

## CONDICIONES DE MOVIMIENTO GEOSTROFICO PARA LA CORRIENTE COSTERA DE COSTA RICA

*Carlos L. Brenes*

Departamento de Física.  
Universidad Nacional.  
Heredia. Costa Rica.

### RESUMEN

*Se ha utilizado el método de Montgomery para calcular la corriente geostrofica y el transporte de volumen de una sección adyacente al Golfo Dulce, correspondientes al mes de enero de 1969. Durante este período la Corriente Costera de Costa Rica fluyó en dirección noroeste, a lo largo de la plataforma continental, con una velocidad máxima de 20 cm/s, relativa a una superficie isanostérica de 67 cl/ton. Por debajo de esta corriente, un flujo subsuperficial en dirección opuesta ha sido encontrado con una velocidad máxima asociada de 11 cm/s. El transporte de volumen que estas corrientes generan ha sido estimado en 1.26 Sv para la corriente noroeste y 1.24 Sv para el flujo sureste. En el primer caso, el transporte total ocurre en la capa superficial, sobre la superficie isanostérica de los 250 cl/ton; en el segundo, el transporte se da entre los estratos de 160 cl/ton y 200 cl/ton.*

*En el extremo sur de la sección, se han detectado flujos en dirección sureste y noroeste con velocidades y transportes de 33 cm/s, 0.55 Sv y 39 cm/s, 3.54 Sv, respectivamente.*

### ABSTRACT

*The geostrophic current and the volumen transport have been calculated, for the month of January 1969, for a section off Golfo Dulce, using the Montgomery's method. During this period the Costa Rica Coastal Current was flowing northwestward, along the continental shelf, with a velocity up to 20 cm/s, related to a 67 cl/ton isanosteric surface. Under this current, a sub-surface flow in the opposite directions was found with an associated maximum velocity of 11 cm/s. The volume transport generated by these currents has been estimated in about 1.26 Sv for the northwest current and 1.24 Sv for the southeast flow. In the first case, the total transport occurred at the surface layer, above the 250 cl/ton isanosteric surface; in the second case, the transport shows up at in the layer between the 160 cl/ton and 200 cl/ton.*

*At the southern end of the section, southeast and northwestward flows have been detected with velocities and transports of 33 cm/s, 0.55 Sv, and 39 cm/s, 3.54 Sv respectively.*

### INTRODUCCION

En escala regional, las condiciones oceanográficas de las aguas de la costa del Pacífico de

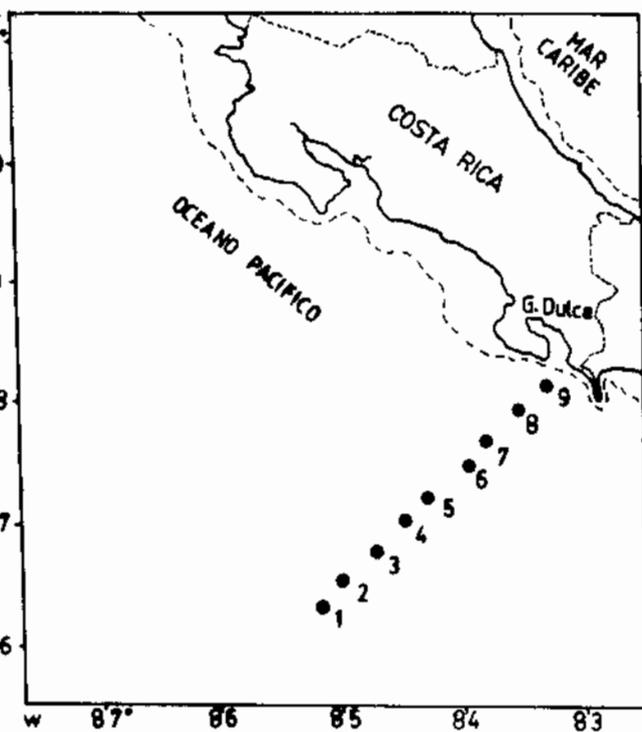


Figura No. 1

#### Localización de las estaciones hidrográficas (No. 1 a la No. 9).

Costa Rica comenzaron a ser estudiadas a partir de 1952, centrándose dichos estudios en la zona del Domo Térmico; así por ejemplo, Wyrki (1964), Voituriez (1981), Brenes (1981) y Hoffmann, Bussalacchi y O'Brien (1982) han estudiado la circulación superficial en el domo y sus posibles causas. A partir de estos trabajos se nota claramente la complejidad de las características oceanográficas de esta región; una zona en la cual la permanencia del Domo Térmico contrasta con la variabilidad del modelo de circulación superficial.

Las campañas de EASTROPAC de 1967-1968 (Love, 1975) constituyen uno de los mejores levantamientos de datos disponibles para el estudio oceanográfico en esta área del Océano Pacífico; Tsuchiya (1974, 1975) los utilizó para describir los movimientos de las aguas superficiales y de la subtermoclima.

La Contracorriente Ecuatorial Norte y la Corriente Costera de Costa Rica son las dos corrientes superficiales que prevalecen en la región oceánica próxima al continente. La primera fluye en la di-

rección este y está íntimamente ligada con la posición de la zona de convergencia intertropical (ITCZ), en tanto que la segunda se extiende en la dirección noroeste, a lo largo de toda la costa Pacífico de América Central.

La circulación subsuperficial ha sido estudiada por Tsuchiya (1974, 1975) y Voituriez (1981); este último explica la formación del Domo Térmico, basado en lo que él llama la Subcorriente Ecuatorial Norte y que para Tsuchiya representa la Contra Corriente Subsupsuperficial Norte.

El objetivo de la presente investigación fue estudiar la estructura hidrográfica y la componente geostrofica asociada a la circulación oceánica a través de una sección vertical en la región adyacente al Golfo Dulce (figura No. 1).

#### METODOS

Los datos utilizados en este trabajo fueron cedidos por el National Oceanographic Data Center (NODC), E.E. U.U. Las 7 estaciones oceanográficas fueron realizadas entre el 26 y el 27 de enero de 1969.

Los datos de temperatura y salinidad fueron colectados mediante botellas Nansen y termómetros de reversión.

Para el cálculo geostrofico, se hizo uso de la interpolación del campo de masa, adicionando las estaciones 2 y 4.

Las distribuciones verticales de temperatura y salinidad mostradas en las figuras Nos. 2 y 3, fueron construidas de acuerdo con la práctica común. El campo de masa está representado por la distribución vertical de la anomalía termosférica ( $\delta$ ) (figura 4), y en correspondencia con la estructura vertical de las corrientes geostroficas.

La componente geostrofica del campo de corriente fue estimada siguiendo el método propuesto por Montgomery (1937); que permite obtener la componente de velocidad en superficies isonostéricas. Los resultados obtenidos son presentados y analizados en la forma indicada por Montgomery & Stroup (1962), la cual permite una mayor potencialidad del método geostrofico y también un análisis de las características de ese movimiento sobre el diagrama T-S.

La ecuación que permite obtener la compo-

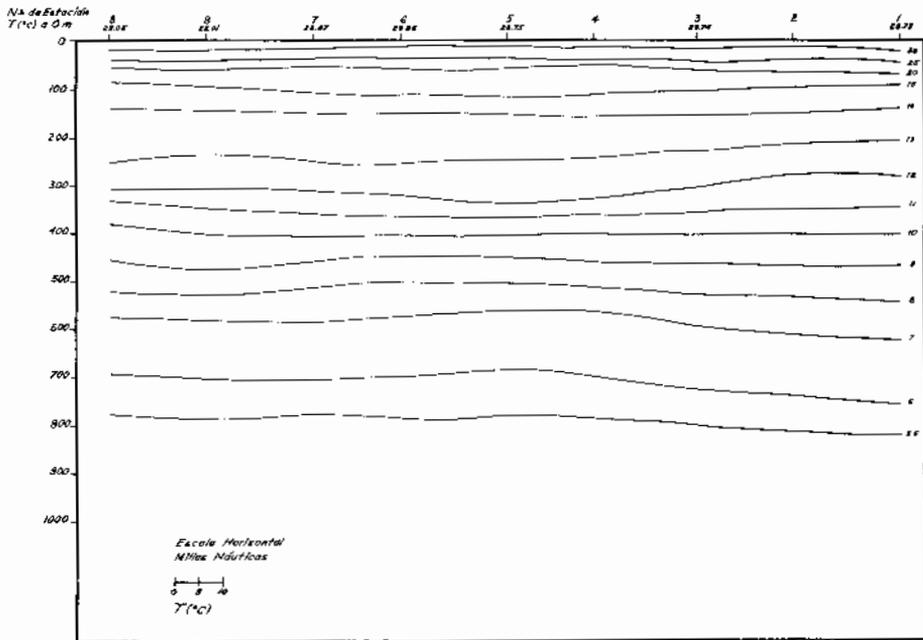


Figura No. 2

Distribución vertical de temperatura a través de la sección hidrográfica.

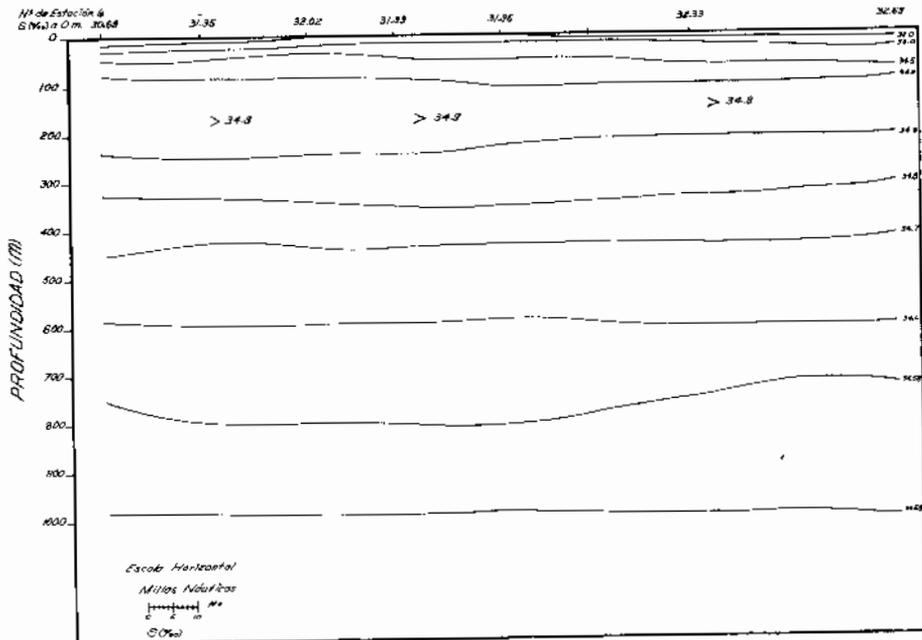


Figura No. 3

Distribución vertical de salinidad a través de la sección hidrográfica.

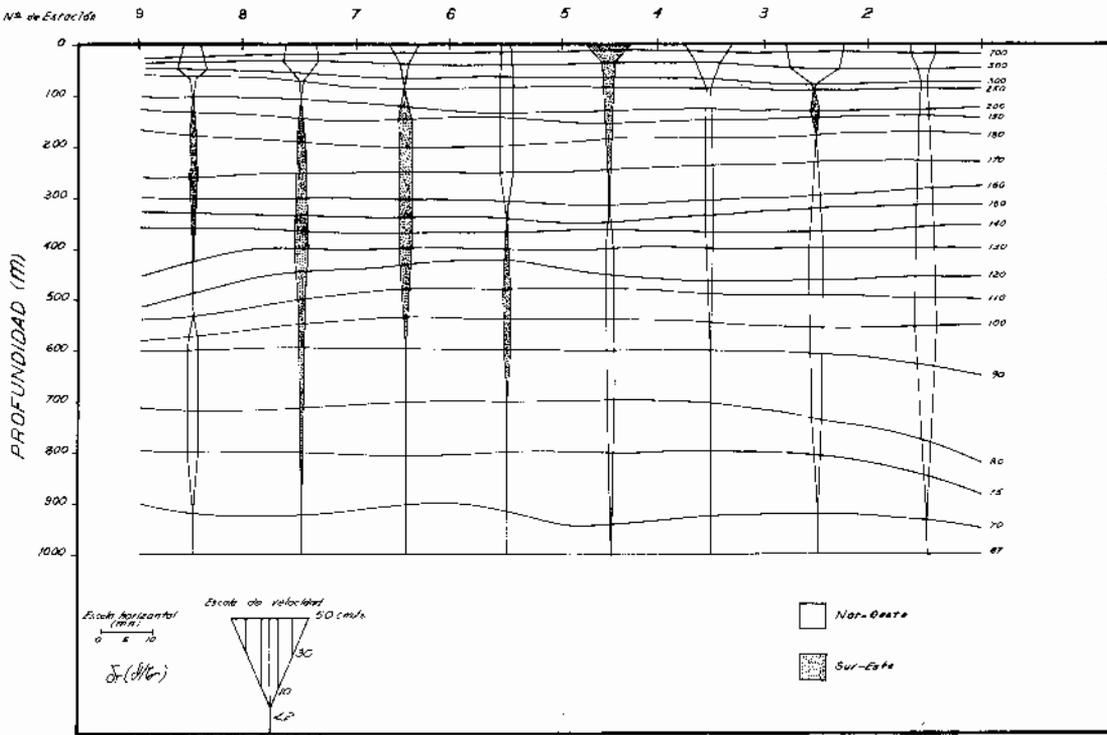


Figura No. 4

Estructura del campo de masa mostrada por las líneas isanostéricas (67 cl/ton. . . 700 cl/ton) y la distribución vertical de la componente zonal de la corriente geostrófica relativa a la superficie isanostérica de 67 cl/ton.

nente zonal de la velocidad geostrófica, según estos autores, viene dada por:

$$u_g(\delta) - u_g(\delta_r) = \frac{1}{f} \frac{d}{dx} [ \Delta D(\delta) - \Delta D(\delta_r) + \delta \cdot p - \delta_r \cdot p_r ] \quad (1)$$

donde  $u_g(\delta)$  es la componente zonal de la velocidad geostrófica en la superficie isanostérica  $\delta$ ;  $\Delta D(\delta)$  es la anomalía de la profundidad dinámica,  $P$  es la presión en la superficie isanostérica,  $f$  es el parámetro de Coriolis y el subíndice  $r$  indica la superficie de referencia.

El origen del sistema de coordenadas está sobre la superficie del mar, el eje  $Z$  orientado verticalmente hacia arriba, el eje  $X$  dirigido hacia el este y el eje  $Y$  hacia el norte.

La expresión entre paréntesis en la ecuación (1), denominada de aceleración potencial, fue calculada por integración numérica de:

$$\Delta D(\delta) - \Delta D(\delta_r) + \delta \cdot P - \delta_r \cdot P_r = \int_{\delta_r}^{\delta} P \cdot d\delta \quad (2)$$

Para el cálculo de la velocidad geostrófica se usó como superficie de referencia  $\delta_r = 67$  cl/ton; los resultados están presentados en la figura No. 4.

El transporte de volumen  $\phi_v$  se calculó por integración numérica de:

$$\phi_v = \Delta Y \quad (3)$$

donde  $\Delta Y$  es la distancia entre verticales para las cuales  $u_g$  fue calculada, y  $Z_r$  es la profundidad de la superficie isanostérica de referencia.

## RESULTADOS

Las distribuciones de temperatura y salinidad (figuras Nos. 2 y 3) muestran que en la época en que fueron realizadas las colectas de datos, la sección estaba ocupada por aguas provenientes de la mezcla de: Agua Superficial Tropical (AST), Agua Subsuperficial Subtropical (ASS), caracterizadas por su núcleo de alta salinidad con valores mayores a 34,9 ‰, y de Agua Intermedia Antártica (AIA), la cual presenta un mínimo relativo de salinidad ( $S > 34,55$  ‰).

La capa superficial (0 m a 100 m de profundidad) posee una componente vertical del gradiente de temperatura del orden de 0,12 °C/m, mostrándose como una capa no isotérmica. Una termoclina muy bien desarrollada y a pocos metros de la superficie oceánica ( $\sim 40$  m) puede ser observada a través de toda la sección; ésta es una característica muy acentuada dentro del Océano Pacífico Tropical Oriental; dicha termoclina separa el agua caliente superficial del agua fría de las capas intermedias.

Un máximo de salinidad subsuperficial, a una profundidad que varió entre los 75 m y los 250 m caracterizó al ASS; es interesante destacar el hecho de que por encima de este máximo, la salinidad decrece rápidamente hacia valores bajos en la superficie del mar, en tanto que en la dirección opuesta disminuye lentamente hacia valores cercanos a 34,55 ‰, en el mínimo del AIA.

Los valores superficiales más bajos de salinidad y más altos de temperatura se localizaron en la región más próxima a la costa (estaciones 8 y 9). La distribución de la anomalía termostérica (figura No. 4) acompaña la distribución de las isotermas, y la capa superficial se distingue por ser una zona sumamente estratificada.

## COMPONENTE ZONAL DE VELOCIDAD

Para el cálculo de la componente de velocidad geostrofica se tomó como referencia la superficie isanostérica de  $\delta_\sigma = 67$  cl/ton, a una profundidad media de 1.000 m, la cual se comporta aproximadamente como una superficie de nivel. En la figura No. 4 se presentan los resultados.

En el extremo norte de la sección, para las estaciones más próximas al continente, se observa

un flujo en el sentido noroeste que representa la Corriente Costera de Costa Rica; parte de esta corriente se integra posteriormente al giro ciclónico alrededor del Domo Térmico, cuyo centro está localizado en 9°N, 89°W; otra parte continúa hacia el noroeste (Wyrki, 1964).

Los valores superficiales de esta corriente oscilaron entre 12 cm/s y 20 cm/s, se presenta como una corriente poco profunda, con una extensión aproximada de 140 km y en donde el gradiente vertical de velocidad es grande, producto principalmente de la presencia de la capa de discontinuidad tropical situada entre los 10 m y los 50 m.

Una corriente superficial en la dirección sureste entre las estaciones 4 y 5, con una magnitud de 33 cm/s, separa a la Corriente Costera de otro flujo noroeste con valores cercanos a los 40 cm/s y cuya naturaleza no fue posible determinar, reflejándose así lo complejo de la circulación en esta área. Este flujo sureste podría asociarse a la Contracorriente Ecuatorial Norte, la cual se muestra débil y discontinua para esta época, debido a que la zona de convergencia intertropical se localiza entre los 2°N-5°N, cerca de su máxima posición sur (Tsuchiya, 1974).

Subsuperficialmente sobresale un flujo hacia el sureste justamente bajo la termoclina, en la región donde se localiza la Corriente Costera. La anomalía termostérica en la que ocurre el máximo valor de velocidad (11 cm/s) de esta subcorriente se localiza entre los 180 cl/ton y 190 cl/ton; transporta aguas cuyas temperaturas y salinidades oscilan entre los 13°C - 14°C y los 34,8 ‰ - 34,9 ‰.

## TRANSPORTE DE VOLUMEN

El transporte de volumen representado en la figura No. 5 sobre el diagrama T-S, calculado según Montgomery & Stroup (1962), ha sido expresado en Sverdrups ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 / \text{s}$ ).

De acuerdo con la orientación del sistema de referencia utilizado, valores negativos indican la dirección noroeste, en tanto que los positivos el sureste; estos flujos están separados en clases delimitadas por valores de  $\Delta\delta = 40$  cl/ton y de  $\Delta S = 0,2$  ‰.

De la figura No. 5 se puede verificar que los flujos parciales, distribuidos en las clases correspondientes, poseen una configuración semejante a la curva T-S característica de la región de estudio.



## BIBLIOGRAFIA

- Brenes, C. L. 1981. Circulação, transporte de volume e massas de água na região do Domo Termal de Costa Rica. *Disertación de Maestría*. Sao Paulo.
- Hoffmann, E. E., Busalacchi, A. J. & O'Brien J. J. 1982. Wind generation of the Costa Rica Dome. *Science*.
- Love, C. M. 1975. EASTROPAC Atlas. Vol. 5. US Dept. Comm., Natl. Mar. Fish., Serv., Circ. 330.
- Montgomery, R. B. 1937. A suggested method for representing gradient flow in isentropic surfaces. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 18.
- Montgomery, R. B. & Stroup, E. D. 1962. Equatorial waters and currents at 150°W in July August 1952. *The Johns Hopkins Oceanogr. Stud.* 1.
- Tsuchiya, M. 1974. Variation of the surface geostrophic flow in the Eastern Intertropical Pacific Ocean. *Fish. Bull.* Vol. 72. No. 4.
- Tsuchiya, M. 1975. Subsurface countercurrents in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *J. Mar. Res. Suppl.*
- Wyrtki, K. 1964. Upwelling in the Costa Rica Dome. *Fish. Bull.* Vol. 63. No. 2.
- Voituriez, B. 1981. Les sous courants équatoriaux nord et sud et la formation des domes thermiques tropicaux. *Oceanologica Acta.* Vol. 14, No. 4.