidez fue mayor cuando los aportes de agua dulce aumentaron asociados a un mayor transporte de sedimentos y materia orgánica en suspensión.

La Bahía de Bluefields muestra una estructura hidrográfica caracterizada por la presencia de cuñas salinas durante los dos meses de muestreo. Estas cuñas se localizaron en las áreas adyacentes a las barras de El Bluff y de Hone Sound. El gradiente vertical salino fue mayor durante el mes de octubre, cuando el flujo superficial de agua dulce en toda la Bahía era más intenso.

Finalmente, se determinó un modelo de circulación inducido a partir de las estructuras salinas, en el cual el flujo de agua dulce se desplaza a lo largo de la costa occidental de la Bahía desde los ríos Caño Negro y Escondido, y un flujo de agua de mar en toda la columna de agua entra a la Bahía hacia el noroeste por las barras de El Bluff y de Hone Sound. Adicionalmente, en el extremo sur de la Bahía, el flujo de agua dulce proveniente del río Torsuani se desplaza hacia afuera, a lo largo de la costa oriental.

REFERENCIAS

- Brenes, C. & A. Hernández. 2000. Condiciones oceanográficas del caribe nicaragüense. En: *Caracterización hidrográfica de la Laguna de Perlas, Nicaragua*. Proyecto DIPAL II, Bluefields, Nicaragua, p. 46.
- Brenes, C. & E. Castillo. 1999. *Hidrografía de la Bahía de Bluefields*. Proyecto DIPAL II, Bluefields, Nicaragua, p. 22.
- Brenes, C., D. Ballestero & A. Hernández. 2007. *Rev. Invest. Mar, Valparaíso*, 35(1): 89-96.
- CIMAB. 1996. Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Zonas Costeras Case of study: La Laguna de Bluefields Nicaragua, bases para la formulación de un Plan de Manejo Ambiental. Proyecto Regional PNUMA CAR/P/CR/5101-90-05(2494), La Habana, p. 86.
- INETER. 2000. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Dirección de Meteorología. Informe escrito, p. 25.
- Pérez, M. 1999. *Biología pesquera y aspectos ecológicos de la ictiofauna más importante de la cuenca de Laguna de Perlas en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS) de Nicaragua*. Proyecto DIPAL II, Bluefields, Nicaragua, p. 142.
- Yañez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de la zona costera*. AGT Editor. México, p. 189.