

Bol. Cient. CIOH	Cartagena (Colombia)	No. 12	Sep. 1992	Pág. 23 - 38	ISSN 0120 0542
---------------------	-------------------------	--------	--------------	--------------	----------------

MOVIMIENTO GEOSTROFICO EN EL PACIFICO COLOMBIANO

Por:
Carlos Alberto Andrade*

RESUMEN

Seis cruceros oceanográficos realizados entre 1975 y 1986 en el Pacífico colombiano fueron analizados y utilizados para describir la circulación geostrófica del área; el modelo geostrófico fué calculado con respecto a la superficie de -250 db. de acuerdo con el modelo sugerido por Helland-Hansen y Sandström. Las corrientes geostróficas en superficie, ponen de manifiesto un meandro de la Corriente de Colombia de carácter casi permanente que varía de intensidad, al norte de latitud 6° N y se advierte la presencia de una corriente costera en el Chocó, que fluye hacia el sur. Durante eventos de ENSO, la respuesta de la topografía dinámica mostró vórtices y meandros en la superficie asociados a un aumento del nivel estérico y la llegada de aguas venidas del oeste que alteraron la circulación normal del área de estudio.

En el análisis de la distribución termohalina se encontró que la Corriente de Colombia transporta Agua Ecuatorial Subsuperficial y Agua Ecuatorial Central alternadamente y se advirtió la presencia de Agua Intermediaria Antártica y Agua Profunda del Pacífico.

ABSTRACT

Six oceanographic observations taken between 1975 and 1986 on the colombian Pacific, were analyzed and used for the description of its geostrophic circulation; the geostrophic method was calculated using -250 db, as no motion level and the Helland - Hansen procedure. The geostrophics currents on the surface, state the presence of one semipermanent Colombian Current meander at latitud 6° N, north with changes on its intensity and a coastal current off Choco is advise flowing to the south.

During events from ENSO phenomena the response of the dynamic topography shows eddies and meanders on the surface related to and increase of the steric level and arrival of waters coming from the west which changed the normal circulation of the study area.

On the analysis of the thermohaline distribution was found that subsurface Ecuatorial Water and Central Ecuatorial Water are transported by the Colombian Current alternatively and it was advised the presence of Intermediary Antartic Water and Pacific Deep Water.

* Capitán de Corbeta. Armada Nacional. MSc en Oceanografía- MSc en Meteorología. Apartado Aéreo 762. Cartagena Colombia.

INTRODUCCION

El Pacífico colombiano es un área de gran interés en el campo de la oceanografía, Figura 1. Los primeros resultados fueron presentados por Murphy; Nichols y Wooster entre 1938 y 1959. Fué este último quien en 1959 incluyó el Pacífico colombiano como parte del que llamó "Panama Bight" y con base en las observaciones de la deriva del barco, cartografió la circulación en el área de manera aproximada, siendo este el primero en nombrar con el calificativo de Corriente de Colombia a la corriente superficial que fluye hacia el norte a lo largo de la costa colombiana, Wooster (1969).

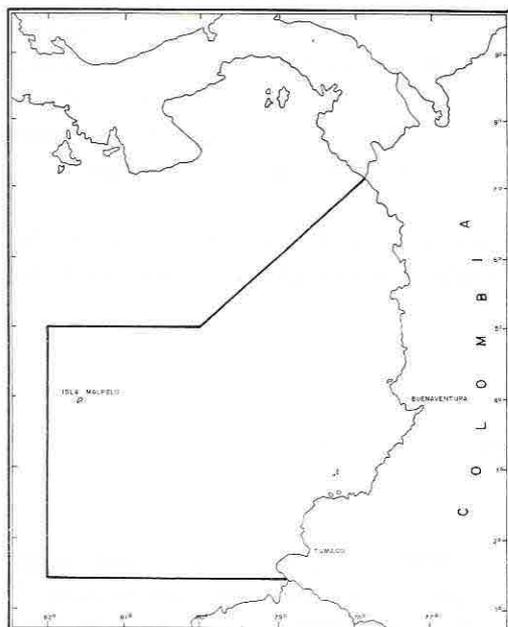


Figura 1. Area de estudio.

Bennett (1963), redujo los datos de la deriva de los barcos de la Oficina de Hidrografía de los Estados Unidos y los de su trabajo con Cromwell (1958). Wyrki (1965) interpretó la circulación del Pacífico en toda la zona conocida como Panama Bight, en donde sintetiza de manera general, las corrientes superficiales de la zona.

El primer estudio del área hecho en Colombia fue

llevado a cabo entre 1965-66 y se llamó "ACENTO" (The Augmented Colombian EL NIÑO Tuna Oceanography), conducidos a bordo del buque de la Empresa Puertos de Colombia "Bocas de Ceniza" durante cuatro cruceros de tal forma que tomaron lugar cada tres meses y cuyos resultados fueron publicados por la IATTC en Forsbergh (1969).

Allí se recolectaron datos que permitieron un estudio de la variación estacional y espacial, de la distribución de las propiedades físicas y químicas del Pacífico colombiano. Stevenson (1970), utilizando los datos de dicho programa presentó unos modelos de circulación que servirán de comparación para el presente análisis.

En el trabajo de Forsbergh op. cit., se trata la complejidad de las características oceanográficas y climatológicas de la región, la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical, en especial los cambios estacionales que ocurren sobre los parámetros oceanográficos y que están determinados principalmente por el movimiento latitudinal de ésta; además la presencia de un "frente salino" marcado que se encuentra frente al litoral Pacífico colombiano.

Díaz (1978), evaluó la información obtenida durante febrero - marzo/72 por la Armada colombiana y localizó una célula de circulación ciclónica, asociada a un domo termal frente a Cabo Marzo en longitud 79°W.

En el trabajo de Miller (1983) se estableció que la influencia de el fenómeno El Niño-Oscilación Sur, ENSO, en 1982-83 en el Pacífico oriental tuvo manifestaciones a nivel de la circulación superficial de aguas tropicales que eventualmente afectarían la circulación en el Pacífico colombiano tales como el aumento de la velocidad de la Contracorriente Ecuatorial del Norte, proporcionalmente a la velocidad del viento en superficie y la presencia de la Subcorriente de Cromwell.

La anomalía de temperatura superficial del mar en

ese año tuvo los valores positivos más altos que se hubieran medido en los puertos del pacífico sudeste y a pesar de su latitud norte, en Tumaco se advirtió este incremento a pesar de ser bañado por aguas tropicales, Figura 2.

condiciones del movimiento geostrófico en el Pacífico colombiano mediante el análisis de los datos obtenidos en los cruceros anteriormente mencionados, la ocurrencia de fenómenos que puedan alterar esta circulación, y relacionar las condiciones observadas con fenómenos a gran escala, tales como ENSO si se presentaron.

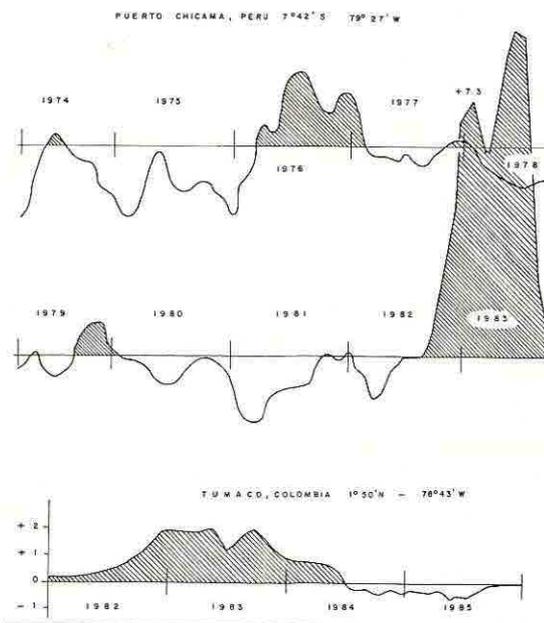


Figura 2. Anomalías de temperatura superficial del mar para los puertos de Chicama (Perú) y Tumaco (Colombia).

La Armada Nacional colombiana programó desde 1970, cruceros oceanográficos en el Pacífico, recolectando datos en febrero/75, abril-mayo/76, septiembre-octubre/76, diciembre/78, noviembre-diciembre/82 y febrero/86 principalmente.

Este enorme esfuerzo hecho por el gobierno nacional no ha sido muy explotado hasta la fecha, ya que sólo se han efectuado los procesos de reducción de datos pero sin que se haya hecho análisis de ellos.

El presente trabajo tiene por objeto, conocer las

EL MODELO GEOSTROFICO

El cálculo de las corrientes geostróficas fué deducido independientemente por Sandström y Helland-Hansen a partir del teorema de circulación de Bjerkness, llamado método clásico y posteriormente método dinámico, que permite estimar las componentes del movimiento geostrófico (no acelerado y sin fricción), relativo a superficies isobáricas convenientemente seleccionadas. En éste método, esta componente de movimiento del agua de mar es determinada a partir del gradiente de profundidad dinámica (D), o de su anomalía (ΔD), entre pares de estaciones oceanográficas suponiéndose conocido el volumen específico del agua de mar, o de su anomalía en función de la temperatura y salinidad, observadas en profundidad en esas estaciones.

Partiendo de las ecuaciones hidrodinámicas en las tres componentes, se llega a la conclusión de que conociendo la variación lateral de la densidad se consigue el esfuerzo de corte (*stress*) de la velocidad geostrófica.

Ahora, teniendo en cuenta la abstracción del metro dinámico y que razonablemente, presión en dbar, es igual a profundidad en metros se pueden conseguir por incrementos finitos las diferenciales propuestas. La ecuación utilizada fué:

$$V = V_z - V_0 = \frac{1}{f \cdot \Delta X} [\Delta D_A - \Delta D_B]$$

siendo; V, velocidad geostrofica; Vz, la velocidad a una profundidad dada; Vo, la velocidad de referencia; f la fuerza de Coriolis; Δx , la distancia entre estaciones y Dn, el potencial dinámico en cada una de las estaciones adyacentes escogidas para el computo.

Esta proposición matemática es llamada "ecuación clásica" con la cual se calculará la componente meridional de la velocidad geostrofica en este trabajo, relativo a una superficie isobárica de referencia. Ahora, si sobre una superficie dada se trazan isolíneas de $\Delta D = \text{cte.}$, con respecto a una superficie de referencia, se encuentra lo que en teoría se llama Topografía Dinámica, que es asociada a líneas de corriente, las cuales tienen la característica de que la distancia entre ellas da un orden de la magnitud de la velocidad, siendo más alta donde estén más cercanas.

La topografía dinámica relativa a una superficie de nivel previamente establecida se conoce como Topografía Dinámica Absoluta y su contraste en superficie da una excelente idea de la circulación en la zona estudiada.

Siendo los afloramientos, aguas subsuperficiales que ascienden a la superficie para reemplazar el agua desalojada por divergencia horizontal; esta divergencia puede ser accionada no solamente por el viento lejos de la costa, donde normalmente ocurren afloramientos debido al transporte de Ekman hacia afuera de la costa, sino también por la divergencia del agua superficial asociado a un giro (Curl) positivo del esfuerzo del viento, y de esa manera, la divergencia geostrofica es un elemento importante en los sistemas de afloramiento que pueden encontrarse.

Desde un punto de vista casi estacionario, se presentan núcleos de bajas temperaturas en la superficie cuando se producen ajustes geostroficos simples del campo de masa (densidad) en el campo de corrientes; si el movimiento es ciclónico en el Hemisferio Norte, se causa divergencia geostrofica y por consiguiente afloramientos. En el

caso de concentración de altas temperaturas el ajuste geostrofico produce apilamiento de agua, al hacer converger tal campo de masa hacia el centro del movimiento.

METODOLOGIA

Para la recolección de datos, en todas las estaciones oceanográficas se tomaron muestras y datos en la columna de agua en profundidades estándar con botellas Nansen; la temperatura in-situ fué medida con termómetros de inversión protegidos y no protegidos, verificadas con el registro del CTDO* en el caso del crucero de noviembre-diciembre/82 y febrero/86 y del batitermógrafo en los otros.

La salinidad fué obtenida por medio de las mediciones de la razón de conductividad eléctrica con un salinómetro inductivo, frecuentemente calibrado con aguas estándar, dicha razón fué convertida en salinidad expresada en partes por mil, de acuerdo con las recomendaciones internacionales de la época. En los cruceros de 1982 y 1986 se utilizó directamente la medida de la conductividad eléctrica en el sensor correspondiente del CTDO.

La profundidad real del muestreo fué obtenida midiéndose la longitud del cable y corrigiéndose con el ángulo de inclinación de éste, en los primeros 200 m. con el cálculo de profundidad termométrica convencional y con el uso del sensor correspondiente del CTDO en los cruceros en que se tuvo disponible.

El procedimiento y corrección de la información se hizo en la División de Sistemas del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH y en el Centro colombiano de datos oceanográficos CECOLDO, donde se efectuaron los cálculos convencionales de los parámetros físicos anteriormente descritos (temperatura, salinidad y profundidad). El cálculo de la densidad (ρ) y de la anomalía del volumen específico (δ) fueron hechos con base en la ecuación de estado

* Sensor de conductividad, temperatura, profundidad y oxígeno disuelto.

del agua de mar propuesta por UNESCO en 1980.

CALCULOS Y RESULTADOS

Distribución de las propiedades físicas en el área de estudio.

Las distribuciones de la temperatura y salinidad muestran que durante la recolección de los datos, el área estudiada se encontraba ocupada por aguas provenientes de la mezcla de Agua Ecuatorial Central según nomenclatura propuesta por Mamayev (1975), Agua Intermediaria Antártica del Sureste del Pacífico entre los 400 y 1000 m. de profundidad y Agua Profunda del Pacífico en adelante, Figura 3.

La aproximación del índice termohalino propuesto para el Agua Ecuatorial Central del Pacífico, se cum-

ple para aguas más oceánicas, sin embargo, el índice que cumple el comportamiento termohalino para las aguas al este de 79° W es de (13.7°, 35.15‰), es decir, parece haber influencia de Agua Ecuatorial Subsuperficial que modifica la mezcla; el porcentaje de Agua Intermediaria Antártica es muy pequeño y es evidente la presencia de Agua Profunda del Pacífico en profundidad.

En los períodos de observación, la temperatura media superficial varió entre 29.5 °C durante noviembre-diciembre/82 y 25.7 °C en febrero/75; la profundidad de capa se encontró entre los 0 y los 50 m. de profundidad; la estructura térmica fué muy semejante por debajo de los 200 m.; la distribución de la temperatura superficial normalmente fué mayor cerca de la costa, aunque se presentaron fenómenos de calentamiento superficial que vinieron de mar

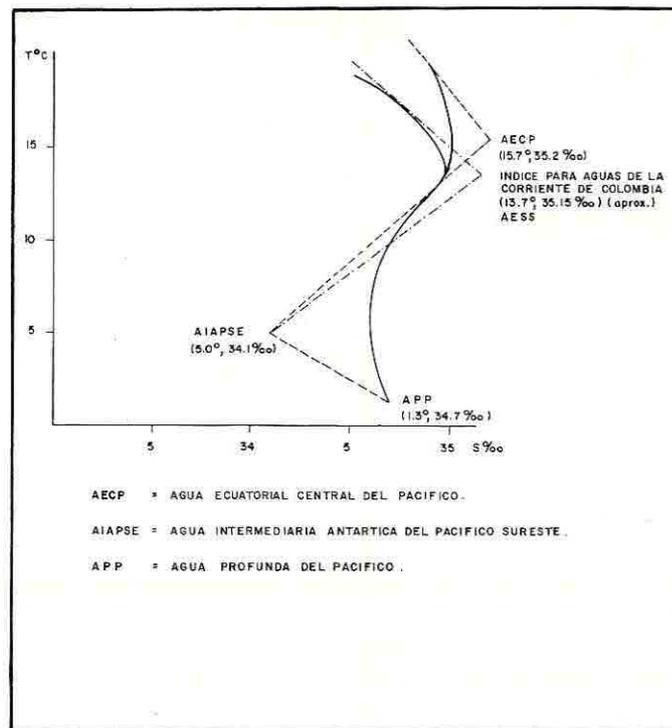


Figura 3. Masas de agua presentes en el área de estudio.

afuera como ocurrió en noviembre-diciembre/82, Figura 4, asociados a la ocurrencia de un ENSO.

Nivel de referencia

Los datos hidrográficos utilizados para el presente trabajo a pesar de haberse recogido en períodos de observación que variaron entre 10 y 30 días, fueron

considerados estacionarios para poder desarrollar un modelo de circulación estacionaria.

Al efectuar la apreciación propuesta por Defant en Sverdrup et. al. (1942), Figura 5; se puede observar como a esa profundidad se cumple el requisito de

$\Delta D(a) - \Delta D(b) = 0$, de una manera razonable. Los 250 m. fué la mayor profundidad a la cual se efectuaron suficientes mediciones en todos los

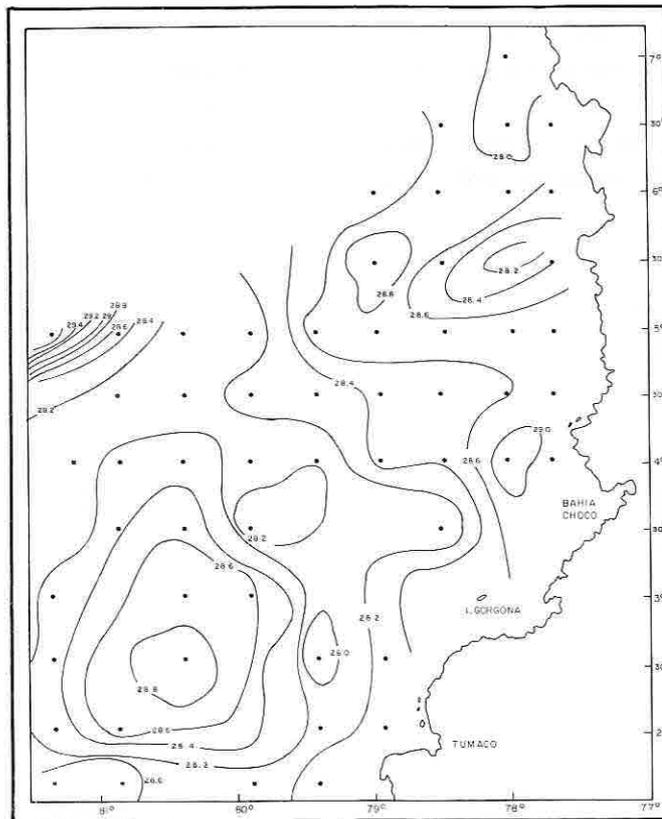


Figura 4. Distribución superficial de temperatura durante noviembre - diciembre de 1982.

cruceros estudiados, de tal manera que permitieran hacer las interpolaciones necesarias con un límite confiable de error, en razón a las distancias a las que se colocaron las botellas Nansen a esas profundidades.

Por la observación del campo de masa, y la limi-

tación del muestreo en el área de estudio; los 250 m. de profundidad reunieron las condiciones necesarias para tomarlo como nivel de referencia o de movimiento nulo, para el cálculo de la componente meridional de la corriente geostrofica y la topografía dinámica superficiales, para el presente estudio, la cual es aproximadamente una superficie de nivel.

Stevenson (1970), utilizó este nivel para sus cálculos y dice que al haber computado algunos pares de es-

taciones con un nivel de 300m. de profundidad encontró que no habían diferencias mayores de

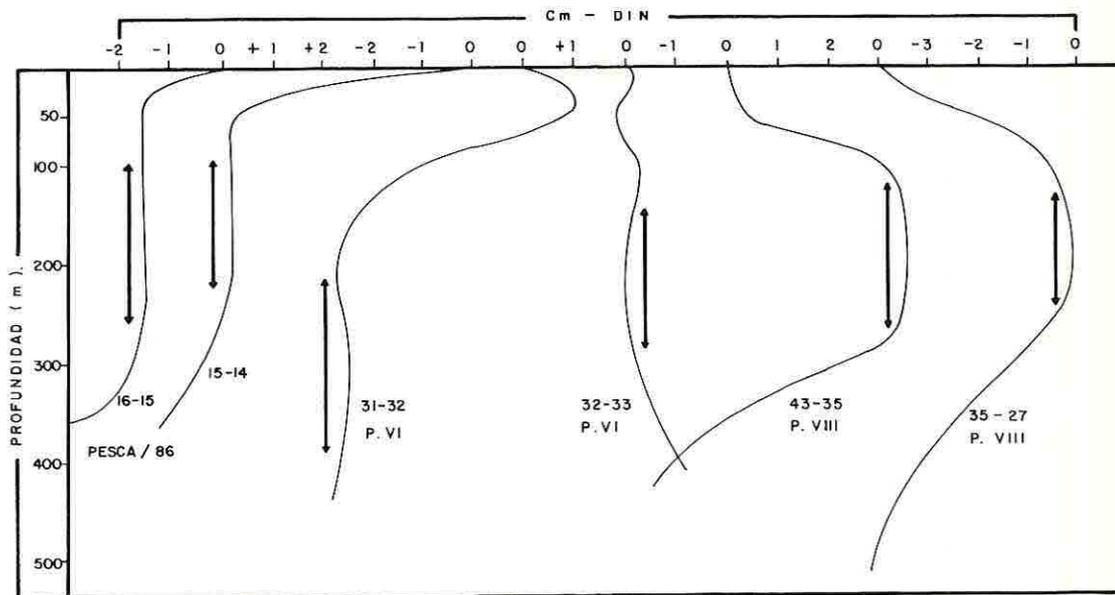


Figura 5. Curvas de diferencia de profundidad dinámica entre algunas estaciones.

2 cm.s⁻¹ , por lo que acreditó como significativo el modelo con ese nivel de referencia.

La profundidad de esa superficie $Z_r(p_r)$, fué entonces considerada como constante en cada una de las secciones; donde la profundidad fué menor que la superficie de referencia; la parte sólida del fondo marino fué reemplazada por una porción ficticia de agua de mar en reposo.

Por consiguiente las superficies isostéricas fueron consideradas superficies de nivel y fueron extrapoladas a partir del punto de intersección de las líneas isobáricas del océano real con el fondo submarino, de acuerdo con el método presentado propuesto por Helland-Hansen.

De acuerdo con la práctica usual en oceanografía, la profundidad en metros fué considerada numéricamente igual a la presión en decibares. El cálculo de la profundidad dinámica fue obtenida por el método de integración numérica, por incrementos finitos.

$$D = \int_a^b (\delta_a - \delta_b) \partial \rho$$

Las profundidades de las líneas isopíneas seleccionadas (24.0; 25.0;...) fueron obtenidas por interpolación gráfica directamente de los perfiles verticales de (ρ) y de la misma forma las isotermas e isohalinas.

Los ΔD fueron calculados entre pares verticales de estaciones adyacentes. Al computar Δx en kilómetros, se obtuvo la componente meridional de la velocidad geostrofica en cm.s⁻¹.

Las estaciones utilizadas de cada uno de los cruceros se encuentran representadas por un punto en los gráficos de las topografías dinámicas.

Topografía Dinámica.

En la Figura 6 se presenta la circulación geostrofica

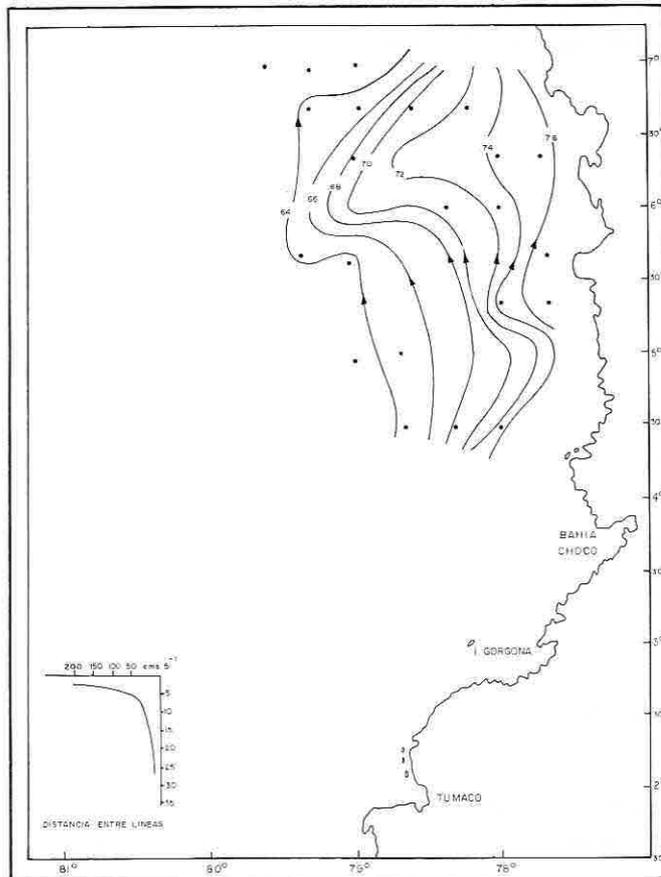


Figura 6. Topografía dinámica de superficie con referencia a - 250 db. febrero, 1975.

en la superficie con respecto al nivel de referencia (- 250 db.), del área de estudio durante febrero/75. En ella se observa un movimiento general hacia el norte, conocido como Corriente de Colombia; además es notable el hecho de que la circulación se aparte de la costa describiendo un meandro muy definido, situado entre los 6 y 7°N.

Durante abril-mayo/76, la topografía dinámica en el área de estudio en la superficie, Figura 7a muestra la Corriente de Colombia muy bien definida a la altura de latitud 4°30' N con velocidades de ~ 50 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$, a lo largo de la costa colombiana. Se puede observar que el meandro que se presentó en febrero/75 también está presente en esta época pero más atenuado.

Se localizan varias células ciclónicas en latitud 3°50'

N, longitud 79°50' W; aparece una de ellas al frente del delta del río San Juan y una célula ciclónica centrada en latitud 6°N y longitud 79° W producida por la Corriente de Colombia al subir hacia el Golfo de Panamá y las aguas que salen de éste cerrando el ciclo.

Al comparar esta topografía dinámica con el trabajo de Stevenson (1970) Figuras 7b y 7c, se puede ver que esta es una etapa intermedia entre los modelos que enmarcan la fecha del muestreo ACENTO 1 y ACENTO 4, lo que permite afirmar que durante esta época hubo una condición normal de la circulación.

El crucero PACIFICO VI se llevó a cabo entre el 23 de septiembre y el 29 de octubre de 1976, durante este período se desarrolló un fenómeno ENSO. Como es sabido, una de las características prin-

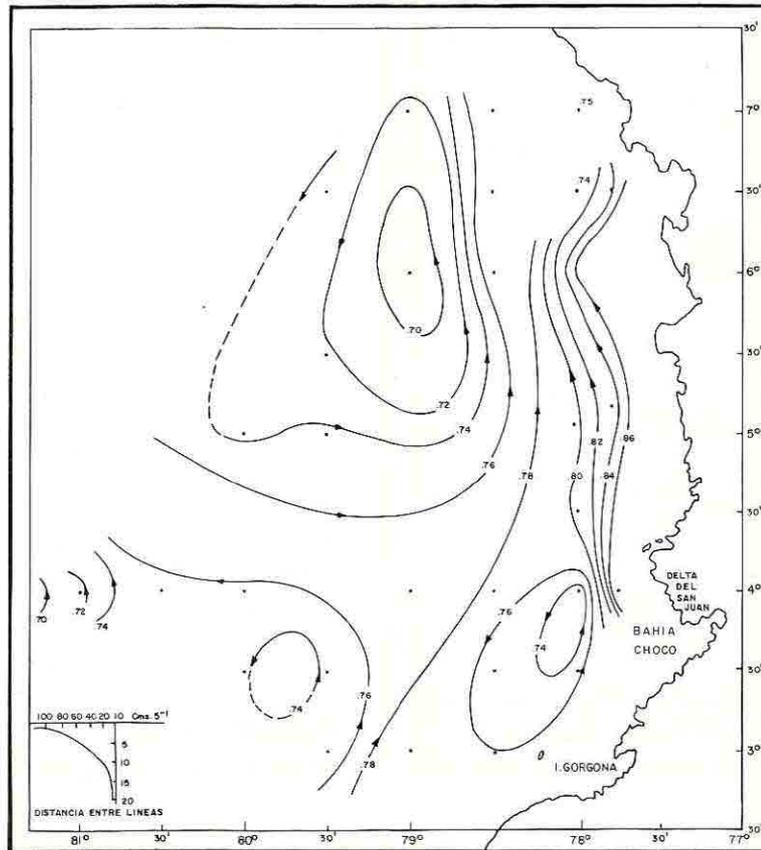


Figura 7a. Topografía dinámica con referencia a - 250 db en la superficie.
abril - mayo 1976

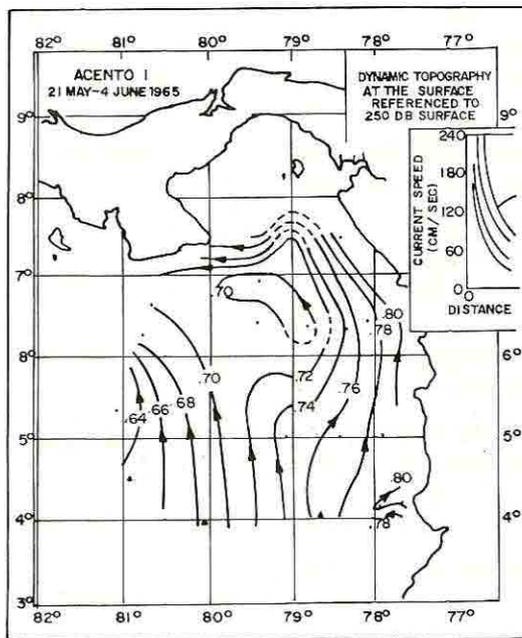


Figura 7b. Topografía dinámica durante mayo - junio 1965
en Stevenson (1970).

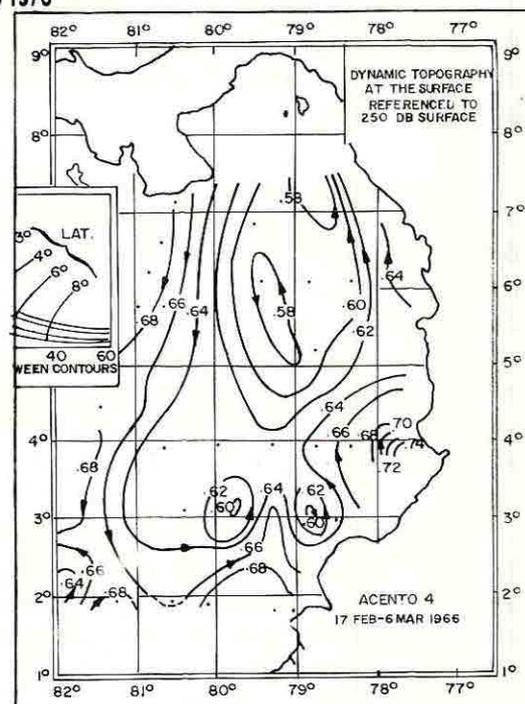


Figura 7c. Topografía dinámica durante febrero - marzo
1966 en Stevenson (1970).
BOLETIN CIENTIFICO CIOH No. 12

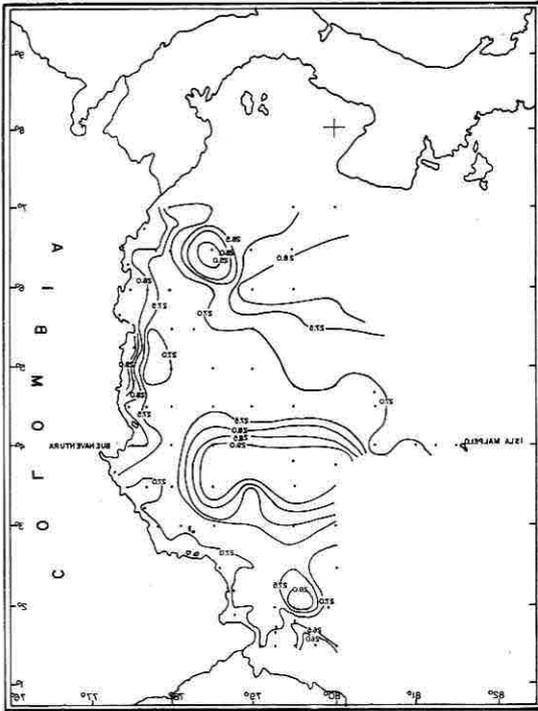


Figura 8a. Distribución superficial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) durante septiembre-octubre/76

principales del fenómeno es la del aumento anormal de la temperatura superficial del mar. En la Figura 8a, se puede observar la distribución de la temperatura en la superficie y es muy definida una lengua de temperatura localizada a la altura de latitud 4°N , que llega de mar afuera.

En la Figura 8b, se muestra la circulación geostrofica de la época; como se puede ver, está notablemente alterada con respecto a los anteriores modelos; se aprecia un cuerpo de agua que invade la zona a la altura de latitud 4°N y otro menos importante en latitud 6°N ; también se observa que las aguas que salen del Golfo de Panamá se ven obligadas a girar hacia el oeste con velocidades mayores a 160 cm.s^{-1}

La Corriente de Colombia se puede apreciar al norte de latitud 4°N y sube describiendo el meandro que aparece en los anteriores modelos; el ancho de la corriente en superficie es mucho menor que en los anteriores casos y su velocidad es de $\sim 100\text{ cm.s}^{-1}$.

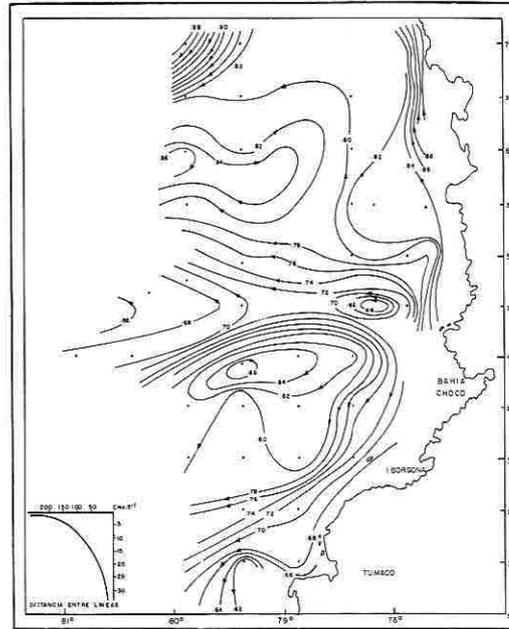


Figura 8b. Topografía dinámica de superficie referencia a -250 db. en septiembre-octubre/76

Tal circulación geostrofica es decorrente de la anomalía que se presentó y del desajuste en la distribución de masa que este fenómeno produjo, lo que necesariamente no la hace representativa de la realidad ya que el modelo geostrofico no tiene en cuenta aceleraciones locales ni procesos advectivos.

Sin embargo, al computar el modelo geostrofico al nivel de -150 db. Figura 9, se puede ver que la Corriente de Colombia fluye normalmente a esa profundidad, que permite observar que la anomalía es superficial.

En noviembre - diciembre/78, la circulación geostrofica del momento, Figura 10, muestra la Corriente de Colombia en su flujo normal con velocidades de $\sim 150\text{ cm.s}^{-1}$, efectuando un profundo meandro de las mismas características encontradas en los anteriores cruces, lo cual parece ser el comportamiento normal de la corriente y al oeste de $79^{\circ}30'\text{W}$ se insinúan las características del vórtice reportado en abril - mayo/76 Stevenson(1970). En

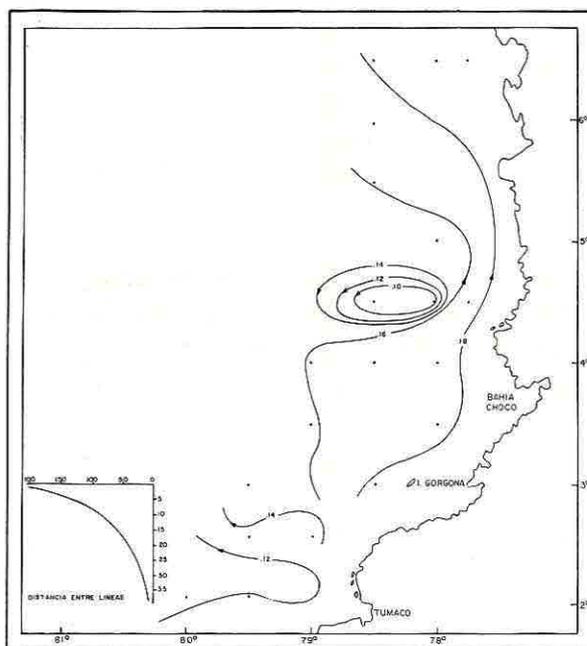


Figura 9. Topografía dinámica de -150 db. con referencia a -250 db. septiembre-octubre/76.

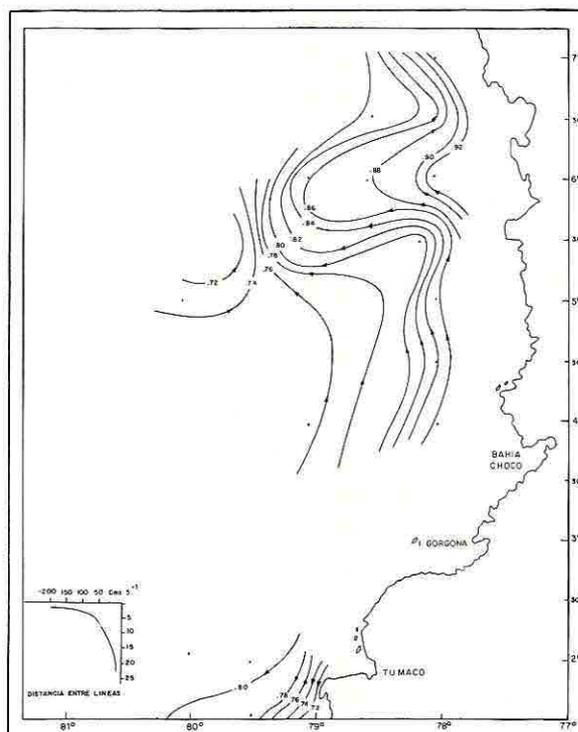


Figura 10. Topografía dinámica de superficie con referencia a -250 db. noviembre-diciembre/78

latitud 2° N aparece la circulación hacia el sur, lo que aparentemente se relaciona con la llamada "Corriente de El Niño", la cual es bien conocida en el Ecuador como la llegada casi-estacional de aguas provenientes del norte hacia los meses de diciembre y que tiende a confundirse con los ENSO, Cucalon (1985).

Durante noviembre - diciembre./82, se llevó a cabo el crucero oceanográfico PACIFICO VIII-ERFEN IV abordo del buque de investigación ARC "MALPELO"; en ese momento empezaba a desarrollarse el

ENSO más severo que se haya medido en este siglo; dicho fenómeno está bien documentado p.e. Miller (1983), Donguy (1985), Enfield (1988), Cane y Sarachick (1983).

La Figura 11 muestra la topografía dinámica de esa época. se caracteriza por presentar una serie de sistemas independientes de vórtices ciclónicos y anticiclónicos de diferentes magnitudes, la Corriente de Colombia es evidente con una influencia normal en cuanto a su anchura (180 km.) y velocidades hasta de 150 cm.s⁻¹ en latitud 6° N; también en esa

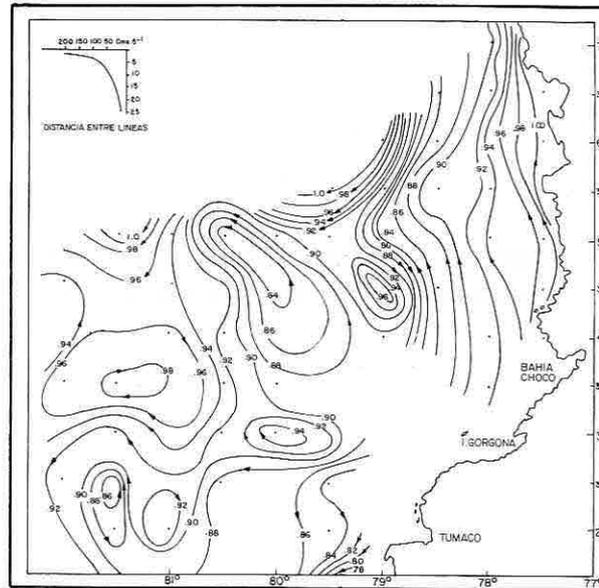


Figura 11. Topografía dinámica de superficie con referencia a -250 db en diciembre/82.

ocasión el flujo efectuó el meandro ya comentado en casos anteriores.

Es notable que el ΔD es muy elevado (< 84) en general para toda el área, asociado a las altas temperaturas superficiales ($> 29^{\circ}\text{C}$), que muestran cómo la anomalía se estaba sintiendo a nivel oceánico en aguas Colombianas.

En enero - febrero/86, la Armada Colombiana en coordinación con COLCIENCIAS e INDERENA, efectuó un crucero oceanográfico a lo largo de la costa colombiana. En la Figura 12a, se observa que

durante el muestreo, la circulación predominante es casi exclusivamente a la llamada Corriente de Colombia con velocidades medias de 75 cm.s⁻¹; en este caso se puede observar como esta corriente toma sus aguas desde más al sur que las anteriores observaciones. Este muestreo se caracterizó por presentar valores de temperatura por debajo de lo normal para la zona, Figura 11; además, aunque mucho menos definido, aparece el meandro descrito por la corriente en latitud 6° N.

Las características que presentó el agua superficial en la reunión para el estudio regional del fenómeno

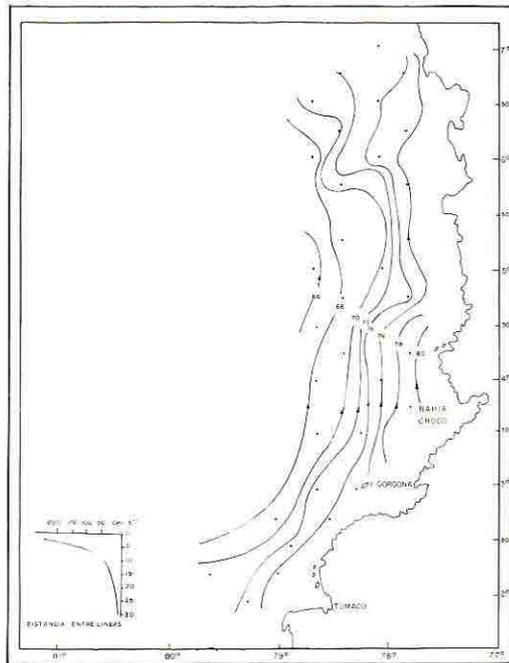


Figura 12a.

Topografía Dinámica de Superficie con referencia a -250 db. enero-febrero/86.

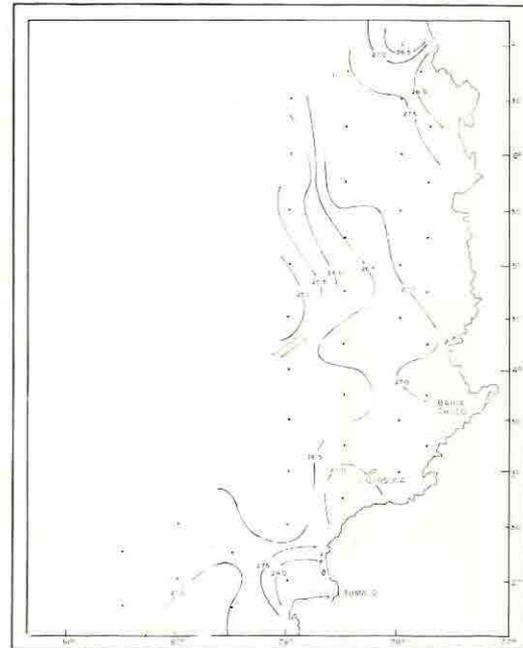


Figura 12b. Distribución superficial de temperatura en enero-febrero de 1986.

de El Niño, ERFEN, siendo ésta una particularidad, ya que las condiciones normales son diferentes, estableciéndose en dicha reunión, que en ese momento hubo un desplazamiento del frente Ecuatorial hacia el norte y por esa razón la temperatura superficial estuvo por debajo de lo normal.

Estructuras verticales de velocidad geostrofica. Por medio de un análisis de las estructuras verticales de velocidad geostrofica en perfiles representativos de los cruceros oceanográficos estudiados, Figura 12, se encontró que el núcleo de la Corriente de Colombia corre a unas 20 millas de la costa y no tiene mayores diferencias estacionales; los valores máximos de velocidad superficial oscilaron entre 200 y 130 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

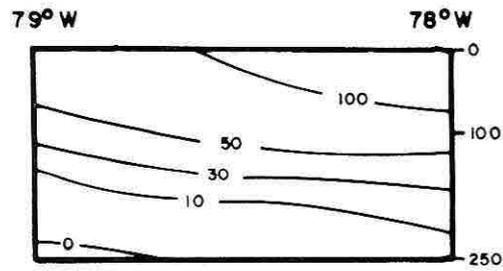
Estos valores de velocidad geostrofica fueron observados en trabajos anteriores, sin embargo,

Stevenson (1970) y Díaz (1978), obtuvieron profundidades máximas de la Corriente de Colombia hasta los 150 m., los perfiles estudiados muestran su influencia hasta los 250 m en algunas épocas como septiembre/76 y febrero/86.

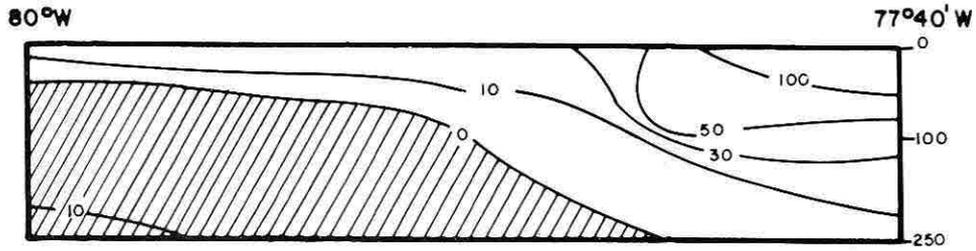
CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permiten discutir la distribución geostrofica de las variaciones de circulación desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, mediante la evaluación de la información obtenida en los cruceros oceanográficos realizados por la Armada colombiana en el Pacífico.

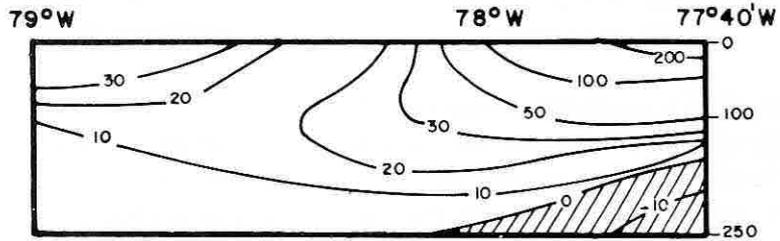
La distribución de la temperatura y la salinidad, independientemente revelan los valores extremos durante septiembre-octubre/76 y noviembre-diciembre/82, cuando fueron máximos a nivel superficial ($29,5^\circ$ y $33,3\text{‰}$.) estando la sección mayor-



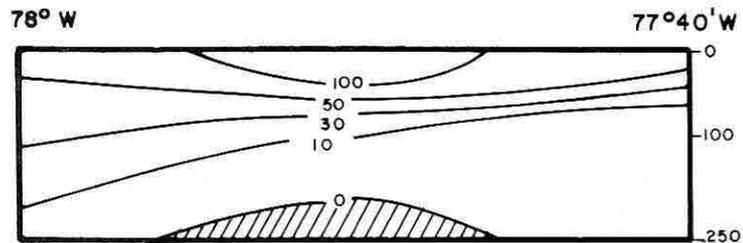
LATITUD 4°30'N FEBRERO /75



LATITUD 5°30' SEPTIEMBRE-OCTUBRE /76



LATITUD 5°30'N DICIEMBRE /82



LATITUD 5°N ENERO - FEBRERO /86

FLUJO NORTE
 FLUJO SUR

Figura 13. Velocidades geostróficas en cms^{-1} . Perfiles verticales.

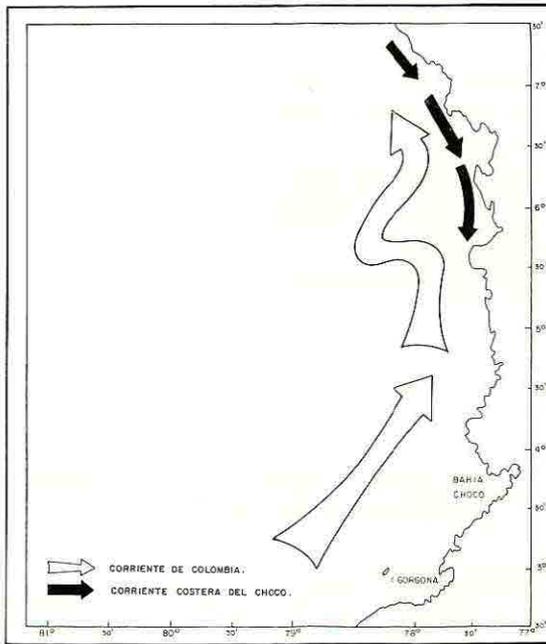


Figura 14. Esquema de la interacción de las Corrientes Colombia y Chocó.

mente ocupada por aguas provenientes del oeste, durante enero-febrero/86, cuando fueron mínimos a nivel superficial asociados a un avance del frente ecuatorial hacia el norte.

La distribución de temperatura durante septiembre-octubre/76 y noviembre-diciembre/82 ya mencionadas, son anomalías típicas de la ocurrencia de ENSO que estuvo afectando el Pacífico colombiano durante las épocas de muestreo, evidenciando así que el fenómeno oceanográfico alcanzó a tener influencia hasta latitudes mayores de 7° N en ambos casos.

El campo de masa, mostrado por las líneas isopícnas, indica que esos valores de temperatura y salinidad están relacionados con una razonable estabilidad vertical en el área de influencia de la Corriente de Colombia. Este hecho sugiere que esa característica inducida por la Corriente de Colombia es casi permanente.

No asociados a la Corriente de Colombia se observaron sistemas de afloramientos de aguas

subsuperficiales tales como, la célula ciclónica encontrada durante marzo/76 y diciembre/78, en latitud 6° N - longitud 79° W, principalmente, así como también los vórtices evidenciados en la topografía dinámica.

En el análisis necesario de las características termohalinas del área de estudio se encontró que en algunas ocasiones, el agua transportada por la Corriente de Colombia sugiere un índice termohalino cerca de (13.7°C - 35.15‰), lo que indica que dicha corriente trae Agua Ecuatorial Subsuperficial, y alternadamente transporta Agua Ecuatorial Central.

La presencia de Agua Ecuatorial Central en la mayor parte del área de estudio, indica que la influencia más determinante en el aporte de aguas al Pacífico Colombiano es debida a la Contracorriente Ecuatorial del norte.

En todas las topografías dinámicas computadas en el presente estudio, se puso de presente la ocurrencia de la Corriente de Colombia con velocidades que variaron entre 200 y 95 cm.s⁻¹, con un ancho hasta los 250 m. de profundidad, fluyendo hacia el norte a lo largo de la costa.

Los máximos valores de velocidad geostrofica (~200 cm.s⁻¹) fueron encontrados a nivel superficial y mayores a los reportados en investigaciones anteriores.

Los modelos sugieren un meandro en la Corriente de Colombia que aparta el flujo geostrofico hasta unos 100 km. de ésta, en latitud 5° N, permitiendo su regreso en latitud 7° N frente a bahía Cupica, con velocidades superiores a 100 cm.s⁻¹. Este hecho no está asociado a un delta o a un esfuerzo lateral conocido en el área, ni por la topografía del fondo.

La respuesta de la topografía dinámica durante los eventos de ENSO, tuvo relación directa con la alta temperatura superficial, que vista de manera estacionaria puso en evidencia remolinos (eddies), con alto potencial dinámico (<.80) a nivel superficial;

verificándose que, a nivel subsuperficial la circulación geostrofica fué razonablemente normal.

RECOMENDACIONES

Los resultados muestran que en el Pacífico colombiano se encuentran células ciclónicas asociadas a afloramientos que pueden ser importantes para la pesca, tal como el situado en latitud 6° N longitud 79° W, que tiene carácter estacional y deben ser mejor estudiadas.

BIBLIOGRAFIA

- BENNETT, E. An Oceanographic Atlas the Eastern Tropical Pacific Ocean Based on Data From Eastropic Expedition) Oct-Dec/55, IATTC, Bull 8 (2) - 33-165, (en inglés y español) 1963.
- COMISION PERMANENTE DEL PACIFICO SUR - CPPS. - Informe Final V Reunión. Bogotá, 1986.
- CANE, M. and SARACHICK, E. Ecuatorial Oceanography. Review of Geophysics and Space Physics, Vol. 21, No. 9: 1137-1148, June 1983.
- CROMWELL, T. and BENNETT, E. Surface Drift Charts for the Eastern Tropical Pacific Ocean. IATTC, Bull 3 (5): 217-237; (en inglés y español), 1959.
- CUCALON, E. Sinopsis de la Oceanografía de la Región frente a las costas de Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Memorias conferencia CHAPMAN, Guayaquil 9p. 1985.
- DIAZ, G. Circulacao Superficial e Domo Termal na Regiao Norte do Panama Bight. (Lat. 05°N-07° N). Tesis de Maestrado al Instituto Oceanográfico de la U. de Sao Paulo, 1978.
- DIRECCION GENERAL MARITIMA - CENTRO COLOMBIANO DE DATOS OCEANOGRAFICOS, Boletín Datos Oceanográficos Nros. 5, 7, 8, 9, 10.
- DONGUY, J. Contribution a la Connaissance des Variations Climatiques de L'Ocean Pacifique Tropical. Tesis de Doctorado de la Universidad de Bordeaux. 1985.
- ENFIELD, D. (1988) "El Niño, Past and Present" Rev. of Geographics 27, 2, 159 - 187.
- FORSBERGH, E. Sobre la Climatología, Oceanografía y Pesquerías del Panamá Bight, IATTC, 14 (2). 1969.
- MAMAYEV, O.I. Temperature Salinity Analysis of World Oceans Waters. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam Oxford, New York. 1975.
- MILLER, F. El Niño 1982 - 1983. Com. Per. del Pacifico Sur, Seminario sobre el Fenómeno de El Niño. Lima, 1983.
- PAVIGLIONE, A. y MIRANDA, L.B. de. Nota sobre la variación estacional de la circulación geostrofica
- STEVENSON, M. Circulation in the Panamá Bight. IATTC, Vol. 75, No. 3: pp. 659 - 672. 1970.
- SVERDRUP, H. U., JOHNSON, N. W. and FLEMING, R. H. The Oceans; Their Phisics, Chemistry and General Biology. Prentice Hall, New Jersey, 1942.
- WOOSTER, WARREN, S. Oceanographic Observations in the Panama Bight, Askoy Expedition, 1941. Amer. Mus Natur. Hist. Bull 118, (3): 117-151, 1969.
- WYRTKI, K. Surface Currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. IATTC, Bull 9 (5): 271-304 (en inglés y español), 1965.