

CONTENIDO CALÓRICO EN LA CUENCA DEL PACÍFICO COLOMBIANO DURANTE LA NIÑA DE 1996 Y EL NIÑO DE 1997

Alex Rene Pineda Devia. Oceanógrafo

Centro Control Contaminación del Pacífico. Tumaco, Nariño, Colombia

RESUMEN

La región del Pacífico Sudeste es objeto de interés científico debido a los procesos y eventos que en ella suceden. Dentro de este contexto se encuentra la Cuenca del Pacífico Colombiano, objeto del presente trabajo. El estudio evalúa el mecanismo del cambio térmico que rige las aguas de esta región. Para el análisis se determinó el comportamiento de la temperatura a nivel superficial y a los 100 metros, la estructura vertical de la temperatura sobre el perfil de Gorgona hasta los 100 metros y se obtuvo el contenido calórico durante los efectos de los eventos fríos y cálidos en el período de 1996 a 1997.

Se determinó que durante un evento frío el contenido calórico del agua disminuye como consecuencia del transporte de aguas frías, debido al traspaso de calor hacia regiones con condiciones térmicas más frías (Perú y Ecuador), mostrando un gradiente térmico débil, producto de una lenta variación de la temperatura con la profundidad.

En condiciones de un evento cálido las masas de agua provenientes del Pacífico Central por efecto de la Contracorriente Ecuatorial (CCE) transportan más energía, presentando un calentamiento en la capa superficial. La transferencia de calor hacia las capas inferiores, el aumento del gradiente de temperatura intensifican el contenido calórico.

INTRODUCCIÓN

Una de las fuentes de vida de la tierra es la radiación solar, la cual es absorbida por ella. Así, a la atmósfera llega solo una cuarta ($\frac{1}{4}$) parte de la radiación, el resto la absorbe la capa superficial de la tierra y el océano, gastándose en el calentamiento del medio y transformándose en una onda de radiación y en un flujo turbulento de calor.

Los océanos, como consecuencia de su inercia calórica, son acumuladores de calor con un diapásón no muy grande de cambio de temperatura del agua en función del tiempo.

El flujo de calor se distribuye de diferente manera entre la atmósfera y el océano y entre la atmósfera y la tierra. El océano reacciona rápidamente ante la acción dinámica de la atmósfera. Los movimientos de las masas de aire forman el transporte de las masas de agua, las cuales traen sus características térmicas propias a las regiones con condiciones climáticas diferentes, donde el contenido calórico de las masas de agua cambia las propiedades de las masas de aire.

El presente trabajo se basa en el estudio del mecanismo del cambio térmico en la cuenca del Pacífico Colombiano. Para esto se determinó el contenido calórico en los períodos de 1996 y 1997.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Para el análisis del contenido calórico se utilizaron los datos obtenidos en el área de la Cuenca del Pacífico Colombiano (CPC) ubicada en un eje, orientado de este (zona costera, $77^{\circ} 40' W$) a oeste (zona oceánica, $82^{\circ} 00' W$), con una longitud de 260 millas aproximadamente. Los extremos son aguas limítrofes con Panamá por el norte ($06^{\circ} 30' N$) y por el sur con Ecuador ($01^{\circ} 30' N$). (Fig 1).

En la región de estudio se obtuvieron datos oceanográficos por medio de un perfilador CTD SBE 19. Se utilizó la información correspondiente a los cruceros oceanográficos Pacífico XXV, XXVI, XXVII y XXVIII realizados en junio/96, octubre/96, mayo/97 y noviembre/97, respectivamente, ejecutados a bordo del B/OARC Malpelo. La temperatura superficial fue medida con un termómetro de cazoleta. Se graficó previamente la distribución superficial y la distribución horizontal a 100 metros de la temperatura del agua, así como también la vertical en el "Perfil de Buenaventura", por ser un perfil ubicado en la parte central del área de estudio.

Metodología

El comportamiento anual de la temperatura del agua, en la capa superficial homogénea, se ve detalladamente en el comportamiento anual del contenido calórico en la capa superficial, como una característica íntegra del estado calórico del océano.

El grosor de la capa superficial, nos determina, en una forma importante, la profundidad de la densidad, la cual no es igual en las diferentes regiones del océano.

Por contenido calórico se entiende:

$$Q = C_p * \rho \int_0^z T(Z) * dz;$$

la cual prácticamente se calcula como una suma:

$$Q = C_p * \rho \sum T_i * \Delta Z_i$$

Donde:

C_p - Capacidad térmica (calórica); siendo la cantidad de calor necesaria para calentar un kilogramo de masa de agua del océano.

$$C_p = (\text{mJ} / \text{J/Kg} * ^\circ\text{C}).$$

ρ - Densidad del agua; $\rho = (\text{Kg}/\text{m}^3)$.

T_i - Temperatura media del agua, en cada una de las n capas;

$$T_i = (^\circ\text{C})..$$

Δz_i - Profundidad de cada una de las capas del agua; $\Delta Z = (\text{m})$.

De tal forma cambiamos todos los coeficientes en la fórmula por las unidades, tenemos:

$$Q = (\text{J/Kg} * ^\circ\text{C}) * (\text{Kg}/\text{m}^3) * (^\circ\text{C}) * (\text{m}),$$

Tenemos que un Julio (J) = $\text{Kg} * \text{m}^2/\text{s}^2$;

Tenemos,

$$(Q) = \text{J} / \text{m}^2;$$

Obteniendo que el contenido calórico se da en Julios sobre metros cuadrados.

Los resultados expresados en J/m^2 tienen demasiados dígitos (10), por eso se dan en mega julios, es decir MJ/m^2 .

RESULTADOS

Temperatura del Agua

Teniendo en cuenta que el comportamiento de la temperatura del agua rige las características calóricas del océano se realizó un análisis de la capa superficial, sobre los 100 metros y de la estructura vertical sobre el perfil de Buenaventura.

El comportamiento de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico colombiano (PC) en junio/96, osciló entre 26.5° y 28°C. Los valores más bajos se registraron en el sector Suroeste con valores de 26.5° a 27°C. Sobre el sector costero se observaron temperaturas más cálidas de 27.5° a 28°C (fig 2a). Sobre los 100 metros de profundidad la temperatura presenta un diapasón estable, con rangos entre 15° y 16.5°C, los valores más bajos se presentan en el área Oeste y los mayores en el sector costero (fig 3a). El perfil vertical presenta una capa de mezcla hasta los 20 metros, la capa térmica o termoclina se localiza desde los 25 hasta los 70 metros de profundidad, con un gradiente térmico de 2°C/10m, concordando por lo expuesto por Pineda et al, 1996 (fig 4a).

Durante octubre/96, la temperatura mostró rangos entre 26.5° y 27.5°C. Los menores valores se presentaron en la región Sur (26.5°C) y los mayores en la región Norte (27.5°C) (fig 2b). Sobre los 100 metros la temperatura osciló alrededor de los 14.5°C, mostrando una estabilidad térmica constante (fig 3b). El campo vertical muestra una capa de mezcla superficial hasta los 20 metros, la termoclina se ubica entre los 25 y 60 metros de profundidad, con un gradiente térmico de 2.8°C/10m (fig 4b).

En mayo de 1997, se observaron temperaturas de 28°C a 29.5°C. Los valores en el sector oceánico varían de 28°C a 28.5°C. En el sector costero las isotermas aumentan con valores entre 28.5°C y 29.5°C (Fig 2c). Sobre los 100 metros se registran temperaturas de 16° a 21°C. Los menores registros se observan en el área Norte y Oeste (16° a 18°C). Los mayores valores se determinaron a nivel costero (19° a 21°C) (fig 3c). El perfil vertical indica que la capa de mezcla es inexistente, la termoclina se ubicó entre los 5 y 85 metros de profundidad con un gradiente térmico de 1°C/10m, con valores de 28° a 20°C, coincidiendo con lo expuesto por Camacho et al. 1997 (fig 4c).

En noviembre/97, las temperaturas del agua aumentaron y se estabilizaron entre 28.5° y 29°C, a lo largo del PC (fig 2d). Sobre los 100 metros sus temperaturas también aumentaron alrededor de 21° a 24.5°C. Los mayores valores se observaron en la región Sur (23° a 24.5°C) y los menores en el sector Norte (21° a 22°C) (fig 3d). El perfil vertical muestra la capa de mezcla hasta los 55 metros en la parte oceánica y 20 metros sobre el sector costero. El nivel de la termoclina se localizó desde los 55 hasta los 100 metros de profundidad, con un gradiente térmico de 1.1°C/10m, con temperaturas de 28° a 23°C (fig 4d).

Contenido Calórico

Para el análisis se utilizó la información térmica hasta una profundidad de 100 metros, obteniéndose sobre este grosor de la capa térmica el contenido calórico en la Cuenca del Pacífico colombiano.

Las características del cambio térmico durante junio/96, se observan sobre dos zonas bien demarcadas como lo son: La zona comprendida entre Buenaventura (4°N) hasta la frontera con aguas del Ecuador, con condiciones calóricas menores (10000 a 10500 MJ/m²), debido al aporte de aguas frías en la columna de agua, y la zona comprendida desde los 4°N hasta aguas limítrofes con Panamá, con características calóricas mayores (10700 a 10900 MJ/m²), como consecuencia del aporte de aguas cálidas (fig 5a).

Para el período de octubre/96, el contenido calórico presentó valores con un rango entre 10200 a 10400 MJ/m², en la zona comprendida de 4°N a 6°30'N y de 9600 a 10000 MJ/m² en el área Sur (3°30'N a 1°30'N) (fig 5b). En comparación a lo registrado durante junio/96, se observó una disminución del contenido calórico, como consecuencia de la disminución de la temperatura del agua, época en la cual el área de estudio se encontraba ante el desvanecimiento de un evento frío de poca intensidad (Camacho, 1998), además, el mes se caracteriza por su proximidad al pico negativo de la TSM más intenso del año, entre septiembre y octubre (Malikov et al., 1999).

Durante mayo/97, el contenido calórico aumenta en comparación a lo presentado en los dos períodos anteriores (junio y octubre de 1996), con valores

de 11000 a 12000 MJ/m². Los valores más altos se observan a nivel costero y en el sector Norte del área de estudio, como consecuencia de la capacidad de retención de calor de las masas de agua de zonas someras las cuales están sometidas a procesos dinámicos atmosféricos más fuertes (Camacho, 1998), además de que las aguas superficiales son acumuladoras de calor con un diapason no muy grande de cambio de temperatura (fig 5c).

En noviembre/97, los efectos del evento cálido mostraron los registros más altos de contenido calórico (12100 a 13100 MJ/m²) en la cuenca del Pacífico colombiano, como consecuencia de la dinámica de la atmósfera, calentando las aguas más someras por disminución de la intensidad del viento sobre el Pacífico colombiano (Malikov, 1998). El calentamiento de la capa superficial transfiere el calor a las capas inferiores mostrando un gradiente de temperatura más intenso (fig 5d).

Discusión

En junio y octubre/96, se determinaron dos estructuras térmicas sobre el PC, mostrando una diferencia en sus puntos más distantes (Frontera con Ecuador y frontera con Panamá), en aproximadamente 1.0° a 1.5°C. El contenido calórico para estas dos épocas fue muy similar mostrando un intercambio más débil hacia el sector sur, debido al desplazamiento de la Corriente del Perú, la cual transportó agua más fría desde el Perú y Ecuador, fecha en la cual ocurría sobre la zona indicios de un evento frío (Boletines de Alerta Climático BAC, N° 69 al 73; Boletines de Diagnóstico Climático de la NOAA junio a noviembre de 1996). El perfil vertical indica que al haber un gradiente de 2° C/10m, el intercambio de calor entre la superficie y el fondo (100 metros), es débil, debido a que sucede una variación más lenta de la temperatura con la profundidad. De acuerdo a Villegas 1997, las zonas de surgencia se presentaron en los sectores Sur y Central del Pacífico Colombiano (PC), formadas en gran parte por el componente eólico en las capas superficiales (influencia de los vientos), transportando aguas frías hacia el PC. Según Malikov, 1998, la intensidad del viento desde junio hasta octubre es intensa, predominando los vientos del Sur-Oeste, ocasionando un enfriamiento de las aguas superficiales.

En mayo/97, las temperaturas comenzaron a aumentar por influencia del inicio del evento cálido El Niño (BAC N° 79 a 81; Boletín de Diagnóstico Climático de la NOAA junio de 1997), mostrando consecuentemente un aumento del contenido calórico por efecto del desplazamiento de masas de agua cálidas transportadas por la Contracorriente Ecuatorial desde el Pacífico Central. El gradiente de temperatura fue de 1° C/10m, originando una mezcla de las aguas superficiales con las profundas, siendo el intercambio de calor más intenso. La surgencia de agua se vio obstruida debido al aumento de la temperatura del agua, y el movimiento vertical de las aguas se formó en gran parte por el componente gradiental y baroclínico (influenciados por la densidad del agua) (Villegas, 1997).

En noviembre/97, se intensificaron las temperaturas como consecuencia del desarrollo del evento cálido, observándose los valores más altos de contenido calórico en el PC, por efecto del balance térmico, las corrientes (contracorriente Ecuatorial) y el intercambio entre la atmósfera y el océano (flujos de calor), en la profundidad el gradiente fue de 1.1° C/10m, conservando una homogeneidad cálida de las características térmicas, producto del intercambio de calor entre la superficie y el fondo, las zonas de surgencia no se observaron por la entrada de la Contracorriente Ecuatorial, la cual se intensificó transportando aguas cálidas hacia la región a partir de los 25 metros de profundidad (Camacho et al, 1997). Las observaciones entreanuales de la temperatura del agua (vistas por Malikov, 1998) muestran para noviembre un pico alto de temperatura, producido por los cambios de los vientos, presentando una disminución en la intensidad de estos, ocasionando el calentamiento de las aguas superficiales por medio de la energía solar.

Conclusiones

Durante las épocas de La Niña (1996) se observó que los índices oceánicos en el Pacífico Ecuatorial registraban características propias de un período frío de intensidad entre débil a moderada. En el área de estudio el comportamiento de la TSM osciló entre 26.5° C y 28° C. , los valores más bajos se observaron sobre las regiones Sur y Centro del Pacífico colombiano.

El contenido calórico durante la época de la Niña (1996), se vio disminuido por la preponderancia de los vientos alisios del sureste intensificando la Corriente Costera del Perú, registrando la penetración de aguas frías desde el sur, ocasionando que aguas profundas ascendieran y produjeran surgencias de agua.

En el período de 1997 (El Niño), los índices oceánicos sobre el Pacífico Ecuatorial mostraban condiciones propias de un período cálido de intensidad fuerte. En el Pacífico colombiano los valores de la TSM aumentaron con rangos entre 28 °C a 30 °C.

El contenido calórico en época de influencia cálida (El Niño), aumentó sus valores debido a la influencia de los flujos de calor en el intercambio de energía entre el océano y la atmósfera, del balance térmico y el transporte de masas de agua cálidas desplazadas por la Contracorriente Ecuatorial. En condiciones de un evento cálido las masas de agua transportan más energía, al progresar el calentamiento de la capa superficial y transferirse el calor a las capas inferiores el gradiente de temperatura aumenta, por esto el contenido calórico fue más intenso como consecuencia del transporte de agua desde el Pacífico Central hacia la cuenca colombiana por efecto de la Contracorriente Ecuatorial.

Bibliografía

BOLETINES DE ALERTA CLIMÁTICO No. 69 al 73, julio a octubre de 1996. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Secretaría General. Lima, Perú.

BOLETIN DE DIAGNOSTICO CLIMATICO, No 70, julio 1996. Departamento de Comercio de los Estados Unidos . Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. Washington, D. C.

BUVNOV, V. A. 1990. Circulación del Agua en la Zona Ecuatorial de los Océanos. Hidrometeoizdat. Leningrado.

EGOROV, N. I. 1974. Oceanografía Física. Hidrometeoizdat. Leningrado.

CAMACHO, G. 1998. Seguimiento a la evolución de los eventos La Niña - El Niño - La Niña durante el Periodo de Oct/96 - Oct/98 mediante la variación Térmica de las Masas de Agua en la Cuenca del Pacífico Colombiano. Boletín Científico No 7. Centro Control Contaminación del Pacífico. Tumaco.

CAMACHO, G., PINEDA, A., VILLEGAS, N., MEDINA, L. 1998. Estudio del comportamiento hidrológico y fitoplanctónico en la Cuenca del Pacífico Colombiano durante los cruceros oceanográficos de 1997. Informe Final Interno.

MALIKOV, I. 1988. Determinación de los cambios entreanuales de los campos de Presión Atmosférica del Pacífico Colombiano. Informe Final Interno.

MALIKOV I., CAMACHO, G. 1998. Método de Aproximación para determinar cambios entreanuales aplicado a Parámetros de Temperatura y Salinidad del Pacífico Colombiano. Boletín Científico N° 7. Centro Control Contaminación del Pacífico. Tumaco.

PINEDA, A., VILLEGAS, N., MEDINA, L. 1997. Condiciones Hidrológicas y Biológicas en el Pacífico Colombiano y en la Ensenada de Tumaco durante el periodo de 1996. Informe Final Interno.

VILLEGAS, N. 1997. Movimiento Vertical de las Aguas en el Pacífico Colombiano durante junio y octubre de 1996. Boletín Científico N° 6 Centro Control Contaminación del Pacífico. Tumaco.

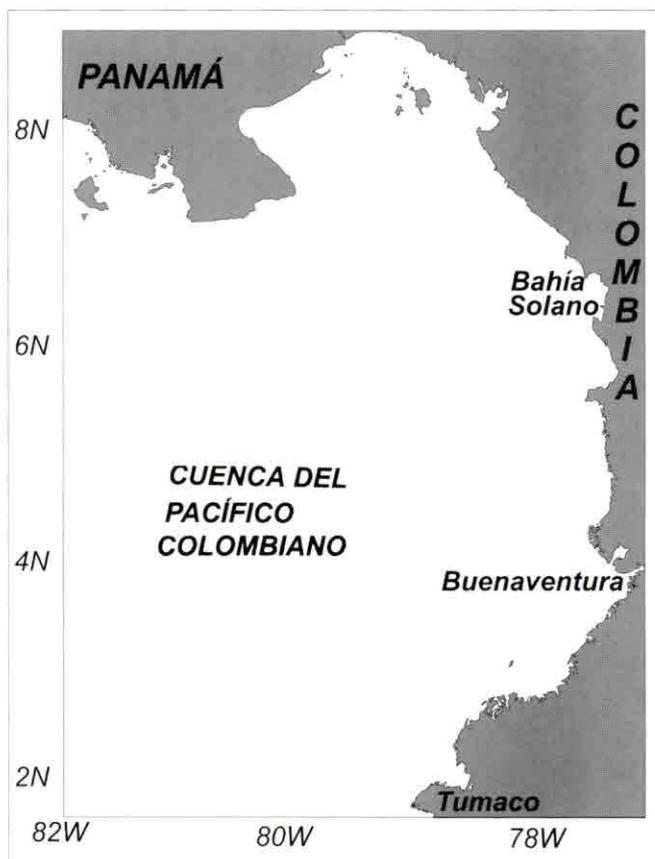
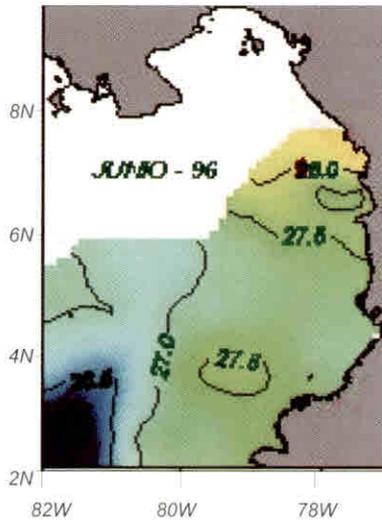
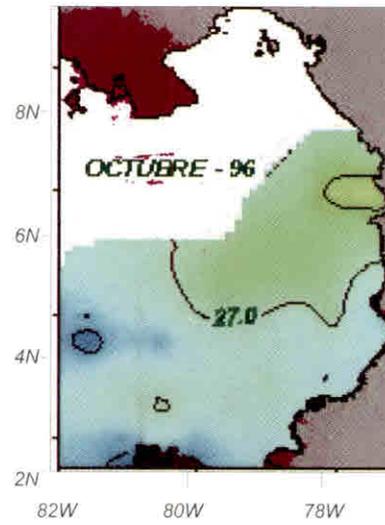


Figura 1

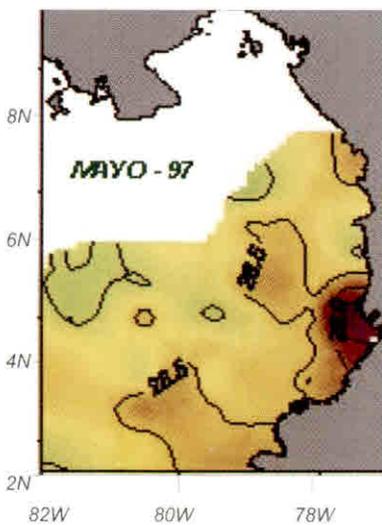
Área de estudio



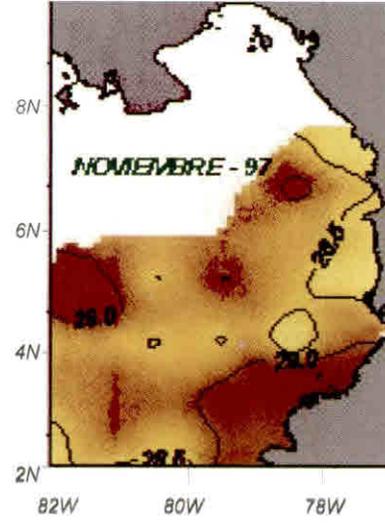
2 a



2 b



2 c



2 d

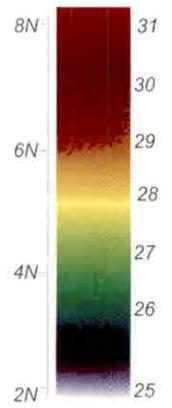


Figura 2

Comportamiento de la Temperatura Superficial del Mar

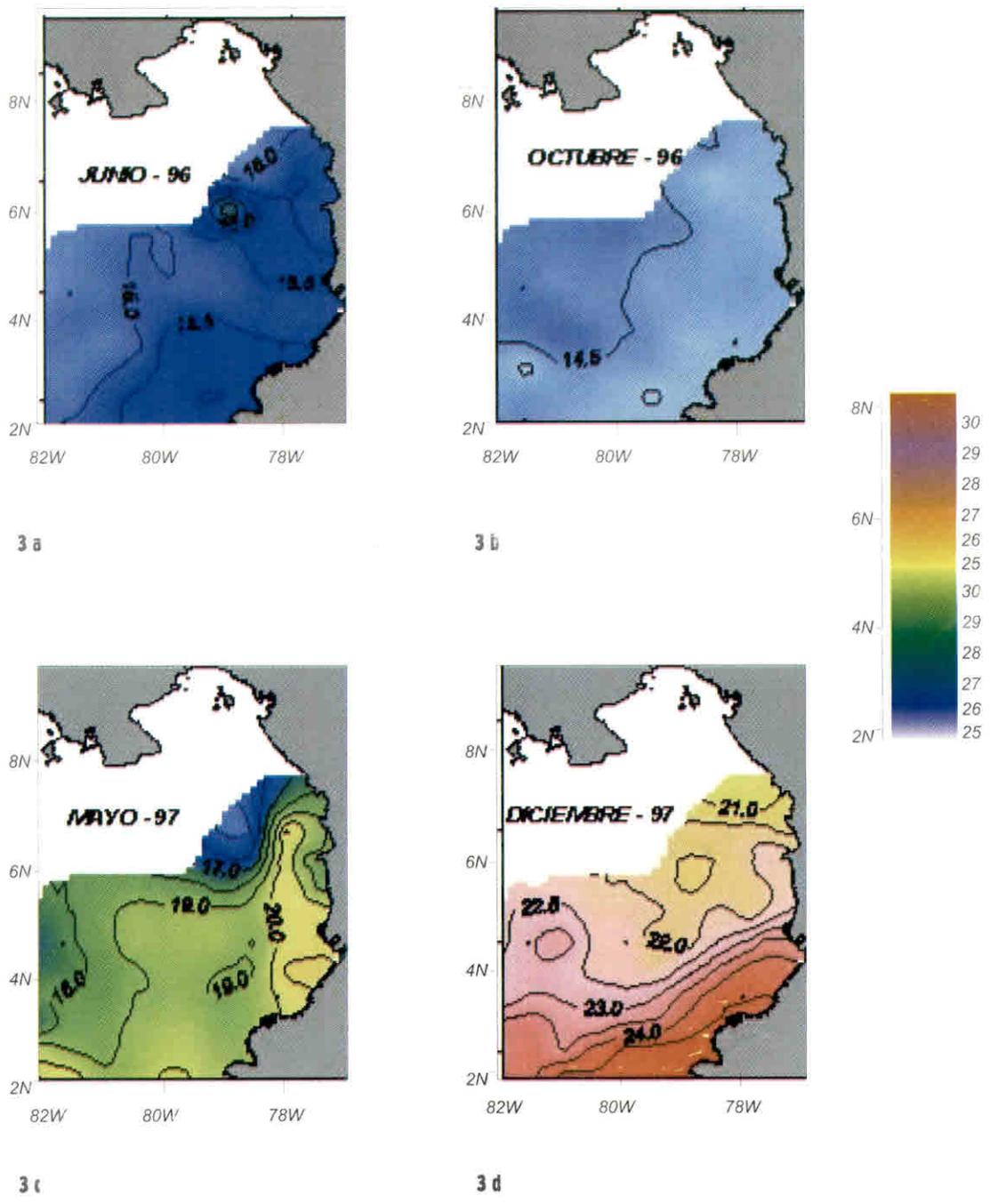
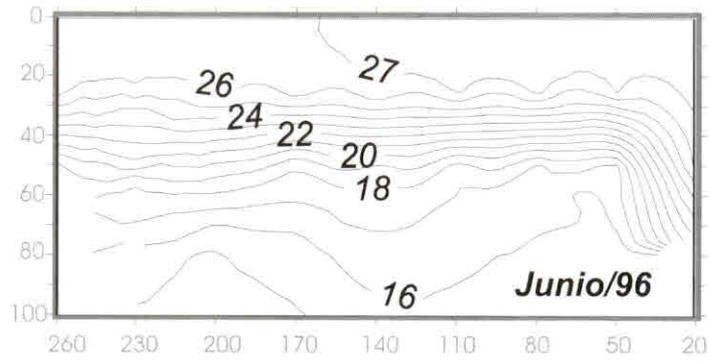


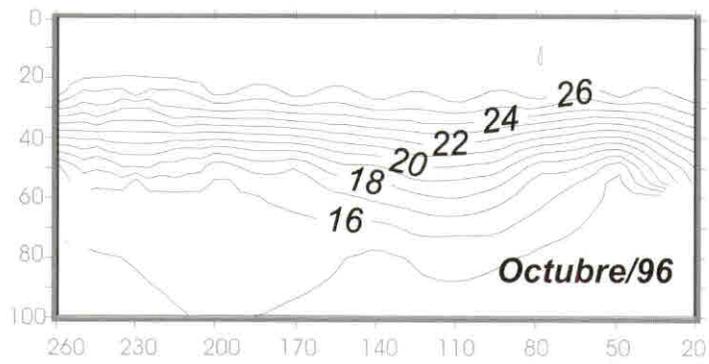
Figura 3

Comportamiento de la Temperatura del agua a 100 metros

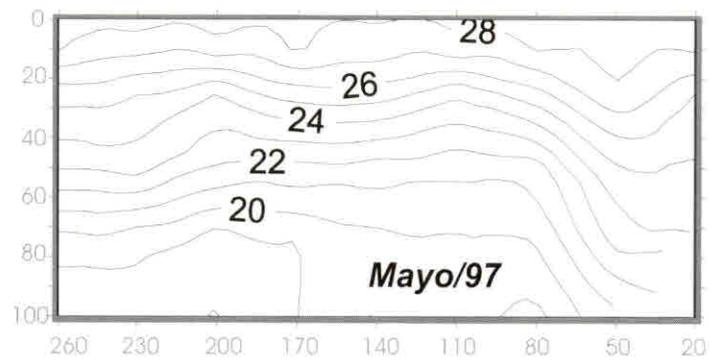
4 a



4 b



4 c



4 d

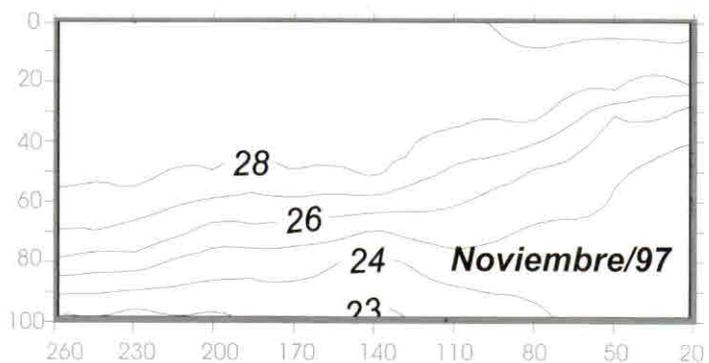
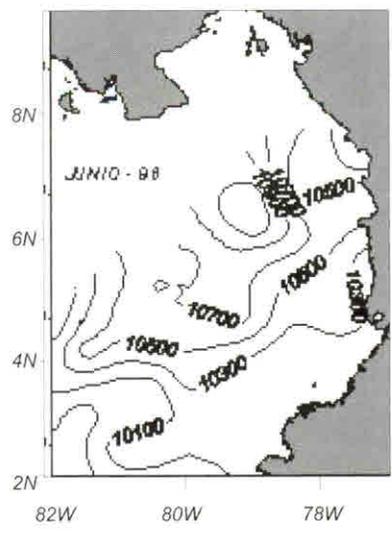
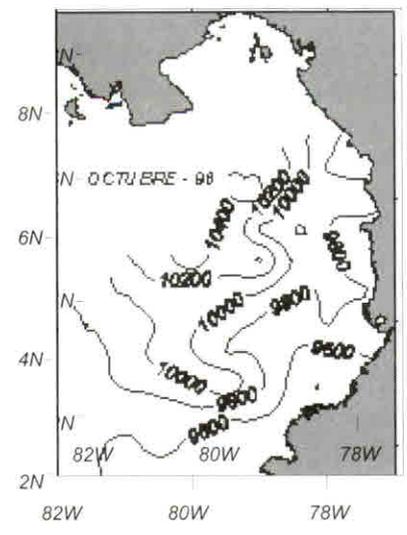


Figura 4

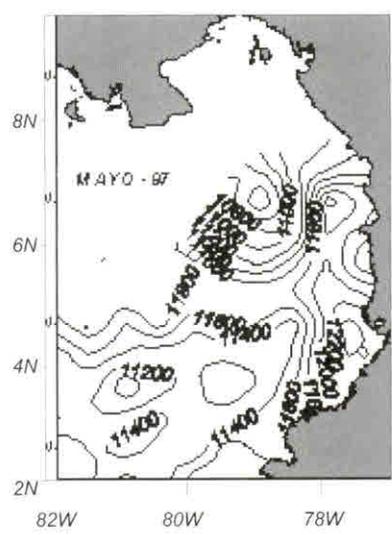
Perfil Vertical de la Temperatura del agua



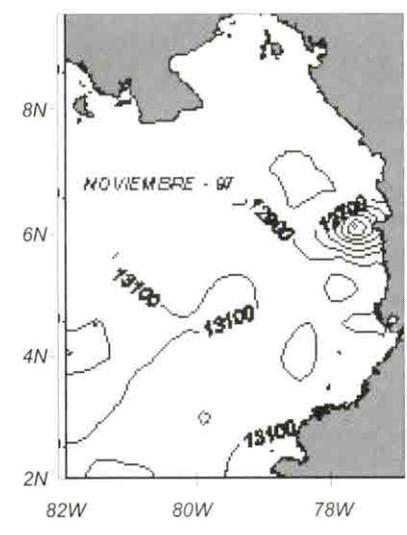
5a



5b



5c



5d

Figura 5

Contenido calórico en el Pacífico Colombiano