

CARACTERIZACION DE MASAS DE AGUA Y ZONAS DE SURGENCIAS
EN LA COSTA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA
MAYO (1990).

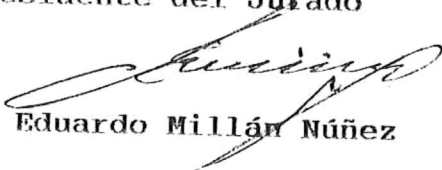
TESIS

QUE PRESENTA


LEONARDO ALVAREZ SANTAMARIA

Aprobada por:


Presidente del Jurado


M.C. Eduardo Millán Núñez

Sinodal Propietario


M.C. Guillermo Torres Moya

Sinodal Propietario


M.C. Rubén Castro Valdez

INDICE

I. INTRODUCCION.....	1
I.2 ANTECEDENTES.....	9
I.3 OBJETIVOS.....	13
II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	13
II.1 MATERIALES Y METODOLOGIA.....	13
III. RESULTADOS.....	16
III.1 DISTRIBUCION VERTICAL DE TEMPERATURA Y SALINIDAD.....	16
III.2 DISTRIBUCION ESPACIAL DE TEMPERATURA.....	30
III.3 DISTRIBUCION VERTICAL DE SIGMA-t.....	35
III.4 DISTRIBUCION VERTICAL DE FOSFATOS, OXIGENO DISUELTO Y CLOROFILA <u>a</u>	39
III.5 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE TEMPERATURA POR SENSOR REMOTO.....	53
IV. DISCUSIONES.....	53
V. CONCLUSIONES.....	62
VI. BIBLIOGRAFIA.....	64

RESUMEN

CARACTERIZACION DE MASAS DE AGUA Y ZONAS DE SURGENCIAS EN LA COSTA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA MAYO (1990)

Se realizó un crucero oceanográfico del 3 al 6 de mayo de 1990 en la costa noroccidental de Baja California, para caracterizar las diferentes masas de agua y zonas de surgencia que se presentaron en primavera. Se tomaron muestras hidrológicas sobre una red de 30 estaciones con 10 niveles de profundidad (1, 10, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500 m.). Se detectaron tres masas de agua: Tropical Superficial del Pacífico Este, Californiana del Sur, Contracorriente Subsuperficial y los tipos de agua Californiana Intermedia del Sur y del Norte. La distribución espacial de temperatura presentó anomalías cercanas a la costa en el área de Punta Colonet observándose aquí características físicas, químicas y biológicas propias de un evento de surgencia. Sin embargo, al norte de Punta Descanso se presentaron propiedades que describen al Frente Sub-tropical del Pacífico Este o Frente de Ensenada.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Eduardo Millán Núñez por la paciencia e interés mostrado durante la larga realización de este trabajo y por la invitación a participar en los cruceros oceanográficos.

A los M.C. Guillermo Torres Moye y M.C. Rubén Castro Valdéz por las observaciones y sugerencias hechas al presente trabajo.

A la Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada, de la Secretaría de Marina por la invitación a participar en los cruceros oceanográficos del programa "HIACOST-0590", así como el apoyo material prestado para la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

A Leonardo Alvarez Corral y Manuela Santamaría Munguía, quienes me han brindado vida, amor, conciencia, libertad y todo lo inmencionable que me ha hecho llegar aquí, más lo que falta por hacer.....

A Manuel Alvarez Santamaría y Octavio Alvarez Valdez por las grandes experiencias de la vida y las innumerables pequeñas, por su apoyo y entusiasmo en la aventura, la ventura y desventura.....

A Giovanna Berti Sampieri por estar presente siempre y compartir durante tanto tiempo una inmesurable felicidad.....

A Lidice Figueroa Lewis pues como ella dice: "es de las pocas personas que iluminan mis días tan solo con verle"

A todos mis Familiares Tios, Primos y demas consanguineos aunque hay algunos que niquiera conosco.....

A mis AMIGOS:

Alejandro T. Lopez, Guadalupe Rodriguez, Ramón Meza, Gloria Gonzalez, Vanessa Rendón, Julio M. Velazquez, Juan Sarabia, Mochis Zazueta, Miguel A. Ahumada, Hugo Brodziak, Jaime Levoreiro (in memoriam), Christopher Lloret, Estusha Greenberg, Javier Zavala, Jose de Jesus Salas, Juan Botella, Ma. Esperanza Ortiz, Jorge Pacheco, Diana Vazquez, Marcelino Flores, J. Francisco Castellanos, O. David Velazquez, Rene Davila, Leonardo Arias, Enrique Isla, Xavier Carrillo, Mauro Vega, Guillermo Manriquez, Izabela Brodziak, Tony Brodziak, Berenice Rodriguez, J. Constantino Salgado, Francisco Muñoz, Aramis Olivos, Gricelda Tablero, Antonio Huerta, Hugo E. Brito, Raul Gonzalez, Javier A. Monterrosas, Edgar Dessavre, Eduardo Devesa, Sergio Barocio, Ruben Vargas, Juan C.

Sanchez, Hector Sanchez, Carlos Salcedo, Takeo y Toshiro Sawabe, Luis, Roberto y Norman Tucker, Angel Cervanten, Javier y David Martinez, Eugenio Guerra, David Valenzuela, Carlos Valenzuela, Carlos Pauyada, Carlos Kennedy, Roy Villavicencio, Lizzeth Espinoza, Aixa Lopez, Edgar Cabanillas, J. Carlos Vinay, Angelica Flores, Cesar Mozzo, Ronald Speltz, Angelica Canales, Emilio Alvarez, Haydee Siordia, Jazmin Barajas, Victor Zavala, Antonio Gama, Francisco Aranda, Sussy Sanchez, Patricia Graef, Sofia Gomez, Enrique Movellan, Gabriela Blanco, Xochil Quiroz, Rodrigo Vega, Cirina Rodriguez, Victor Romero y Esposa, Nicolas Bañaga, Alberto Chaires, Cristie y Susana Hussong, Juan Hussong, Fernando Ruiz, Eduardo y Octavio De Neira, Thelina Cardenas, Renato Mascorro, Martha Enriquez, Ivette Granados, Pablo Pintos, Ekaterina Arvizu, M. Angel Ojeda, Tirzo Solana, Kico Lenccioni, Ivonne Giffard, Julio Cesar Garcia, Laura Dorantes, Miguel Ramon, Raul Moreno, Jose Luis Pech, y si alguien está faltando ; pues que se apunte...

INTRODUCCION

Usualmente se les denomina corrientes a los movimientos horizontales del agua en el océano, algunas corrientes son transitorias afectando solo pequeñas áreas como las playas, otras corrientes son esencialmente permanentes e involucran grandes regiones de los océanos mundiales. Las corrientes son la respuesta de la interacción océano-atmósfera al flujo de energía del trópico y subtropico hacia las regiones subpolares y polares (Gross, 1971).

Una parte importante de la circulación se encuentra en los giros subtropicales, que se extienden desde las regiones ecuatoriales de gran calma a latitudes medias (30°N) donde prevalecen los vientos del oeste. Estos giros de circulación anticiclónica, presentan corrientes zonales al norte y sur; así como fuertes y estrechas corrientes hacia los polos en su lado oeste y corrientes compensatorias lentas y anchas en su lado este. Estas últimas son mayormente conocidas como Corrientes de Frontera Este (Wooster et al., 1963). Dichos sistemas presentan características peculiares tales como baja temperatura, pues viajan de oeste a este aproximadamente a 45°N donde convergen las aguas subtropicales con las subpolares, su circulación está estrechamente relacionada con la circulación atmosférica, esto último lo explica Munk (1950) en su Teoría de la Circulación Inducida

por el Viento.

Son cuatro los sistemas de frontera este de mayor importancia: Corriente del Perú, Corriente de Benguela, Corriente de Las Canarias y Corriente de California (Sverdrup et al., 1942) (Fig.1). Las cuales deben su importancia a los fenómenos de surgencias que producen abundantes pesquerías en estas regiones (Cushing, 1975; Wickman, 1975). Las surgencias están vinculadas con las masas de agua, que aparte de tener un rol relevante en la circulación de los sistemas de frontera este, llevan consigo las propiedades fisicoquímicas que mediante diversos procesos dinámicos fertilizan las aguas costeras superficiales provocando una alta productividad primaria (Chávez-García, 1974).

El sistema de la Corriente de California ha sido extensamente estudiado debido a la importancia de sus procesos oceanográficos. Las primeras observaciones se realizaron a principios del siglo pasado y desde la década de 1940 el programa CalCoFi ha realizado investigaciones, así como numerosas publicaciones referentes a la Corriente de California (Sverdrup et al., 1942; Kin'dyushev, 1970; Barton et al., 1980; Torres-Moye et al., 1986; Magaña-Cervantes, 1992).

El sistema de la Corriente de California se localiza al este del giro del Pacífico norte, su circulación es primordialmente inducida por el régimen de vientos sobre

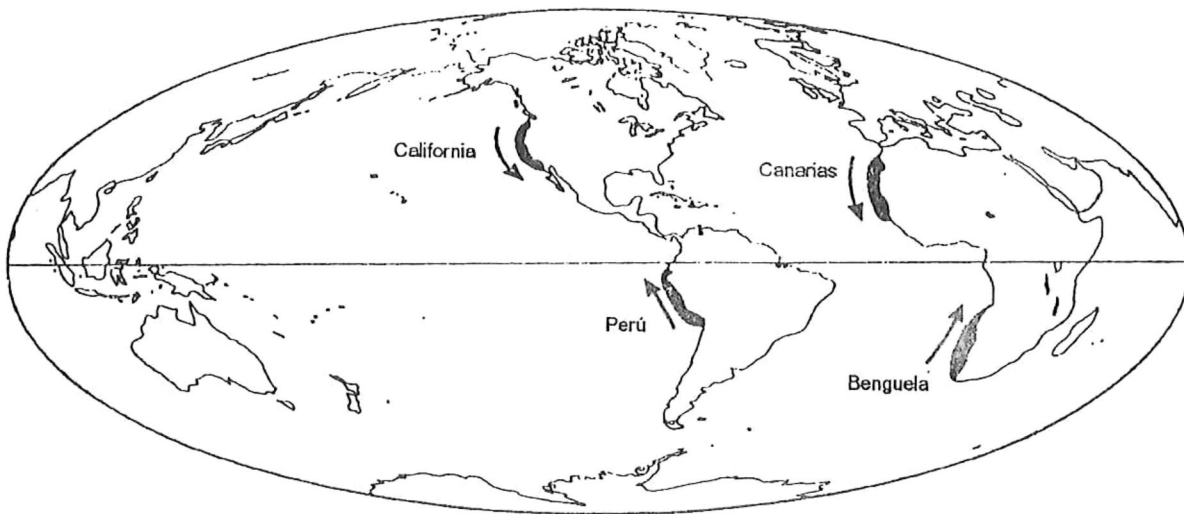


Figura 1. Principales regiones de surgencias en el mundo, tomado de Thompson (1978). Las flechas indican la dirección del viento.

el Pacífico norte y su variabilidad estacional es regulada por la interacción entre el Centro de Alta Presión Subtropical del Pacífico Norte y la Depresión Termal Atmosférica situada sobre California y Nevada, en los Estados Unidos de Norteamérica (Skogsberg, 1936). Se denomina Corriente de California, al flujo de agua con dirección sur entre los 48° y 22° N , alcanza una profundidad entre los 40 y 600 m, su frontera oeste se localiza a los 32° N a unos 700 o 1000 km del continente. Es un flujo permanente que se intensifica conjuntamente con los vientos del noroeste desde principios de primavera hasta finales de verano, ocurriendo en este período los eventos de surgencias más intensos (Sverdrup et al., 1942; Wooster et al., 1963). Por otra parte, la corriente de California transporta a la masa de agua del Subártico la cual modifica sus características termohalinas debido a procesos como el calentamiento superficial, mezcla por eventos de surgencias, aporte de ríos y por mezcla con aguas de origen ecuatorial; debido a esto la corriente de California en la región central del sistema puede identificarse por la masa de agua Californiana del sur, con propiedades de 12°C y 33.5 o/oo aproximadamente (Kind'yushev, 1970).

A la Contracorriente Subsuperficial de California, se le caracteriza por tener un flujo norecuatorial por debajo de la pycnoclina y sobre el talud y plataforma continental,

este flujo no es continuo a lo largo de la costa del sistema. Se intensifica durante el verano con un ancho promedio de 40 a 50 km y entre los 150 y 600 m de profundidad, este flujo se ha encontrado hasta 100 km fuera de la costa en la región central del sistema (Schwartzlose, 1963; Wickman, 1975; Torres-Moye, 1982). La contracorriente subsuperficial se caracteriza por transportar aguas subsuperficiales de origen tropical, las cuales se detectan en la región central con temperaturas de 8 a 11°C y un máximo de salinidad de 34.3 o/oo (Wooster et al., 1970).

Corriente de Davidson, es el nombre que recibe lo que probablemente es la manifestación superficial de la Contracorriente Subsuperficial de California para la época invernal de noviembre a febrero cuando ocurren los vientos del sur. Su anchura promedio está en los 80 km y se ha detectado desde la costa noroccidental de Baja California, México, hasta la costa de Oregon, Estados Unidos (Kolitz, 1971; Tsuchiye, 1975; Palacios-Hernández y Millán-Núñez, 1991). La masa de agua que identifica a esta corriente es básicamente la transportada por la contracorriente subsuperficial, que como ya se mencionó aflora al norte de Punta Concepción (Kolitz, 1971).

Se le denomina Contracorriente del Sur de California, al flujo que constituye la zona costera y superficial del gran remolino semi-permanente que gira ciclónicamente al

sur de Punta Concepción y en la parte interna de la cordillera submarina Santa Rosa Cortés, se presenta durante todo el año y su óptimo desarrollo es en invierno. Estudios realizados en el área han demostrado que este remolino logra extenderse hasta la porción noroccidental de Baja California y sus dimensiones pueden alcanzar los 90 km de diámetro y 125 m de profundidad, por lo cual puede incluir dentro de sí otros remolinos más pequeños (Schwartzlose, 1963; Reid et al., 1963; Sverdrup et al., 1941). Las aguas que identifican a este flujo son de origen tropical superficial y modifican sus características debido principalmente a calentamiento y mezcla por surgencias (Kind'yushev, 1970; Sverdrup et al., 1941).

La región central del sistema de la Corriente de California presenta a grandes rasgos, dos estaciones o temporadas que están asociadas a los cambios climatológicos estacionales. La temporada de surgencias, que se caracteriza por la intensificación de los vientos del noroeste y un régimen de circulación oceánica hacia el ecuador, con eventos de surgencias costeras durante los meses de marzo a septiembre y la temporada oceánica cuyas características son la presencia de vientos del sur con circulación costera hacia el polo y debilitamiento de las surgencias, sin que éstas lleguen a ser nulas y con una duración de octubre a febrero (Skogsberg, 1936; Sverdrup et al., 1941).

Las surgencias son fenómenos costeros resultantes de la interacción dinámica océano-atmósfera, característico en las costas de sistemas de frontera este. En el sistema de la Corriente de California las surgencias son inducidas principalmente por los vientos del noroeste, que se presentan en la costa de Baja California con mayor intensidad de marzo a agosto (Roden, 1972; Bakun, 1973); el otro agente que interviene en el desarrollo de las surgencias es el efecto de Coriolis, debido a la rotación terrestre. El análisis teórico que explica la conjugación de ambos efectos fue descrito por Ekman (1905) y se le conoce mejor como Deriva ó Transporte de Ekman.

Si la Corriente de California la idealizamos como un sistema de dos capas, es decir, una capa superficial de menor densidad que la capa profunda, y si dejamos que los vientos del noroeste soplen sobre las aguas de la capa superficial paralelos a la costa, inicialmente provocaremos que el agua de dicha capa se mueva en su misma dirección y si aunamos el efecto de Coriolis, provocaremos que el flujo inducido por el viento se desvie a la derecha de la dirección de propagación de éste en el hemisferio norte. Tendremos que después de un tiempo, el movimiento neto de las aguas de la capa superficial será a la derecha de la dirección predominante del viento, remplazando a la capa superficial, la capa profunda que aflora cerca de la costa (Fig 2).

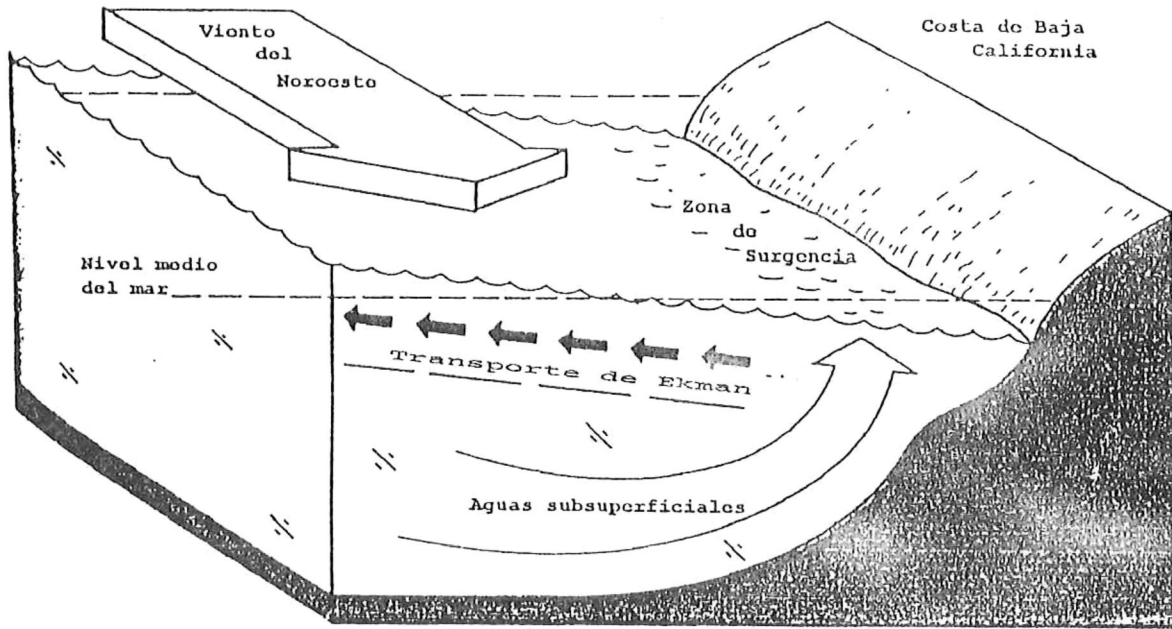


Figura 2. Representación esquemática de un evento de surgencia, ilustrando el transporte de Ekman en la capa superficial que está siendo remplazada por aguas que afloran de la capa profunda. El viento sopla de noroeste a sureste (Tomado de Neshiva, 1987).

Otras estructuras oceánicas importantes que pueden observarse mediante los cambios en las variables tales como la temperatura, salinidad o densidad son los frentes. Un frente se caracteriza por estar confinado a las capas superficiales y por presentar gradientes fuertes en distancias relativamente pequeñas. De esta forma existen gradientes provocados por la desembocadura de ríos hacia el mar, otros son generados por el flujo y refluo de la marea en cuerpos como lagunas costeras o esteros. Oceánicamente los frentes pueden ser detectados fácilmente con la utilización de imágenes de temperatura obtenidas con sensores remotos (Mann et al., 1991).

ANTECEDENTES

Sverdrup (1937) analizó los datos de tres cruceros realizados el mismo año en la localidad de Puerto San Luis, California y demostró que debido al transporte de Ekman las aguas superficiales se apilan a unos 100 km de la costa, formando una frontera entre las aguas afloradas y las transportadas horizontalmente y de lo cual observó que al retirarse la frontera de la costa se hace más inestable y desarrolla pequeños remolinos atrapados hacia la costa.

En la sección costera, parte interna de la frontera las isopícnas mostraron un ascenso en dirección a la costa por arriba de los 200 m.

Chávez-García en 1975 estudió la hidrografía estacional entre invierno y verano del área de Punta Banda, Baja California, encontrando en invierno una columna de agua estratificada superficialmente, mientras que en verano las isolíneas de las variables muestreadas ascendieron hacia la costa por arriba de los 100 m y por debajo de esta profundidad las isolíneas tendieron a hundirse, lo que indicó la presencia de un contraflujo hacia el polo.

García-Córdova (1982) utilizando un conjunto de datos obtenidos en el crucero SUBAC-2 en julio de 1980, discutió la variación temporal y espacial de la hidrografía frente a Cabo Colonet, Baja California y encontró que la surgencia tuvo una influencia hasta 70 m de profundidad y una extensión hasta de 30 km de la costa.

Torres-Moye et al. (1986) detectaron la Contracorriente Subsuperficial en el área de Cabo Colonet, Baja California en julio de 1980, utilizando para tal fin los fosfatos preformados. Asimismo con la utilización aparente de oxígeno describieron la dirección noroeste del flujo de la Contracorriente.

Magaña-Cervantes (1992) analizó la variabilidad espacial de variables indicadoras de surgencias en la costa Noroccidental de Baja California con datos obtenidos en 1989 en el crucero HIACOST-1189. Encontró que las bajas concentraciones de nutrientes (fosfatos y silicatos) en la superficie indicaron la presencia de la Contracorriente del Sur de California y que los valores altos de oxígeno disuelto en la capa superficial se debieron probablemente al intercambio atmósfera-océano.

Las masas de agua definidas por Defant (1961) como " Volúmenes de agua más ó menos homogéneos, caracterizados por la relación de sus propiedades fisico-químicas conservativas, tales como la temperatura y salinidad "; sirven para saber el origen de las aguas oceánicas.

Kin'dyushev (1970) utilizó una serie de 600 curvas T-S a lo largo de la región de California y Baja California determinando la presencia de cuatro masas de agua: Masa de agua Californiana, Masa de agua del Pacífico Ecuatorial Transformada, Masa de agua Intermedia Subantártica y una Masa de agua Profunda. Este autor sugiere que el sistema de la Corriente de California se puede dividir en tres zonas: la zona norte de los 48° a 34°N, donde las variaciones estacionales están reguladas por el afloramiento costero de aguas profundas, la zona sur de los 28° a los 23°N donde las variaciones estacionales se deben a la influencia de

las aguas ecuatoriales de la Contracorriente Subsuperficial y por último la zona central entre los 34° y los 28°N; donde la variación estacional está influenciada por las surgencias costeras y la Contracorriente Subsuperficial, tendiendo a compensarse ambos efectos y provocando así una gran variabilidad hidrográfica en esta zona.

Fleming et al., (1936) examinaron información de dos cruceros realizados al sur de California y otros de la región del Pacífico Norte, distinguiendo un tipo especial de agua a profundidades entre 150 y 200 m fuera de las costas de California. Los Autores la denominaron Masa de agua Californiana Intermedia.

Sverdrup et al., (1941) estudiaron la región del sur de California, proponiendo que ésta área y hasta la parte media de Baja California, que es mejor definir aquí las masas de agua por sus características T-S, que hacerlo en base a valores específicos de temperatura y salinidad. Estos autores mencionaron la existencia de la masa de agua descrita por Fleming et al., (1936) subdividiéndola en dos tipos de agua aún más específicos: Tipo de agua Californiana Intermedia del Sur y Tipo de agua Californiana Intermedia del Norte, ambas con características T-S bien diferenciadas.

Debido a la importancia tanto científica como productiva que representan los fenómenos antes mencionados, el presente

estudio pretende ampliar la información existente acerca de la hidrografía y procesos oceanográficos de las costas de Baja California, México.

OBJETIVO

a) Identificación de las masas de agua presentes en el área de estudio de la superficie a los 500 db de profundidad.

b) Determinación de zonas de ocurrencia de surgencias mediante variables físico-químicas (temperatura, salinidad, fosfatos, oxígeno disuelto) y biológicas (Clorofila a).

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la región noroccidental de Baja California, México; entre los 32°30'N - 117°10'W Frontera México-Estados Unidos y 30°52'N - 116°23'W Punta Colonet, B.C., con una distancia aproximada de 80 Km fuera de la costa (Fig. 3).

MUESTREO Y METODOLOGIA

El muestreo se realizó del 3 al 6 de mayo de 1990 a bordo del Buque Oceanográfico "ALTAIR-H05" propiedad de la

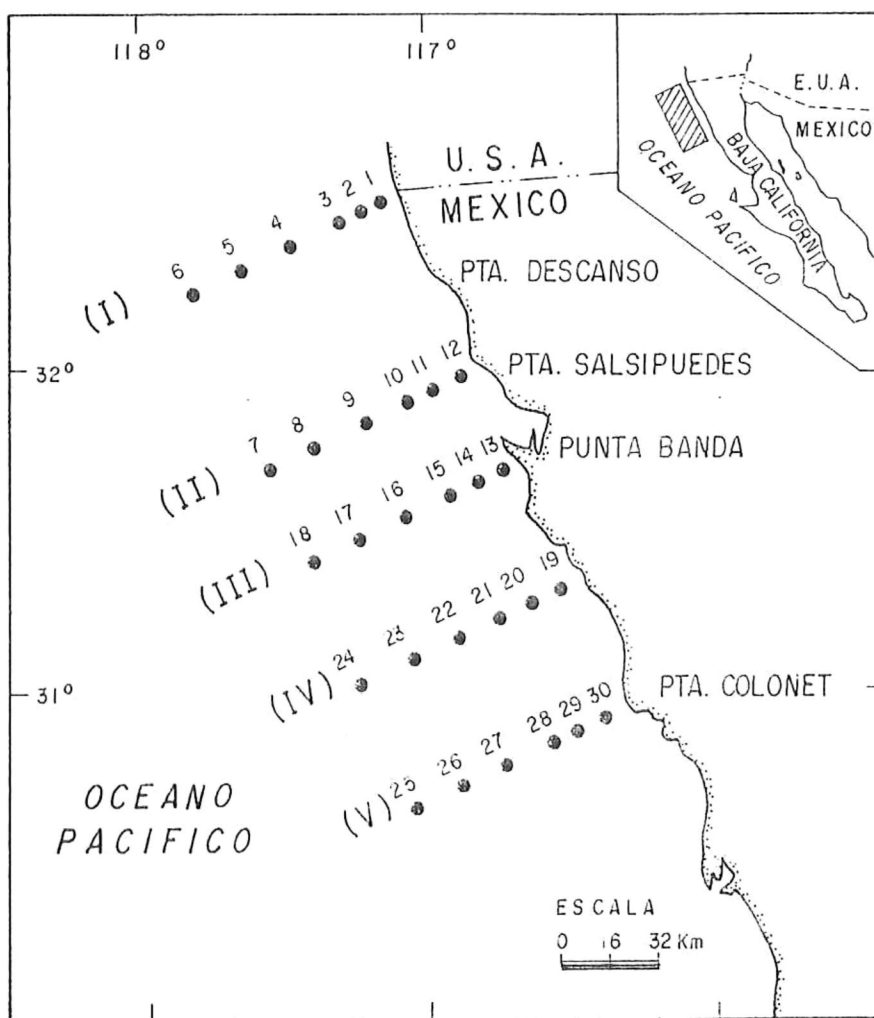


Figura 3. Localización del área de estudio; transectos y estaciones.

Secretaría de Marina. Se realizaron lances para la obtención de muestras oceanográficas en cinco transectos perpendiculares a la costa, con un total de 30 estaciones, agrupadas en seis estaciones por transecto y alcanzando una distancia aproximada de 80 Km de la costa. En cada lance se colectaron muestras de agua de mar a profundidades standard de 1, 10, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 400 y 500 m en botellas Niskin de 5 L .

La temperatura y salinidad se midieron in situ con un Smart CTD, marca EG & G Ocean Products propiedad del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE. La densidad del agua de mar y la $\sigma-t$ se calcularon en base a la ecuación de Gill (1982) y las masas de agua se identificaron utilizando diagramas T-S (Helland-Hansen, 1916; Sverdrup et al., 1942). La profundidad se describe en el texto como decibares (1 db = 1 m).

El oxígeno disuelto se determinó con la técnica macrowinckler descrita por Strickland y Parsons (1972). Los fosfatos y la biomasa de clorofila a se analizaron con los métodos descritos por Strickland y Parsons (1972) y se cuantificaron con un espectrofotómetro Milton Roy Spectronic 1201 propiedad de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California.

Se utilizó una imagen de satélite de la temperatura superficial del área de estudio correspondiente al día 3 de mayo de 1990. La imagen se obtuvo del satélite NOAA-11, con un dispositivo AVHRR-HRPT (advance very high resolution radiometer - high resolution picture transmitter). La resolución espacial del dispositivo es un arreglo de fotelel (elemento fotográfico) de 1 x 1 Km y la imagen fue procesada para eliminar interferencia causada por las nubes y el continente. Las temperaturas están diferenciadas por tonalidades azules de aguas templadas hacia tonalidades amarillas de aguas cálidas.

Se utilizó el paquete de graficación Surfer Access System Version 4.13 Copyright (c) Golden Software Inc. 1989 para construir las isoclinas que se presentan en las figuras, algunos detalles que se observan en las figuras son debidos a que no se suavizaron las interpolaciones realizadas por el programa.

RESULTADOS

Distribución vertical de temperatura, salinidad.

En los transectos I y II (Figs. 4 y 5) las isotermas mostraron una estratificación por arriba de los 100 db aproximadamente, hundiendo por debajo de los 150 db con dirección a la costa. En el transecto III (Fig. 6) la

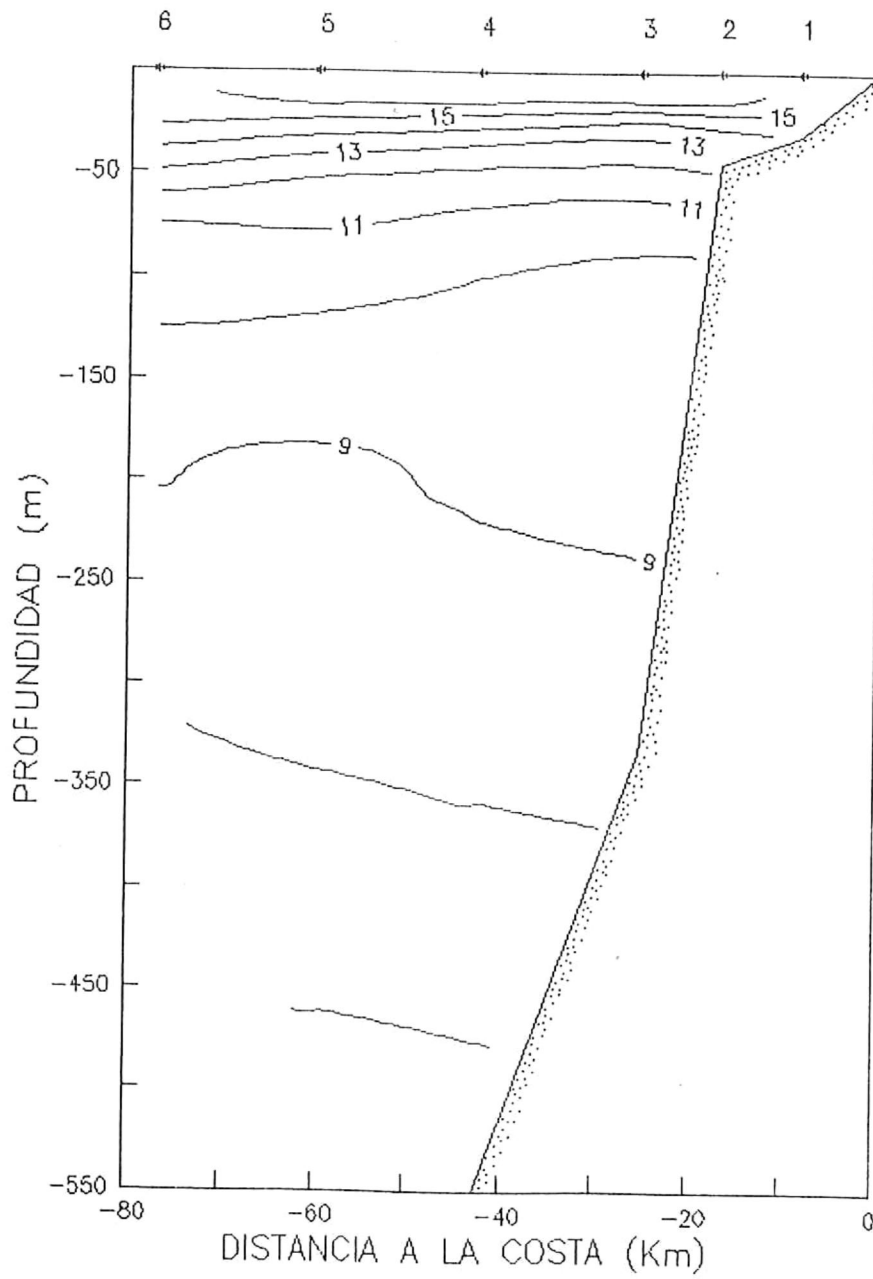


Figura 4. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 1 a 500 db. Transecto I, Estaciones 1 - 6.

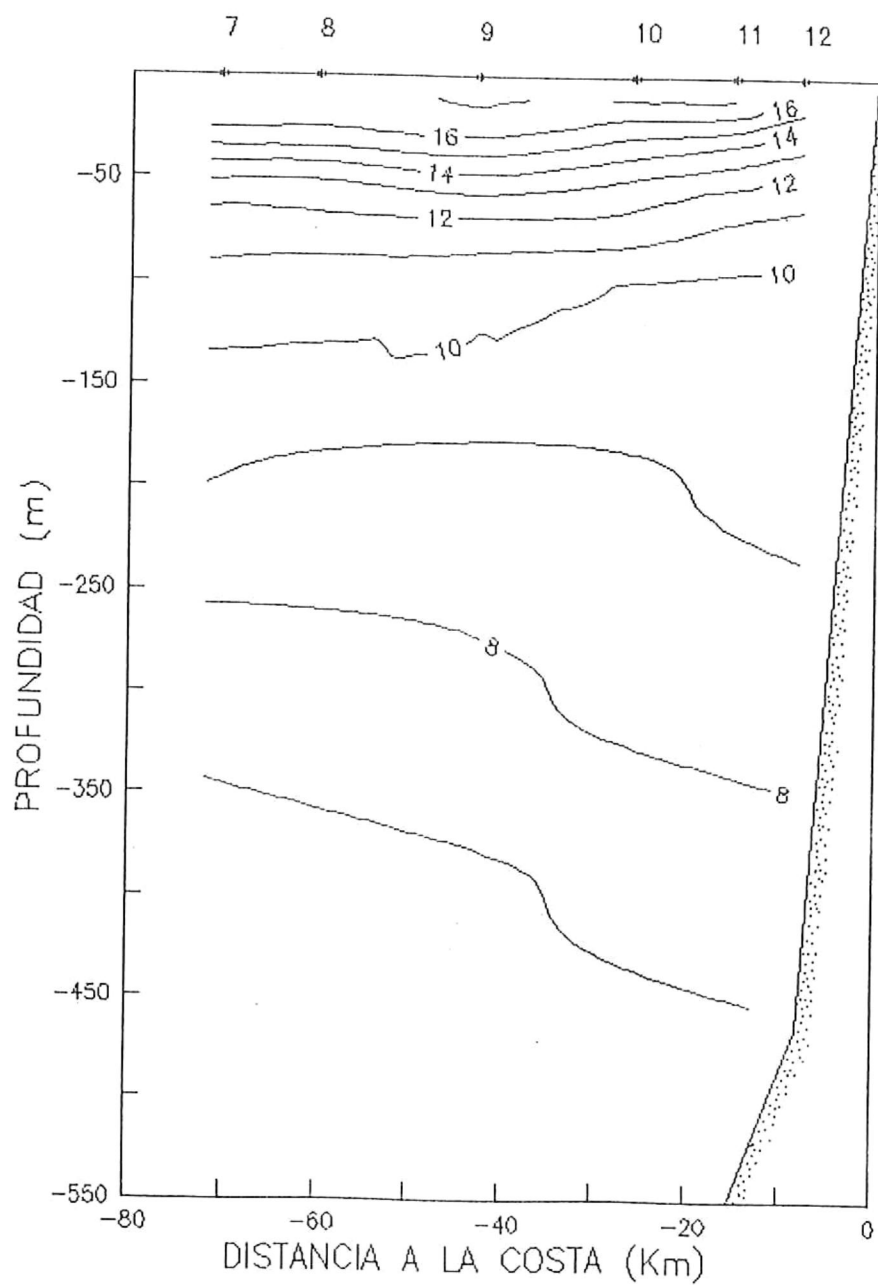


Figura 5. Distribución vertical de temperatura (°C) de 1 a 500 db. Transecto II, estaciones 7 - 12.

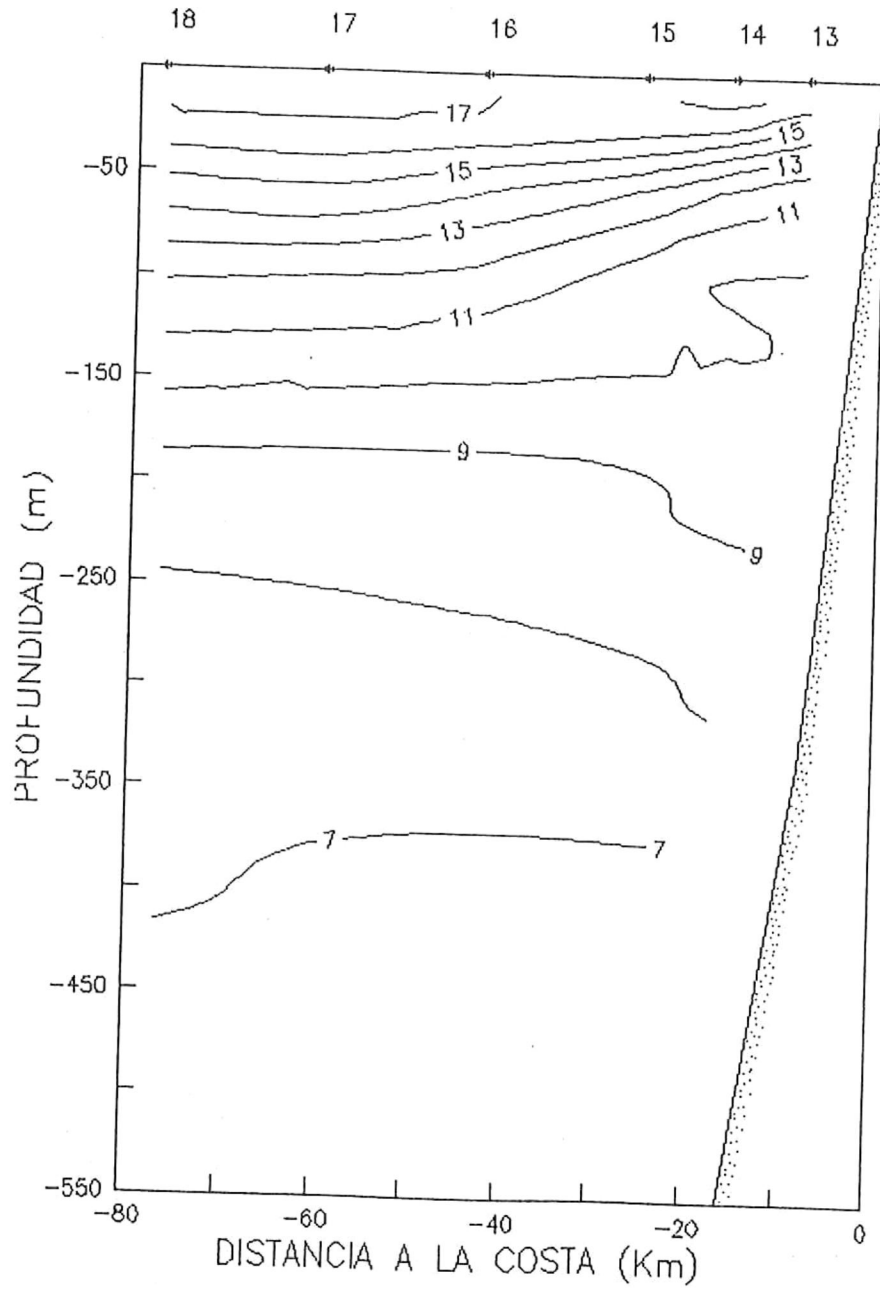


Figura 6. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 1 a 500 db. Transecto III, estaciones 13 - 18.

estratificación de la columna de agua se presentó lejos de la costa, mientras que desde la estación 16 las isotermas ascendieron hacia la costa. El transecto IV (Fig. 7) mostró una especie de onda entre las estaciones 21 y 23, el ascenso de las isotermas se inició desde la estación 22 a 150 db y por debajo de dicha profundidad se hundieron las isotermas. El transecto V (Fig. 8) mostró el rompimiento de la termoclina alcanzando la superficie la isoterma de 13°C y ascendiendo éstas desde la estación 26 a 150 db.

La salinidad en los transectos del I al IV (Figs. 9, 10, 11 y 12) presentó una característica conspicua, una lengua de baja salinidad < 33.50 o/oo la cual penetró en el área de estudio de oeste a este, su grosor varió entre 20 y 70 m haciéndose más gruesa hacia el sureste y en el transecto V (Fig. 13) dicha lengua es estrangulada en la estación 26 y confinada hacia la costa entre los 25 y 100 db. Se observó en todos los transectos una zona entre los 100 y 200 db donde ocurrieron fuertes gradientes de salinidad de hasta 0.5 o/oo, las isohalinas de estos gradientes ascendieron cerca de la costa en los transectos I, II, IV y V; y en el transecto III se presentó el ascenso más abrupto. En el transecto I se observaron salinidades mayores de 34.00 o/oo desde los 150 db y un núcleo de salinidad alta > 34.20 o/oo en la estación 4 a 300 db. En los transectos II al IV las salinidades mayores a 34.00 o/oo se observaron entre

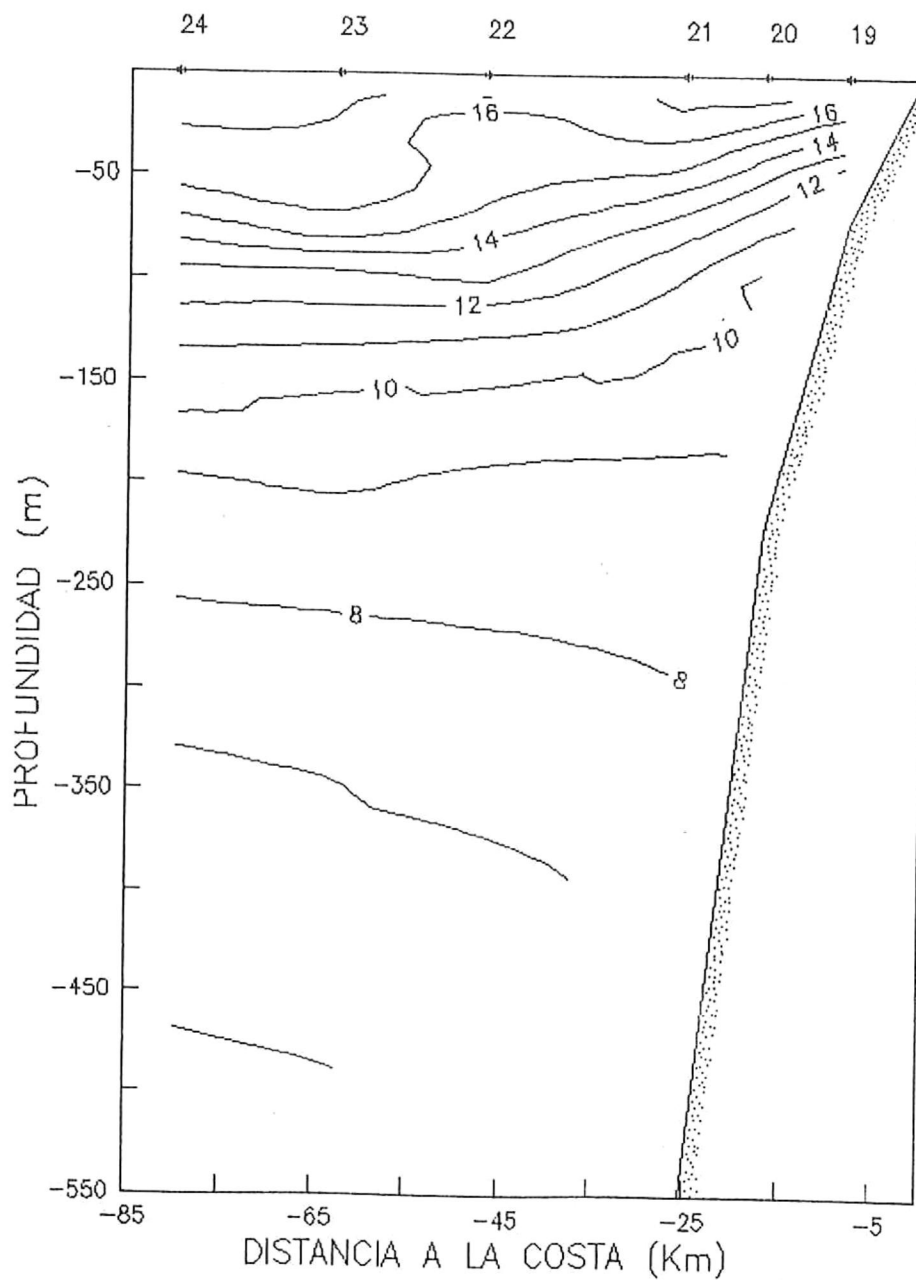


Figura 7. Distribución vertical de temperatura (°C) de 1 a 500 db. Transecto IV, estaciones 19 - 24.

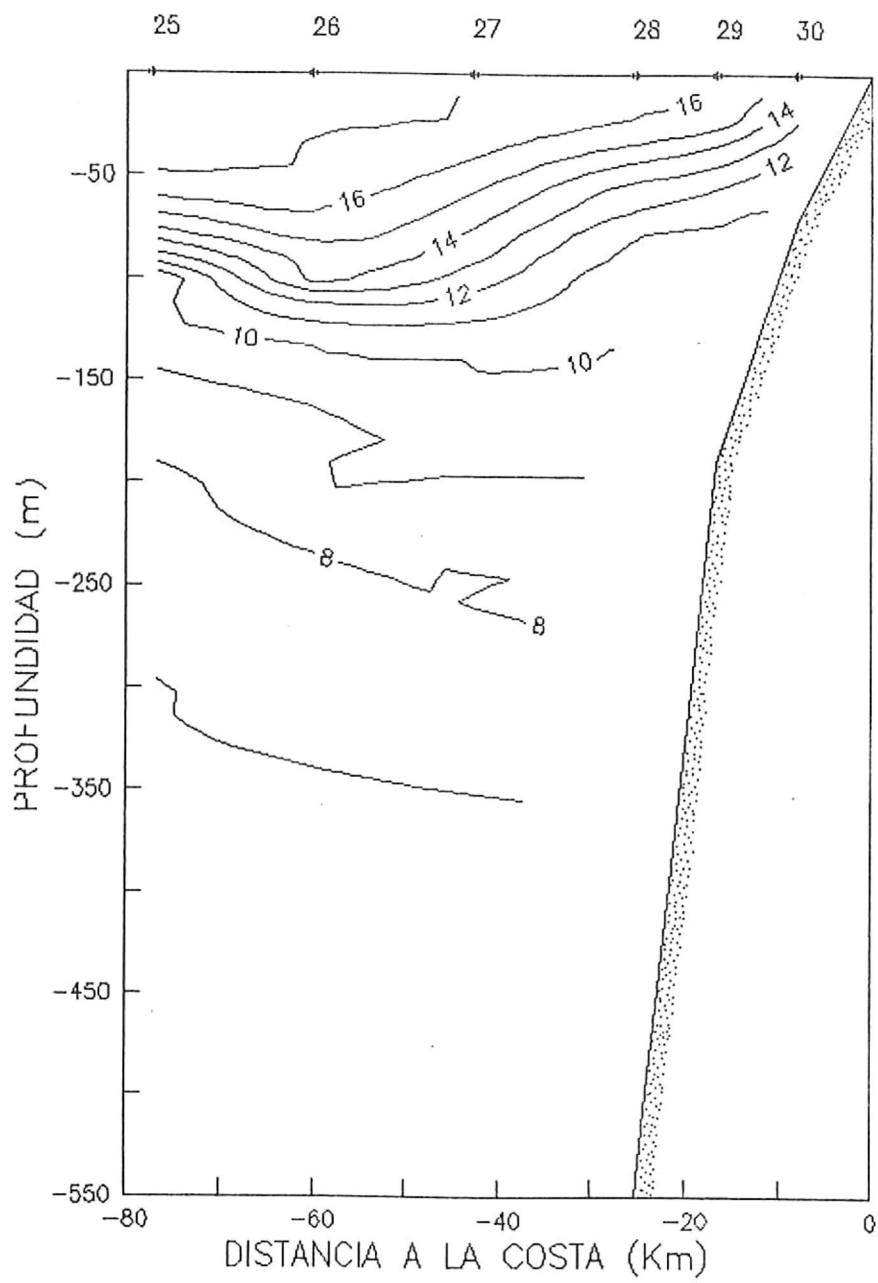


Figura 8. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de 1 a 500 db. Transecto V, estaciones 25 - 30.

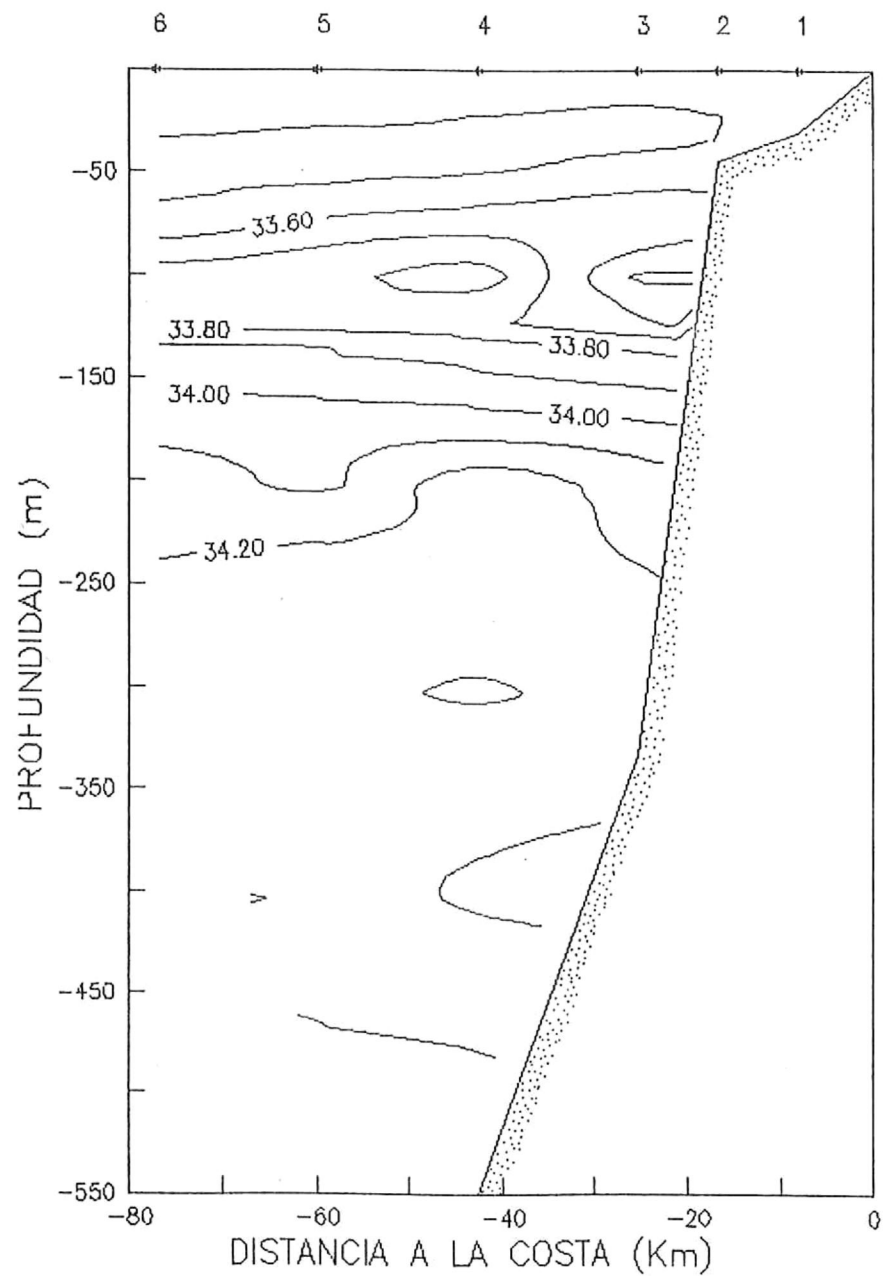


Figura 9. Distribución vertical de salinidad (o/oo) del a 500 db. Transecto I, estaciones 1 - 6.

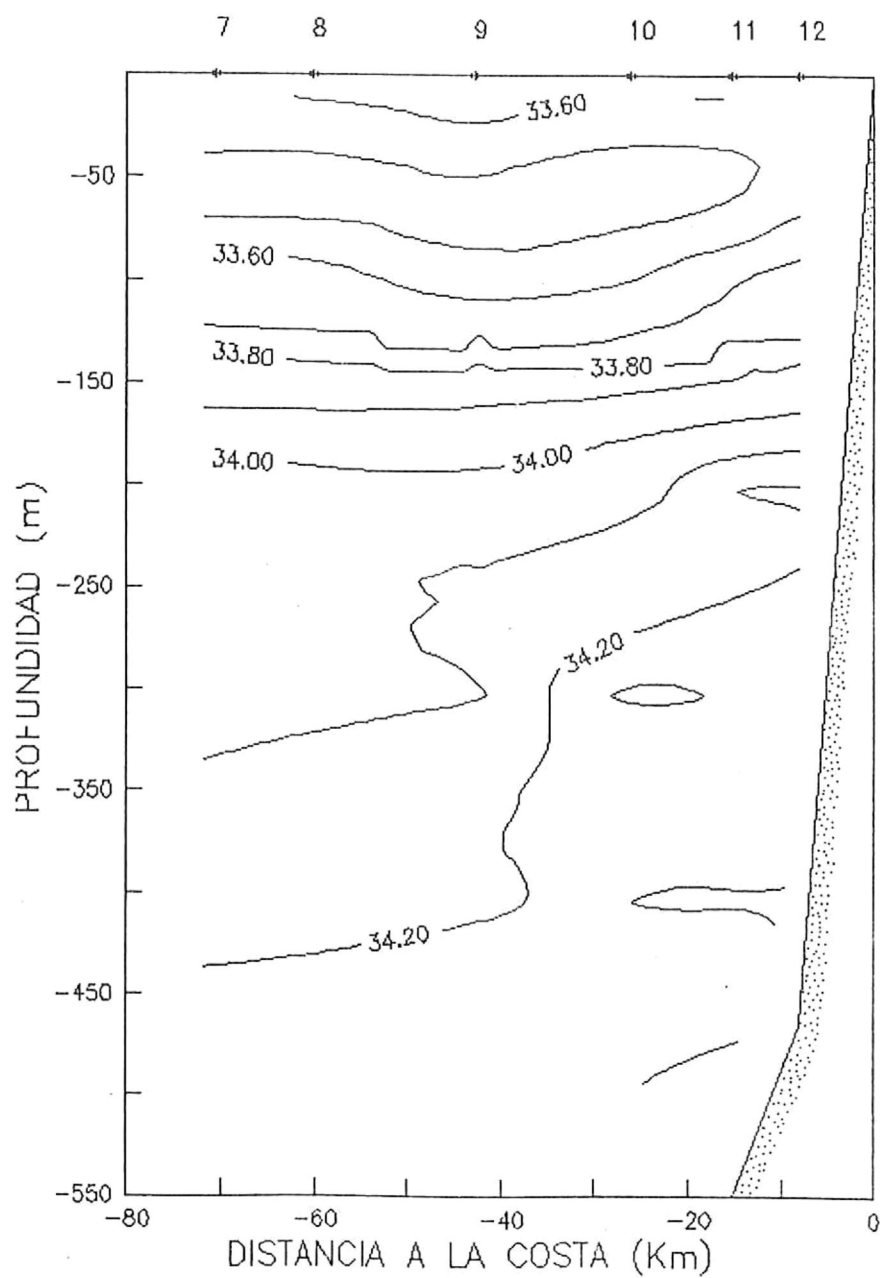


Figura 10. Distribución vertical de salinidad (o/oo) de 1 a 500 db. Transecto II, estaciones 7 - 12.

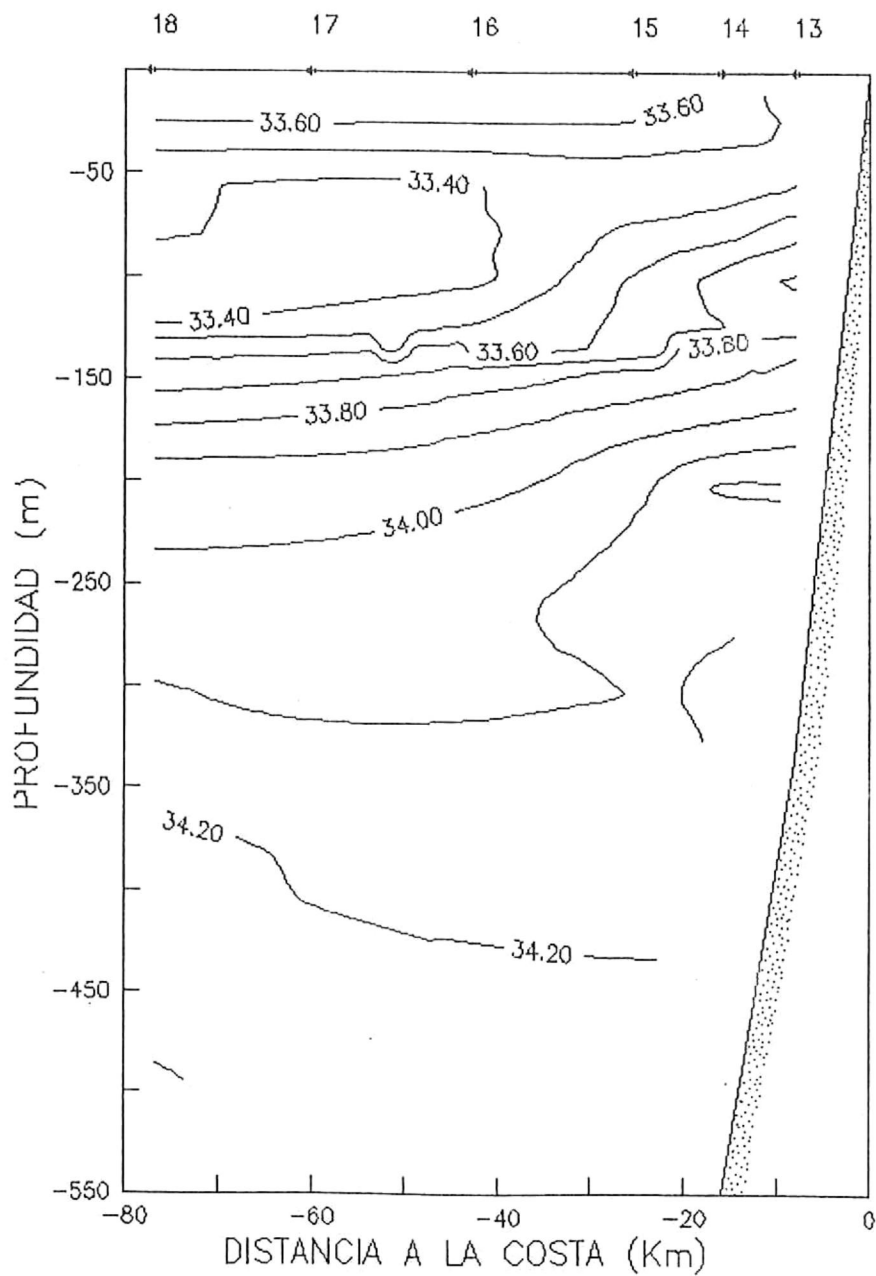


Figura 11. Distribución vertical de salinidad (o/oo) de 1 a 500 db. Transecto III, estaciones 13 - 18.

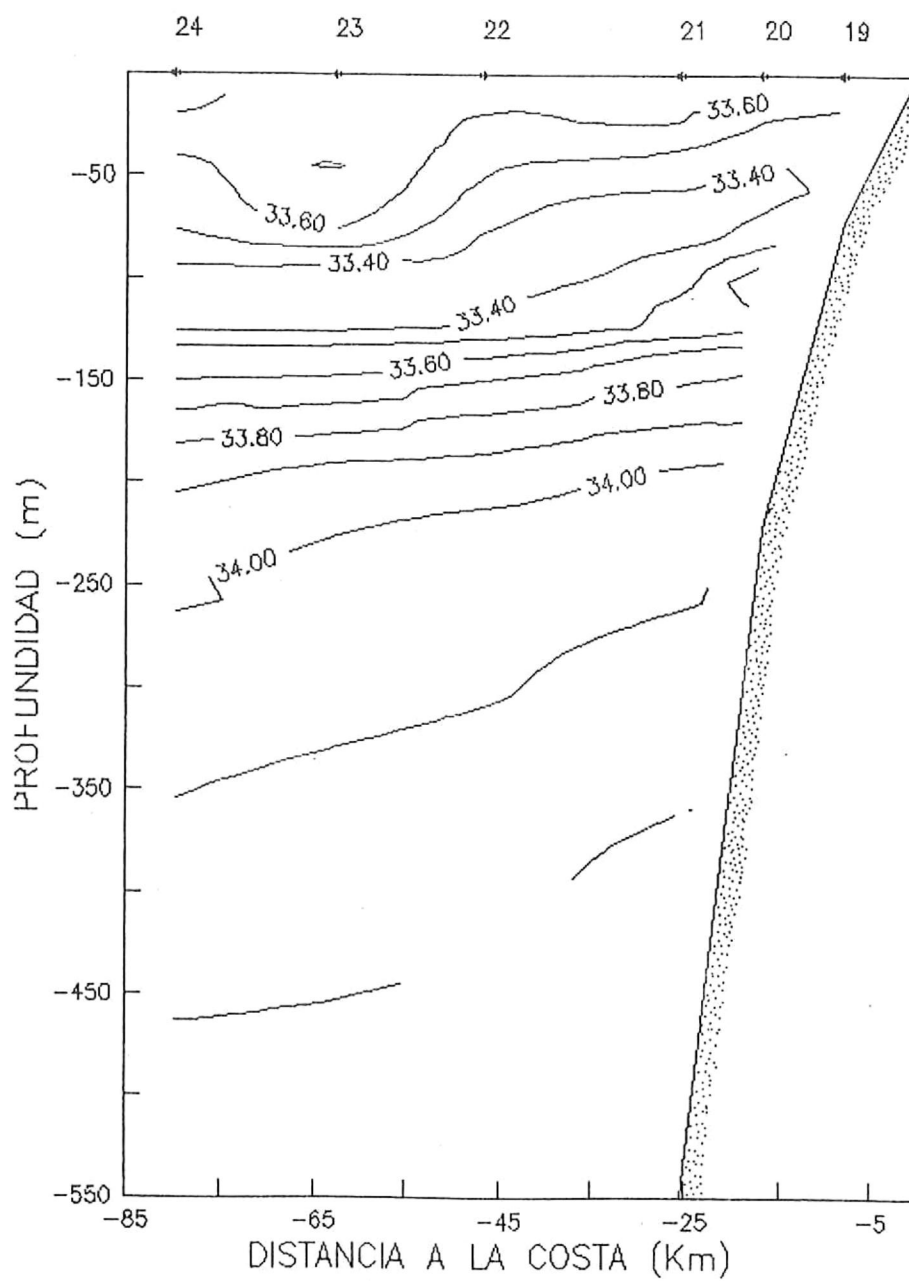


Figura 12. Distribución vertical de salinidad (o/oo) de 1 a 500 db. Transecto IV, estaciones 19 - 24.

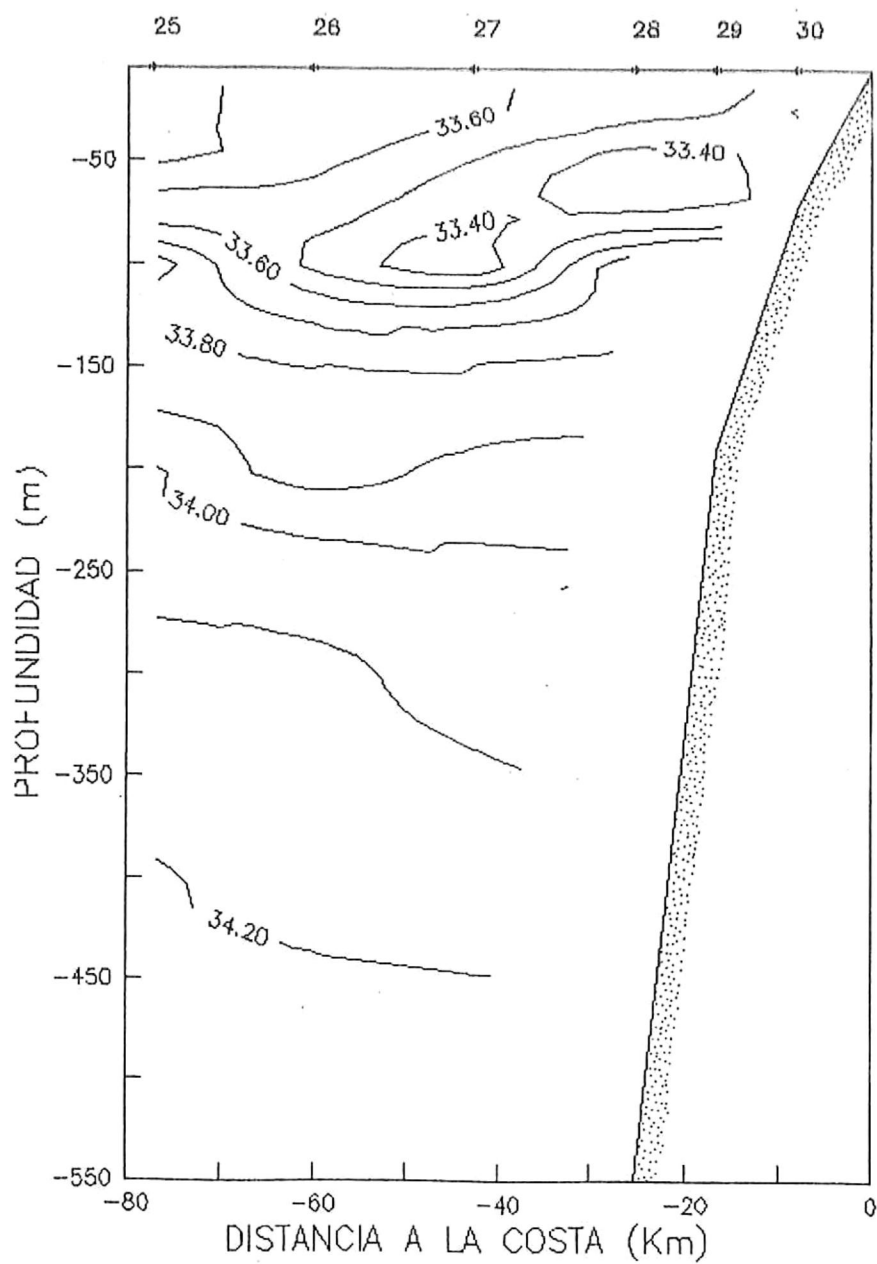


Figura 13. Distribución vertical de salinidad (o/oo) de 1 a 500 db. Transecto V, estaciones 25 - 30.

los 200 y 500 db ascendiendo cerca de la costa. En el transecto V se hundieron las isohalinas cerca de la costa aproximadamente desde los 200 db y las salinidades mayores de 34.00 o/oo se observaron entre los 400 y 500 db.

La distribución de los datos de temperatura y salinidad de todas las estaciones al ser graficados en el diagrama T-S (Fig. 14) mostraron una distribución homogénea y compacta en su comportamiento vertical, observándose cuatro estructuras desde la superficie hasta los 500 db; lo que permitió seccionar la columna de agua en tres capas: superficial, intermedia y profunda. En la capa superficial la temperatura mostró un cambio pequeño $\sim 1.0^{\circ}\text{C}$, en los primeros metros; mientras la salinidad permaneció constante ~ 33.60 o/oo. Sigma-t por su parte varió entre los 24.00 y 24.60. En esta capa se pudo apreciar entre los 5 y 60 db una estructura con características promedio de: (I) 17°C , 33.50 o/oo, $24.50 \sigma_t$.

En la capa intermedia de 20 a 150 db la temperatura mostró cambios rápidos de aproximadamente de 6.0°C entre los 15°C y 9°C , la salinidad presentó una variación de 0.60 o/oo y la sigma-t varió de 24.70 a 26.10. En esta capa se observaron dos estructuras con propiedades promedio de: (II) 14°C , 33.40 o/oo, $25.00 \sigma_t$ y (III) 10°C , 33.60 o/oo, $25.70 \sigma_t$.

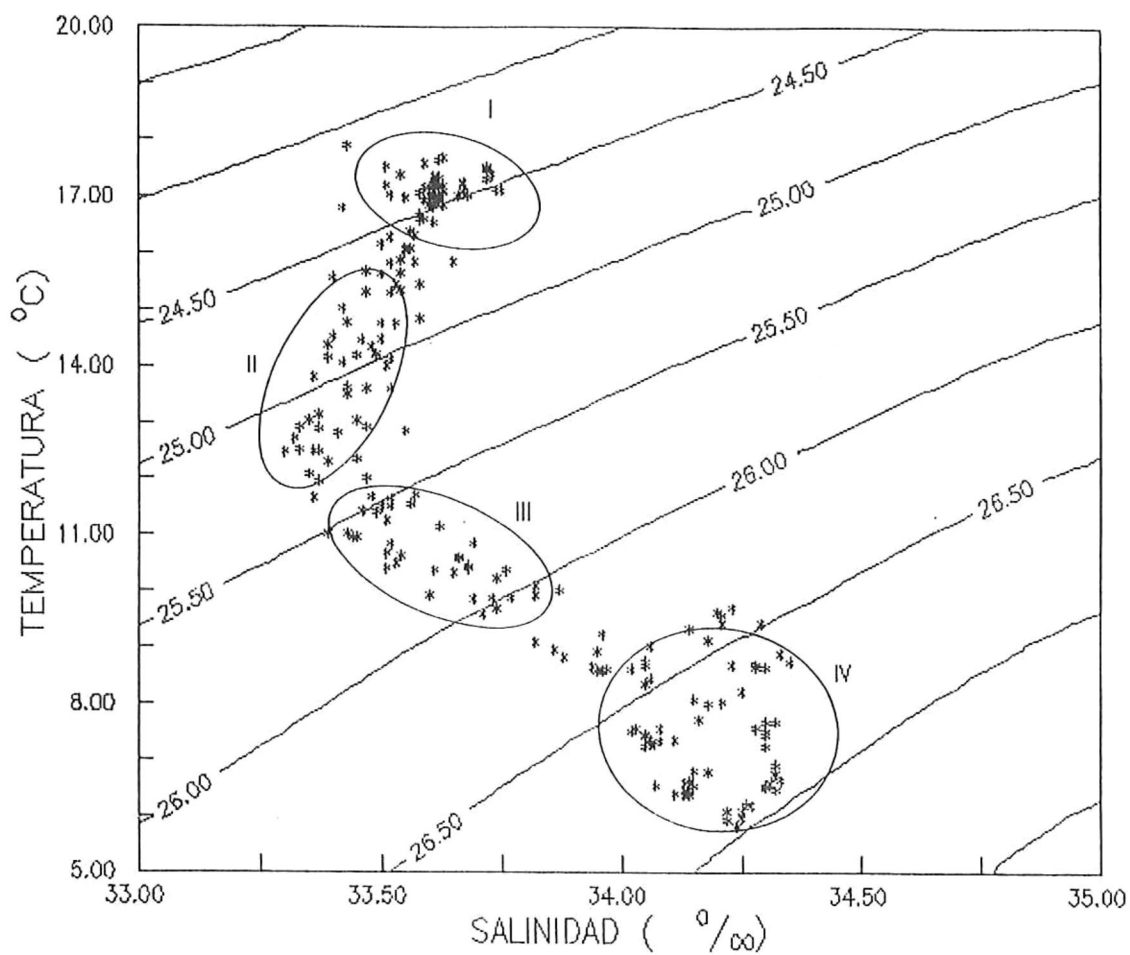


Figura 14. Diagrama T-S de los datos obtenidos en las 30 estaciones a profundidades promedio de 1, 10, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 400 y 500 metros.

En la capa profunda de 200 a 500 db ambas variables presentaron cambios. La temperatura mostró una variación de 4°C en promedio y la salinidad tuvo un intervalo de 0.5 o/oo y la variación de sigma-t fluctuó entre los 26.30 y 27.00 respondiendo a cambios provocados por ambas variables, aunque los cambios fueron en realidad muy pequeños y específicos en cuanto a la salinidad. Para detectar con buen detalle dichos cambios se tomaron pares de datos cada 50 db.

De esta forma se pudo distinguir una estructura con dos variantes diferenciadas principalmente por la salinidad, una de ellas mostró características promedio de 7.0°C, 34.10 o/oo, 26.60 σ_t y la otra presentó propiedades promedio de 8.0°C, 34.30 o/oo, 26.70 σ_t . Debido a esto se procedió a hacer diagramas T-S para dicha estructura en cada transecto (Fig. 15a-f), y se pudo observar que dichas estructuras aparecen y desaparecen dependiendo de la latitud de los transectos. En la figura 15f se mostró la separación en dos pequeños grupos bien diferenciados por la salinidad

Distribución espacial de temperatura.

Se utilizaron dos formas alternativas para detectar zonas con eventos de surgencias. Una de ellas fué la distribución espacial de temperatura superficial (Fig. 16). Donde se detectaron anomalías de bajas temperaturas <16.5°C las

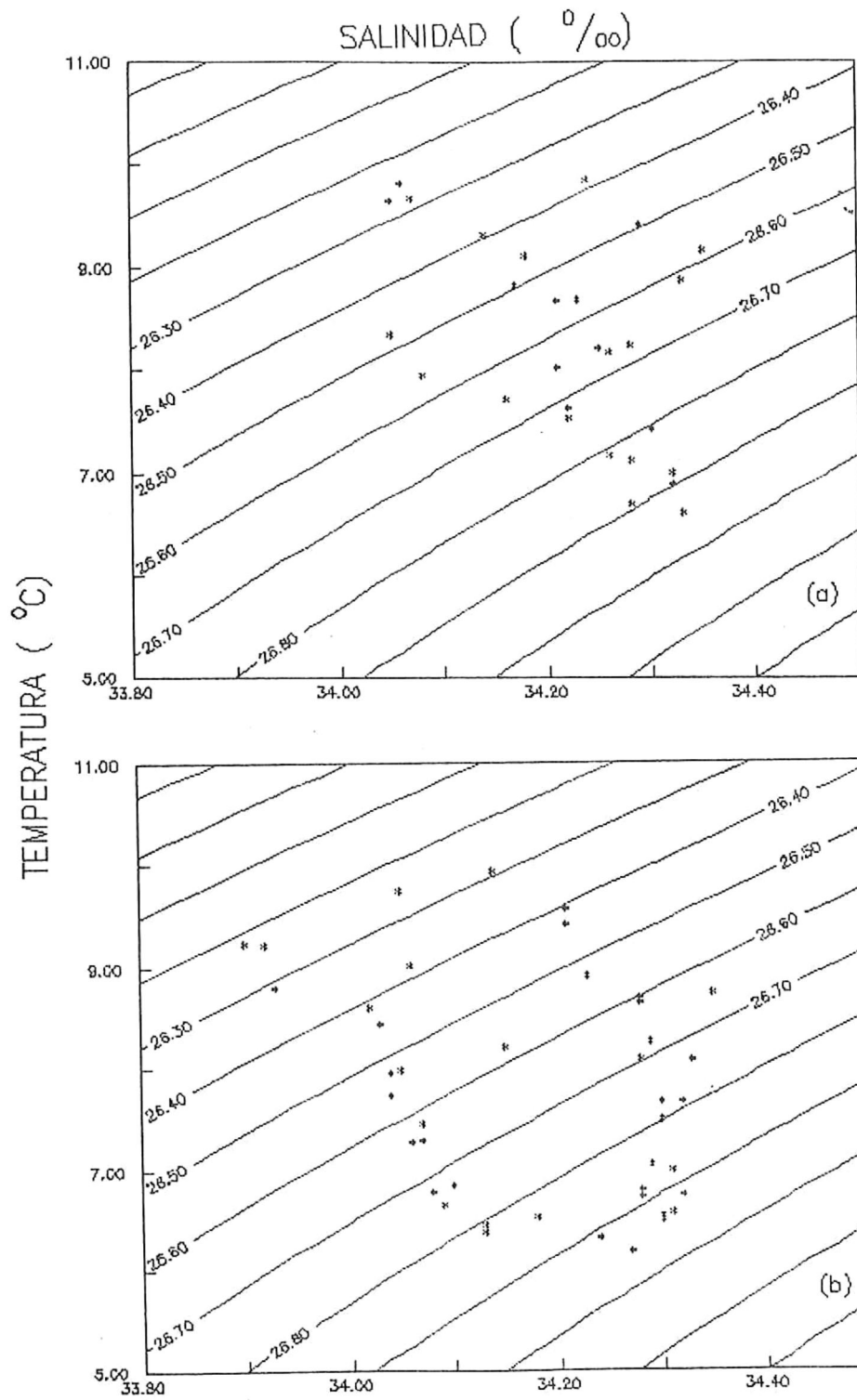


Figura 15 a-b. Diagrama T-S de la estructura IV. a) transecto I, b) transecto II.

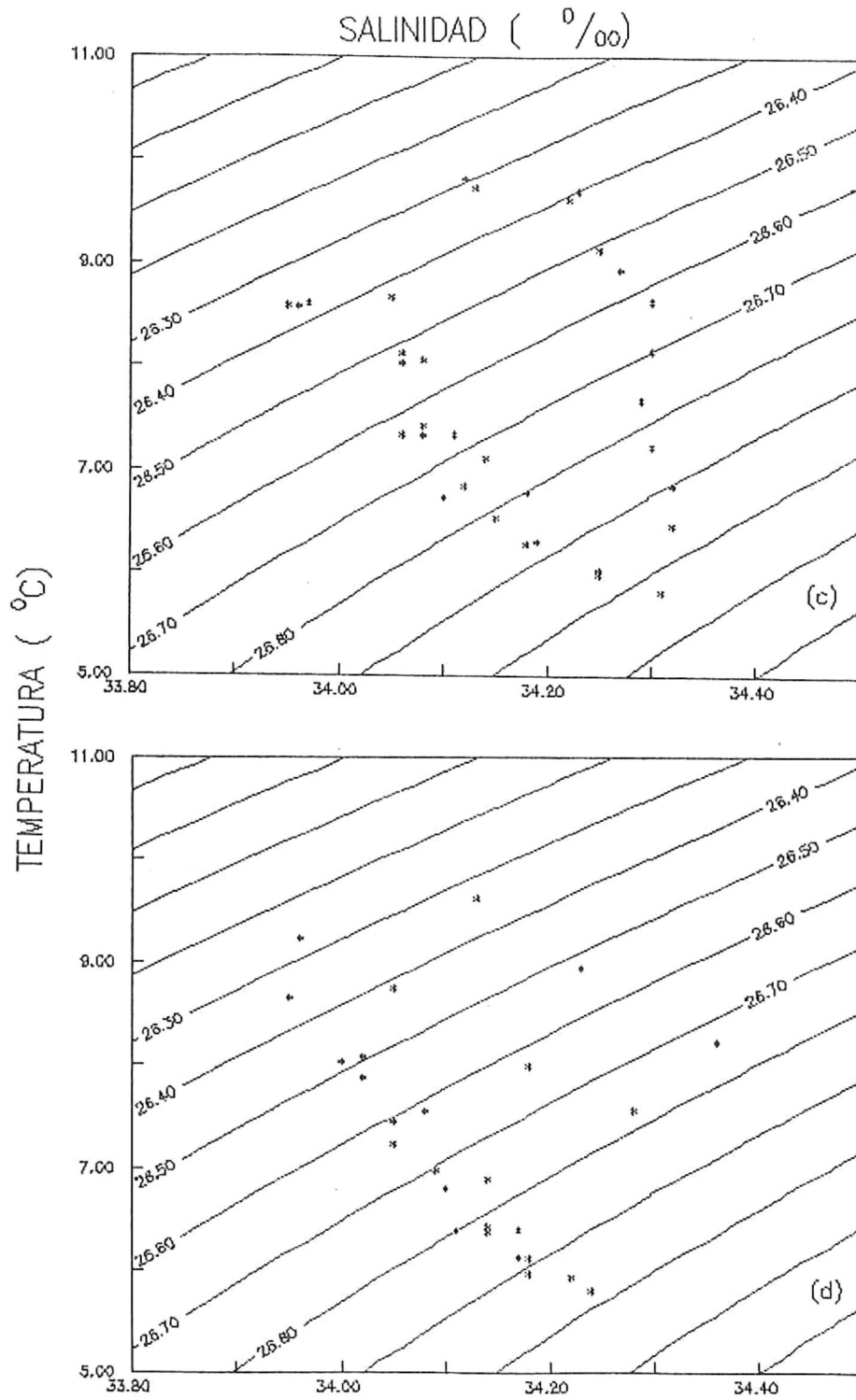


Figura 15 c-d. Diagrama T-S de la estructura IV. c) transecto III, d) transecto IV.

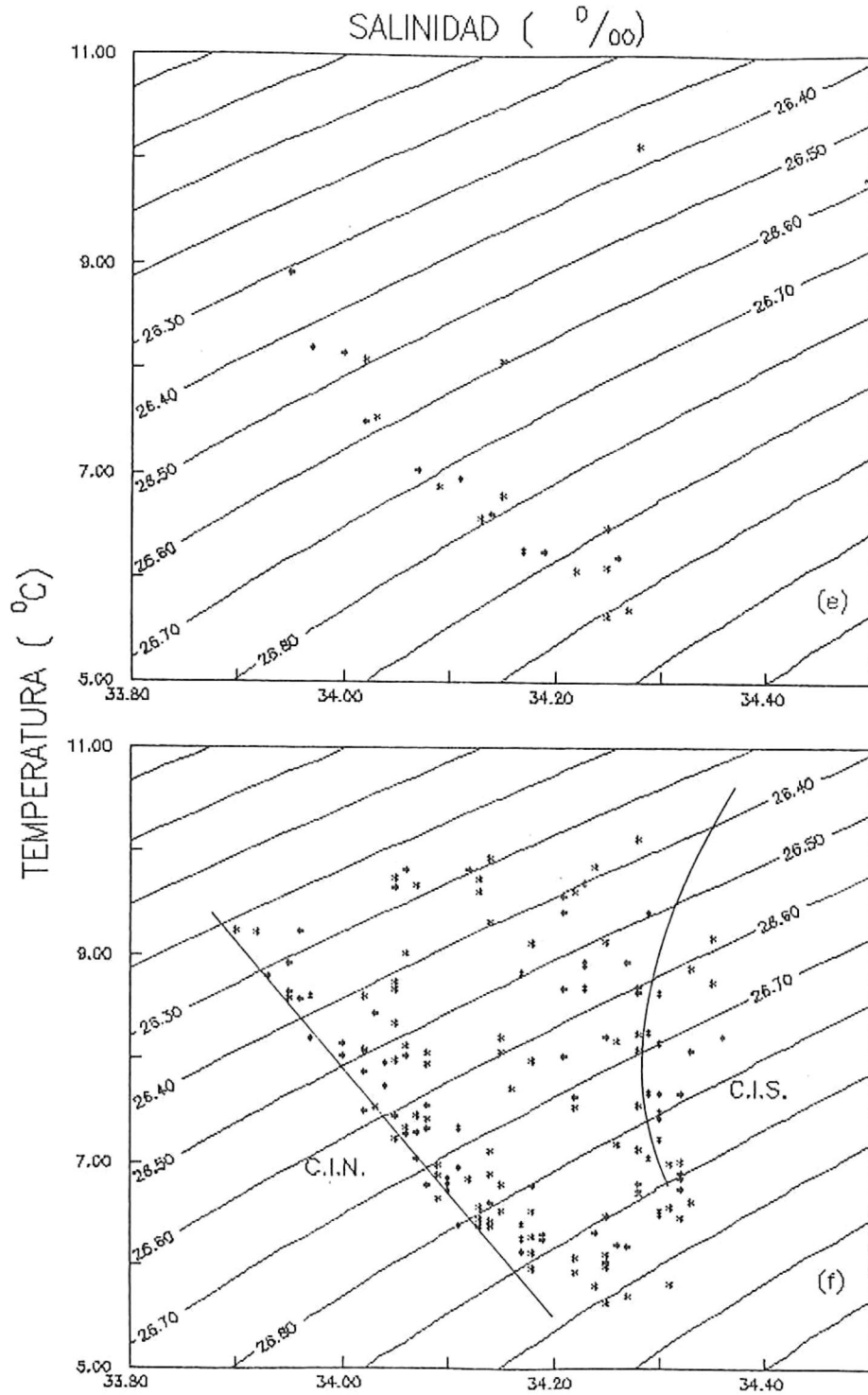


Figura 15 e-f. Diagrama T-S de la estructura IV. e) transecto V. f) Diagrama T-S de la estructura IV. Transectos I a V; C.I.N. (California Intermedia del Norte), C.I.S. (California Intermedia del Sur).

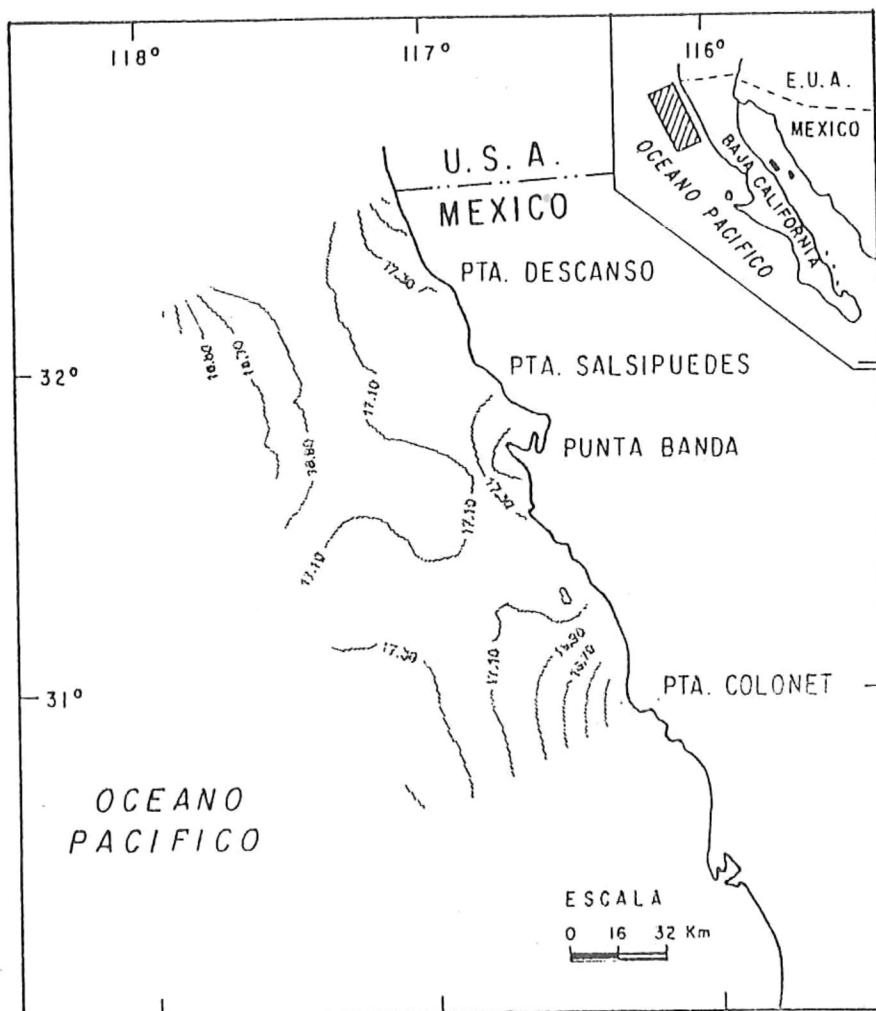


Figura 16. Distribución superficial de temperatura en el área de estudio.

cuáles usamos para identificar afloramientos. La distribución horizontal de temperatura superficial mostró un intervalo de 15° a 17.9°C . Las altas temperaturas $16.5 - 17.9^{\circ}\text{C}$, se observaron cruzando el área de estudio de suroeste a noreste y cercanas a la costa en los transectos I, II y III. Las temperaturas bajas $15.0 - 16.5^{\circ}\text{C}$, se localizaron alejadas de la costa en el Transecto I y cercanas a la costa en el Transecto V.

Distribución vertical de sigma-t (densidad).

La segunda forma para detectar eventos de surgencias fué la distribución vertical de sigma-t, en esta ocasión la isopicna de 25.00 fué utilizada como indicador.

En el transecto I (Fig. 17) la columna de agua se presentó fuertemente estratificada hasta los 200 db aproximadamente; la isopicna de 25.00 mostró un leve hundimiento de los 40 db (est. 4) a los 50 db (est. 6), mientras la isopicna de 24.60 alcanzó la superficie entre las estaciones 5 y 6. Por debajo de los 300 db las isopicnas se hundieron hacia la costa. La columna de agua en el transecto II (Fig. 18) mostró a la isopicna de 25.00 un poco más hundida en la estación 7 con un ascenso de ~ 20 db cerca de la costa (est. 11 y 12) y por debajo de los 150 db la columna de agua se estratificó débilmente. En el transecto III (Fig. 19) se hundió la isopicna de 25.00 hacia los 75 db (est.

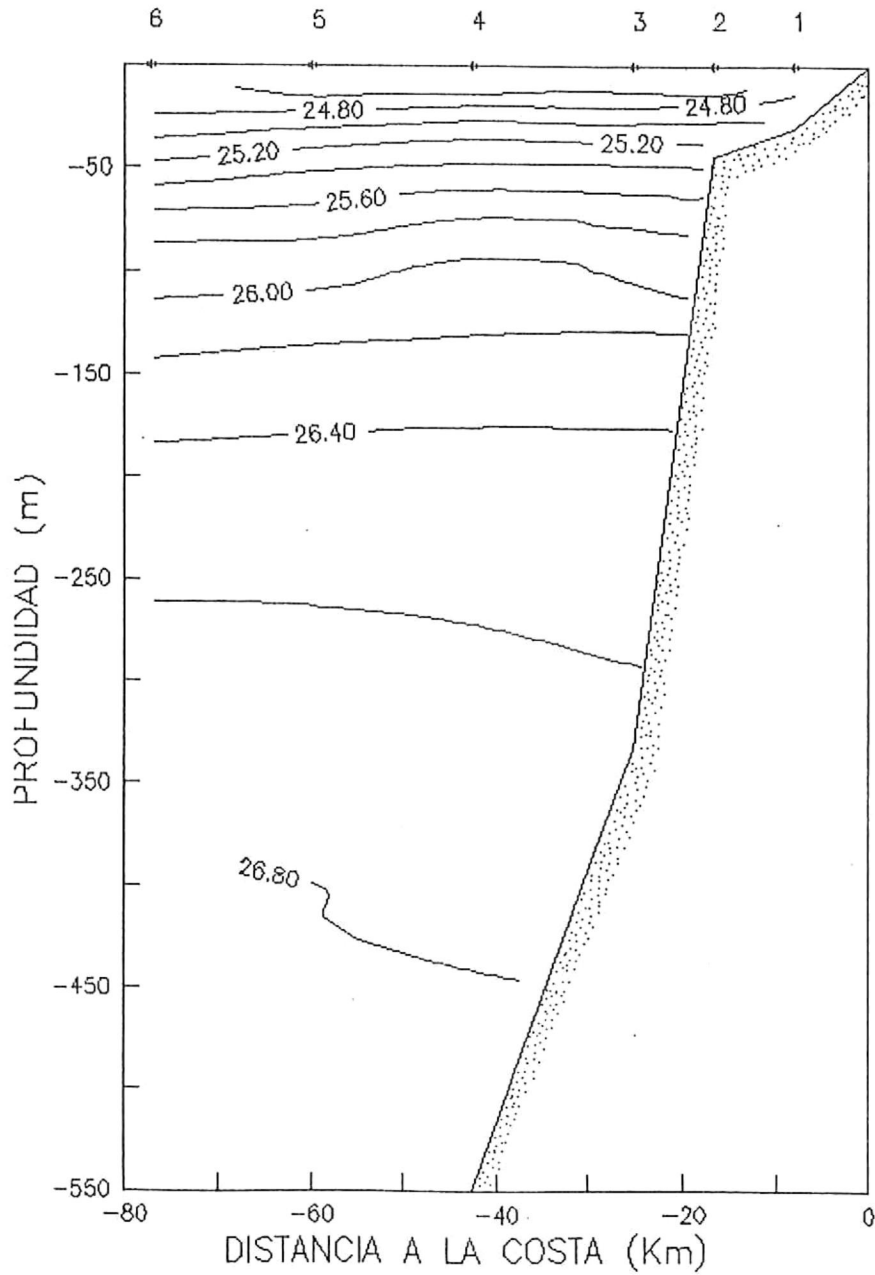


Figura 17. Distribución vertical de sigma-t de 1 a 500 db. Transecto I, estaciones 1- 6.

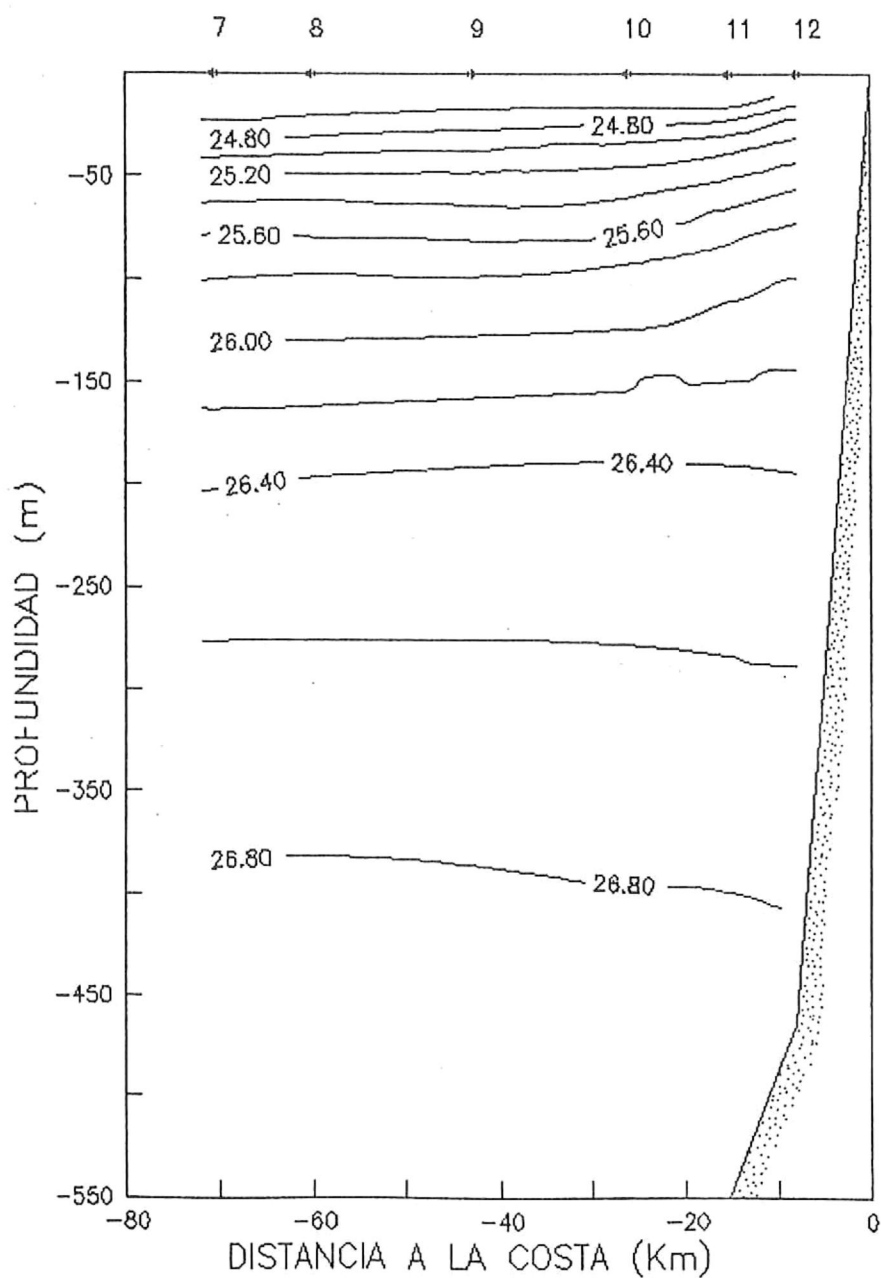


Figura 18. Distribución vertical de sigma-t de 1 a 500 db. Transecto II, estaciones 7 - 12.

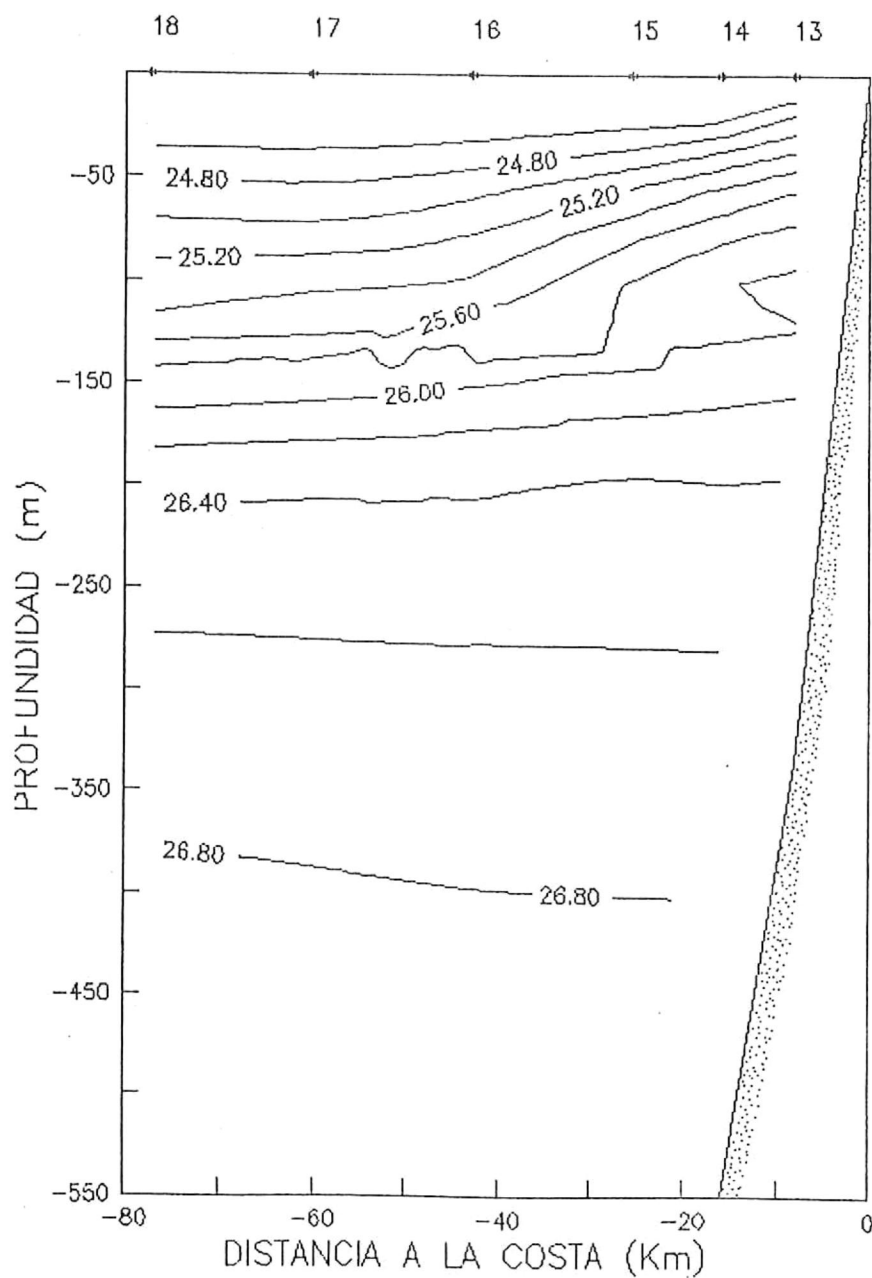


Figura 19. Distribución vertical de sigma-t de 1 a 500 db. Transecto III, estaciones 13 - 18.

18) y ascendió a los 40 db (est. 13), las isopicnas ascendieron entre 20 y 40 db entre las estaciones 18 y 13. La distribución vertical de sigma-t en el transecto IV (Fig. 20) mostró el ascenso de las isopicnas desde profundidades entre los 100 y 150 db; sin embargo se observó el hundimiento de la isopicna de 25.00 a 90 db (est. 22) y su ascenso hasta los 25 db aproximadamente (est. 19). En el transecto V (Fig. 21) la isopicna de 24.60 fue desplazada fuera de la costa entre las estaciones 27 y 28; se presentó más marcado el hundimiento de la isopicna de 25.00, a 100 db (est. 26) al igual que el ascenso de ésta hasta 10 db (est. 30); sin embargo desde los 150 db las isopicnas se hundieron drásticamente.

De acuerdo a lo propuesto por Gómez Valdéz (1983) de que la surgencia es más intensa si la pendiente de las isopicnas es mayor, se puede, de forma indirecta determinar en que transectos hubo o no, un evento de surgencia. Siendo así, los transectos IV y V se analizarán para tal propósito y se tomara el transecto I como un caso anómalo.

Distribución vertical de fosfatos, oxígeno disuelto y clorofila a.

En el transecto I (Fig. 22), la distribución vertical de fosfatos presentó concentraciones entre 0.5 a 1.25 μM por arriba de los 50 db, entre las estaciones 5 y 6 se

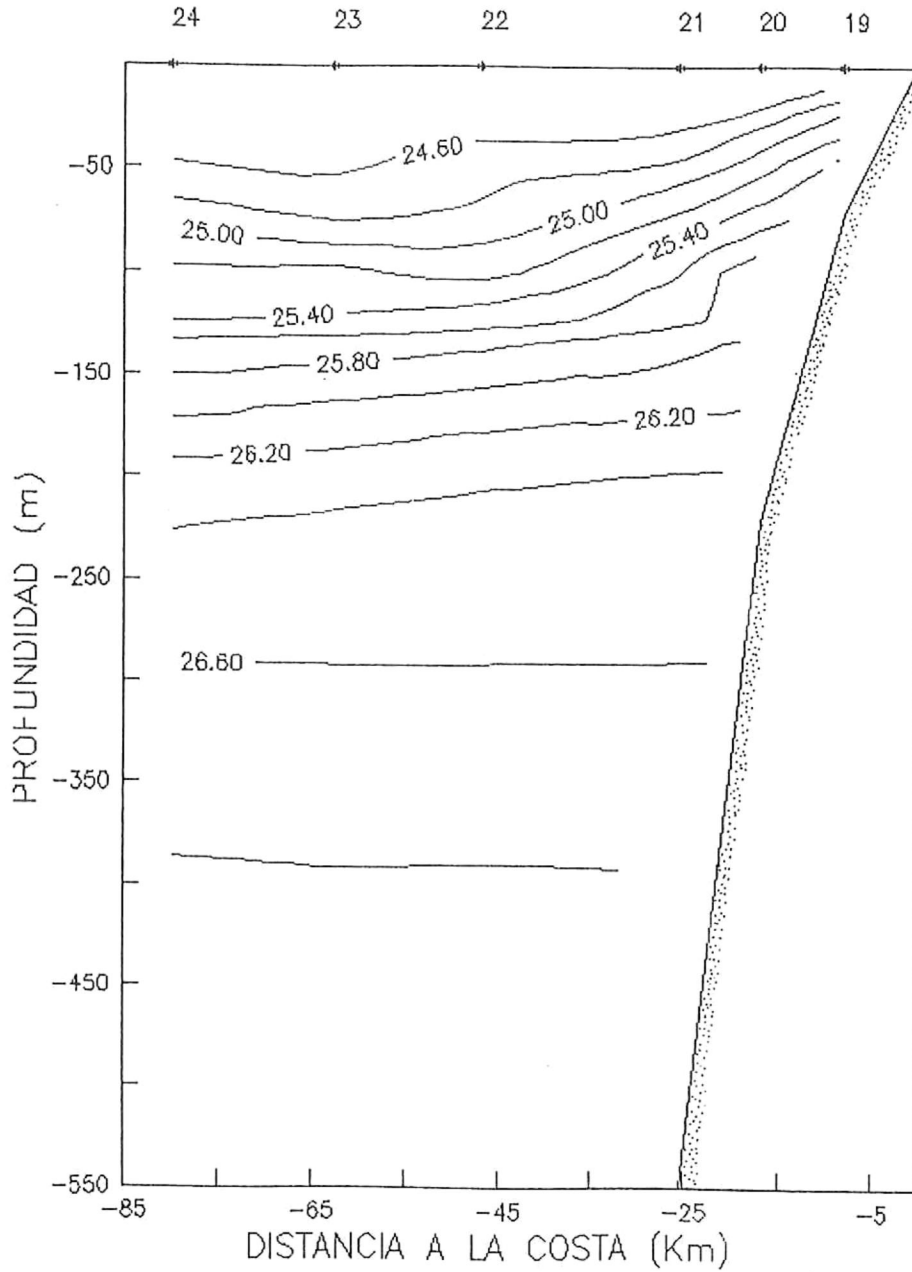


Figura 20. Distribución vertical de sigma-t de 1 a 500 db. Transecto IV, estaciones 19 - 24.

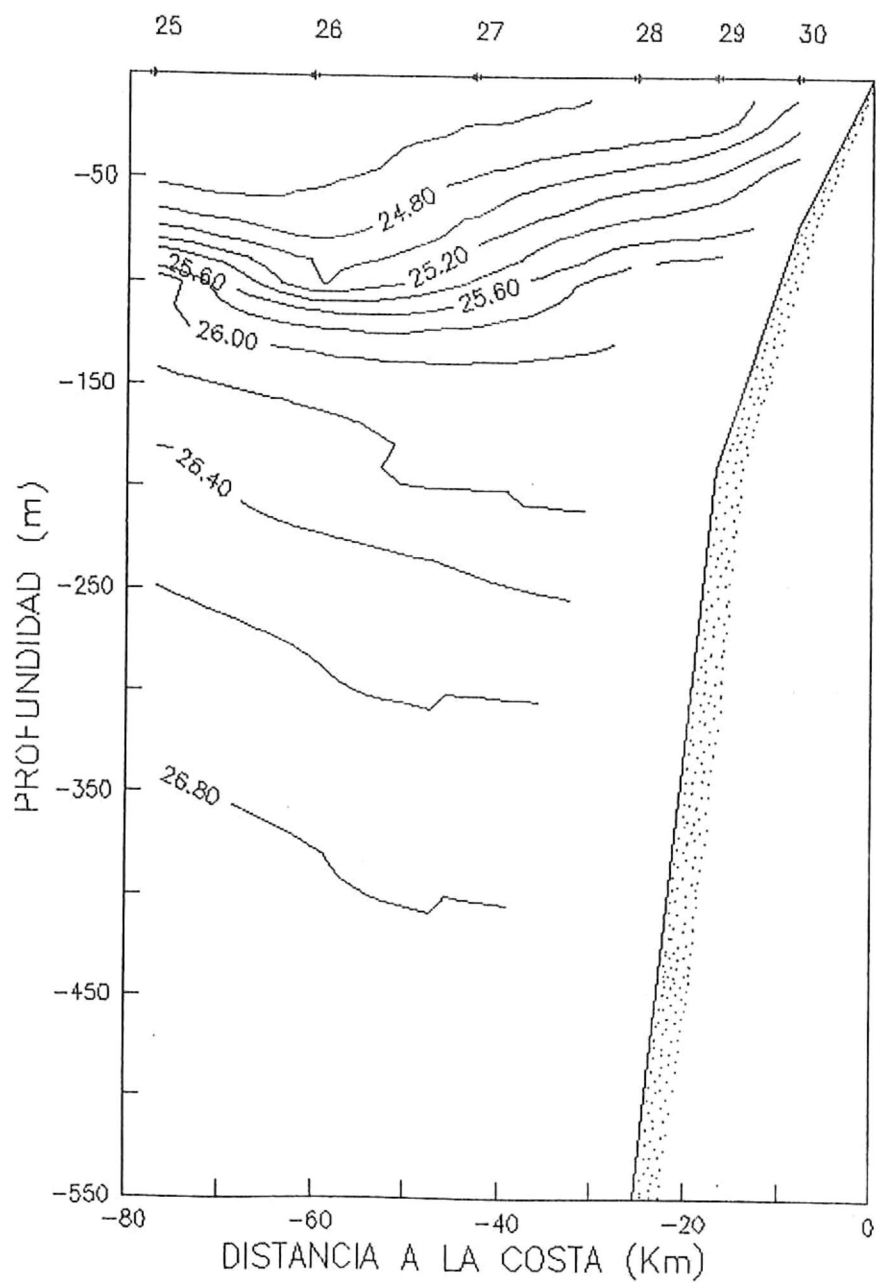


Figura 21. Distribución vertical de sigma-t de 1 a 500 db. Transecto V, estaciones 25 - 30.

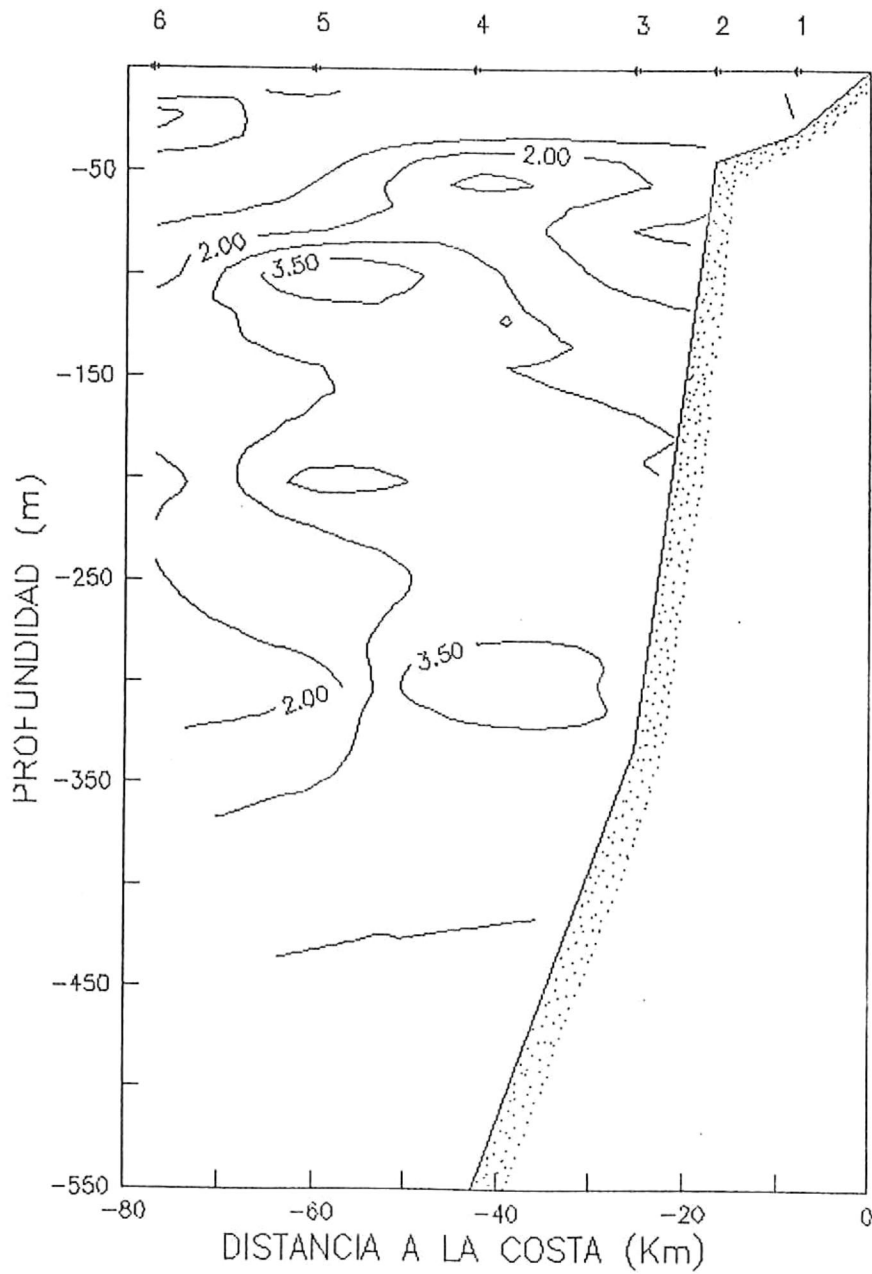


Figura 22. Distribución vertical de fosfatos (μM) de 1 a 500 db. Transecto I, estaciones 1 - 6.

observó un incremento de $\sim 1.0 \mu\text{M}$. La isolínea de $2.75 \mu\text{M}$ mostró una forma envolvente, conteniendo en sí núcleos de concentraciones hasta $3.50 \mu\text{M}$, mientras por fuera las concentraciones fluctuaron entre 1.50 y $2.75 \mu\text{M}$. En el transecto IV (Fig. 23) se observó como la isolínea de $1.25 \mu\text{M}$ descendió hasta los 100 db (est. 22) ascendiendo después hacia los 25 db (est. 19); por su parte la isolínea de $2.75 \mu\text{M}$ se encontró entre los 250 y 300 db (est. 21, 22 y 23) y entre las estaciones 20 y 21 se presentó un núcleo de $3.25 \mu\text{M}$ a 100 db. El transecto V (Fig. 24) mostró concentraciones menores a $0.75 \mu\text{M}$ hasta 100 db de profundidad a todo lo ancho de transecto; sin embargo la isolínea de los $2.75 \mu\text{M}$ ascendió de los 300 db (est. 25) a los 250 db (est. 28) cerca de la costa.

El transecto I (Fig. 25) mostró un contenido de oxígeno mayor a 6.0 ml l^{-1} entre las estaciones 1 y 4 a 25 db, las isooxas de 4.0 y 5.0 ml l^{-1} se presentaron levemente estratificadas y se hundieron un poco entre las estaciones 4 y 6; por debajo de los 100 db las isooxas $2.0 - 3.0 \text{ ml l}^{-1}$ perdieron la estratificación y disminuyó el contenido de oxígeno a 1.0 ml l^{-1} a 450 db. En el transecto IV (Fig. 26) el contenido de oxígeno fluctuó entre 5.0 y 6.0 ml l^{-1} a una profundidad de 100 db; la isooxa de 4.0 ml l^{-1} muestra un leve ascenso entre los 180 y 150 db, mientras la isooxa de 3.0 ml l^{-1} hundió de los 250 y 300 db. El transecto V (Fig. 27)

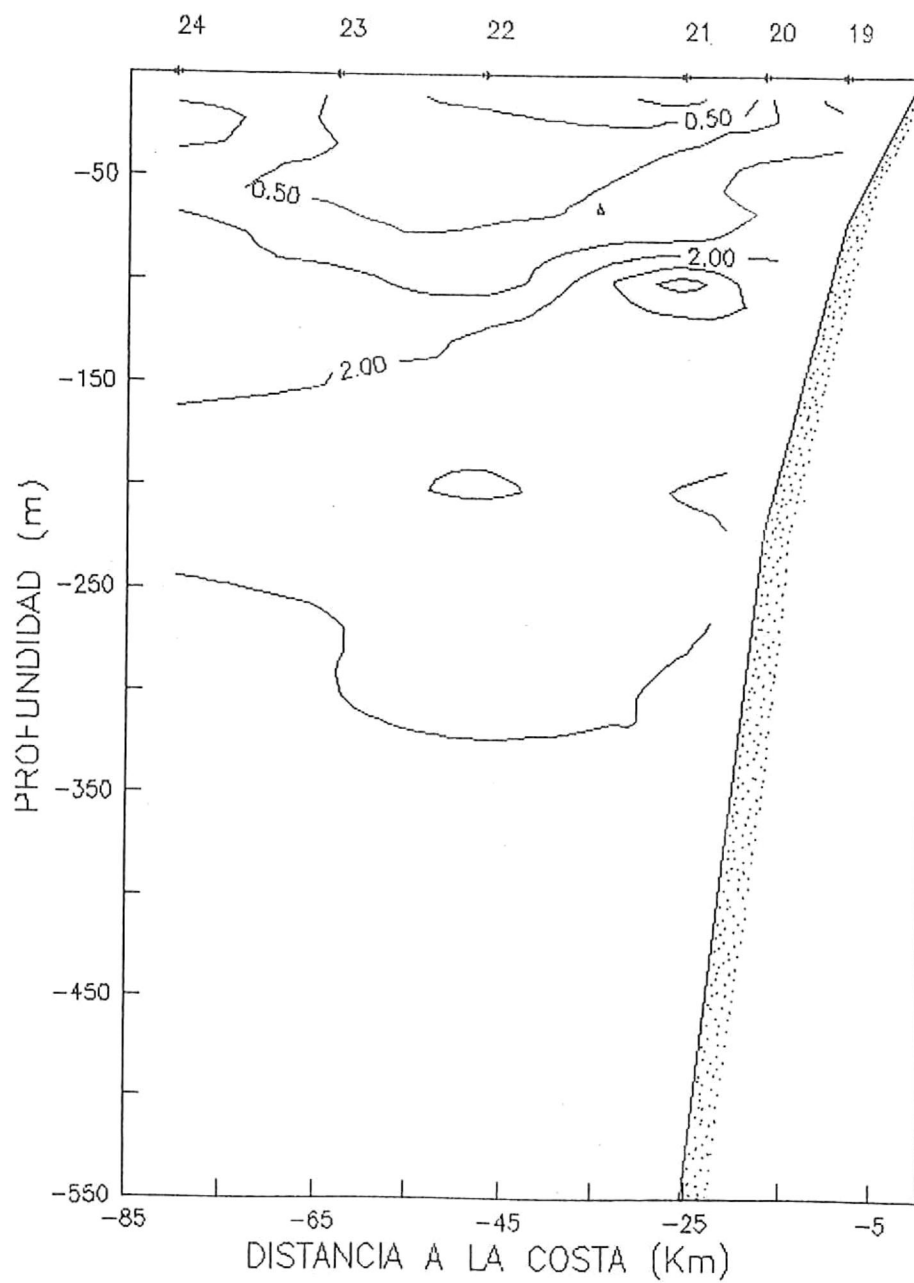


Figura 23. Distribución vertical de fosfatos (μM) de 1 a 500 db. Transecto IV, estaciones 19 - 24.

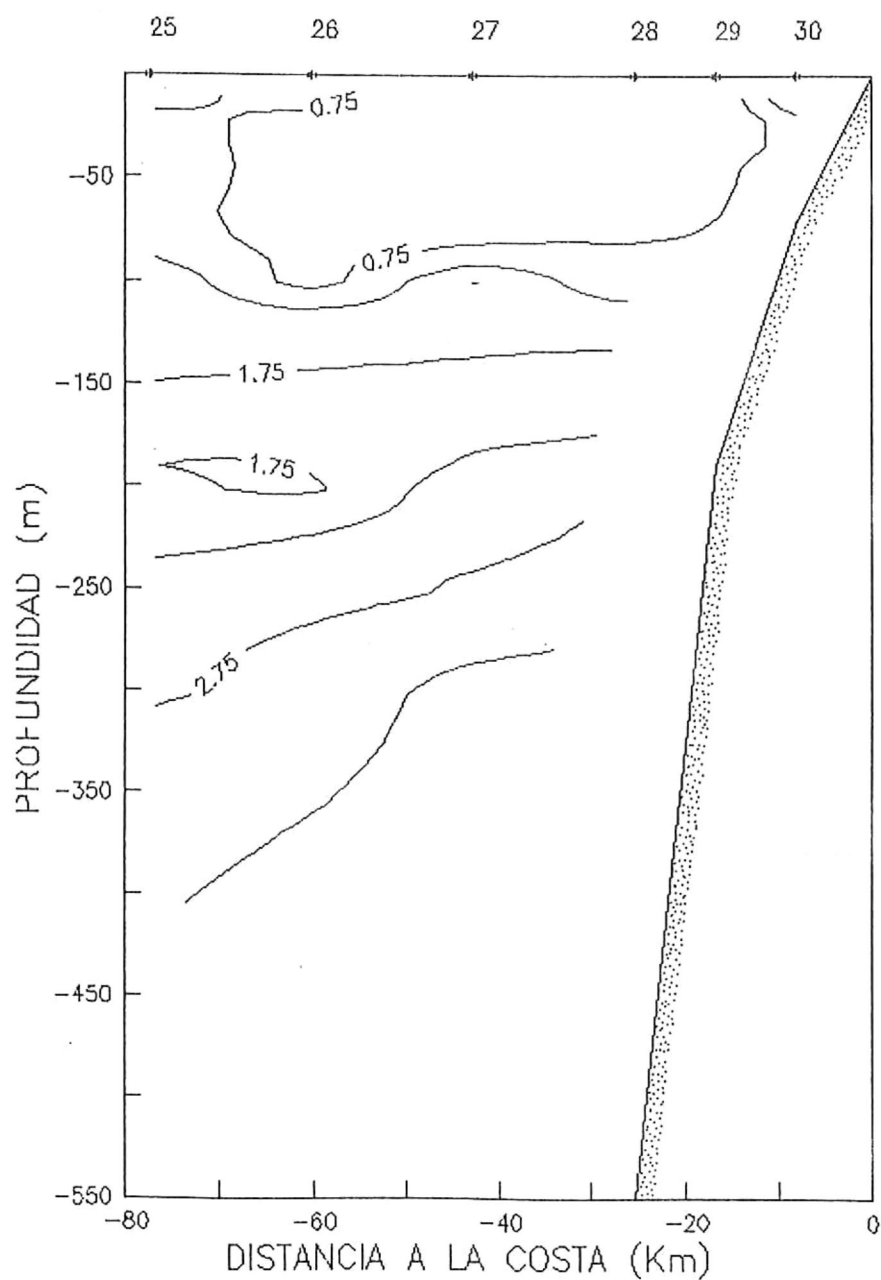


Figura 24. Distribución vertical de fosfatos (μM) de 1 a 500 db. Transecto V, estaciones 25 - 30.

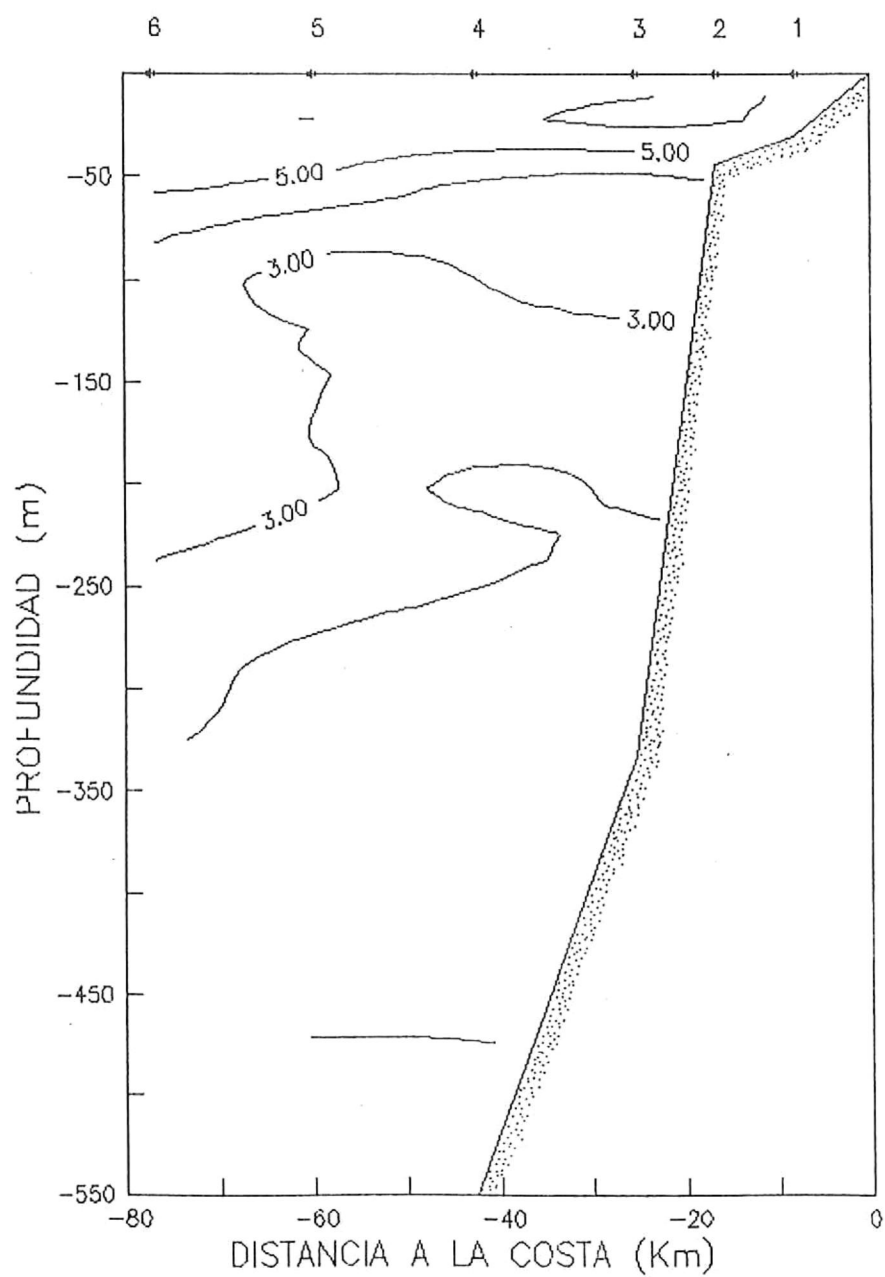


Figura 25. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml l^{-1}) de 1 a 500 db. Transecto I estaciones 1 - 6.

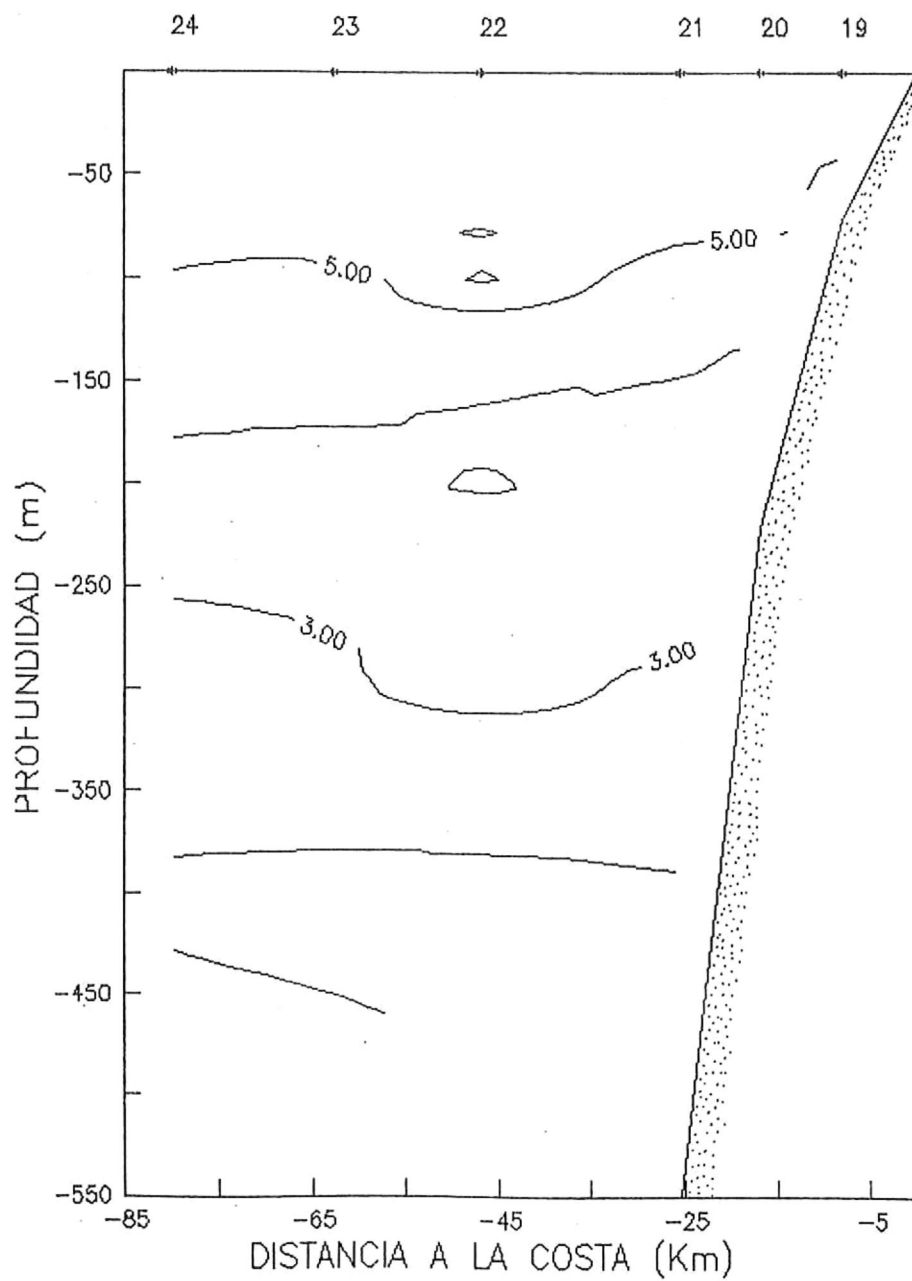


Figura 26. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml l^{-1}) de 1 a 500 db. Transecto IV, estaciones 19 - 24.

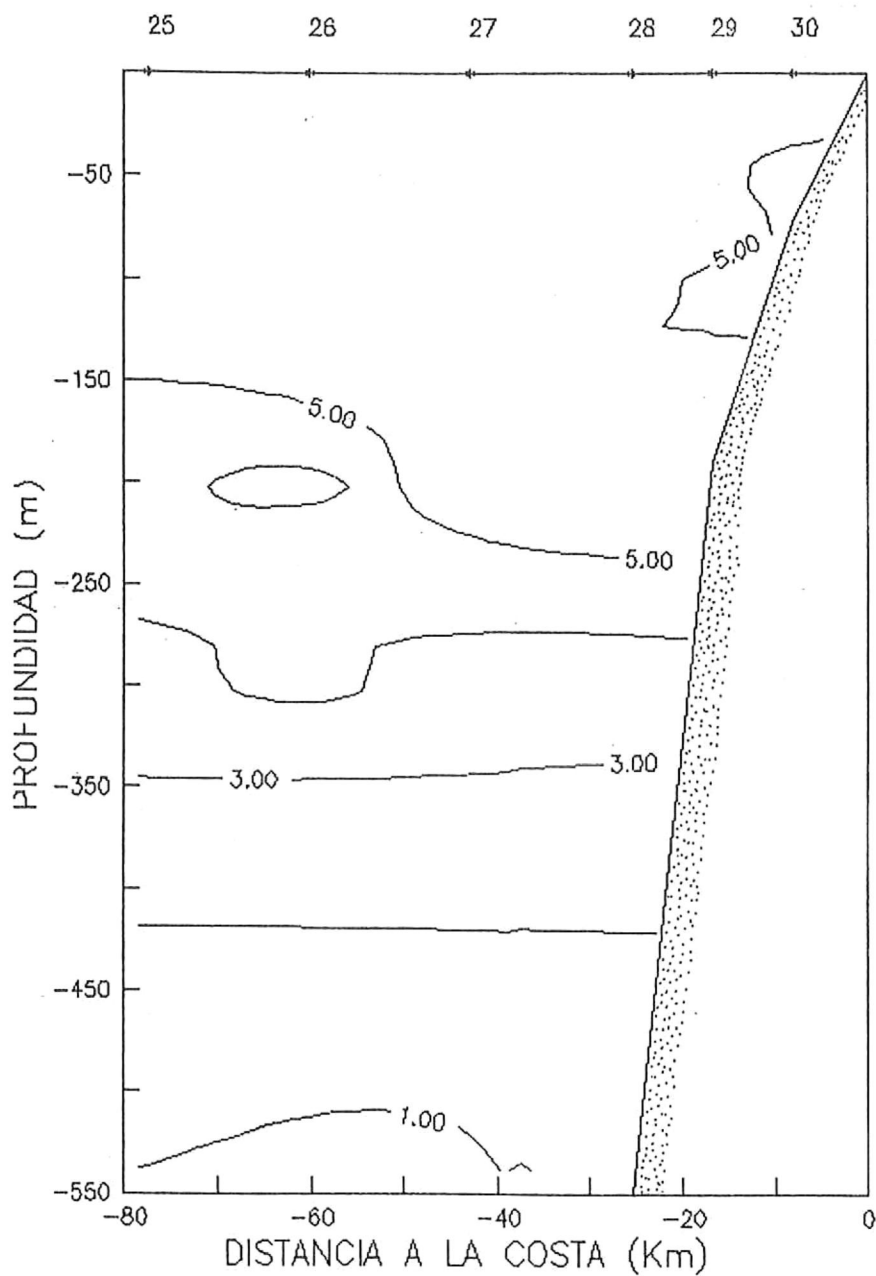


Figura 27. Distribución vertical de oxígeno disuelto (ml l^{-1}) de 1 a 500 db. Transecto V, estaciones 25 - 30.

presentó un intervalo de $5.0 - 5.8 \text{ mll}^{-1}$ una profundidad máxima de 200 db en las estaciones 27 y 29, entre las estaciones 25 y 27 su profundidad fué de 150 db en promedio, las isooxas de 2.0 y 3.0 mll^{-1} estuvieron debilmente estratificadas y la isooxa de 1.0 mll^{-1} se situó a los 500 db.

La distribución vertical de clorofila a en el transecto I (Fig. 28) presentó un núcleo de $\sim 3.10 \text{ mgm}^{-3}$ en la estación 4, y en toda la columna de agua por abajo de los 50 db la clorofila a tuvo valores menores a 0.10 mgm^{-3} . La distribución de la clorofila a del transecto IV (Fig. 29); se observó una pequeña zona superficial cerca de la costa con valores de 0.30 a 0.70 mgm^{-3} entre la superficie y los 50 db, con un máximo de 0.70 mgm^{-3} a 25 db. En el transecto V (Fig. 30) la clorofila a alcanzó un valor en la superficie de 1.0 mgm^{-3} en la estación 30, disminuyendo superficialmente hacia la estación 29 y hacia una profundidad de 75 db en la estación 28. Entre las estaciones 25 y 27 a 100 db se centró una zona de 0.20 mgm^{-3} que penetró de oeste a este y entre los 10 y 50 db se observó una pequeño filamento de valores menores a 0.10 mg m^{-3} .

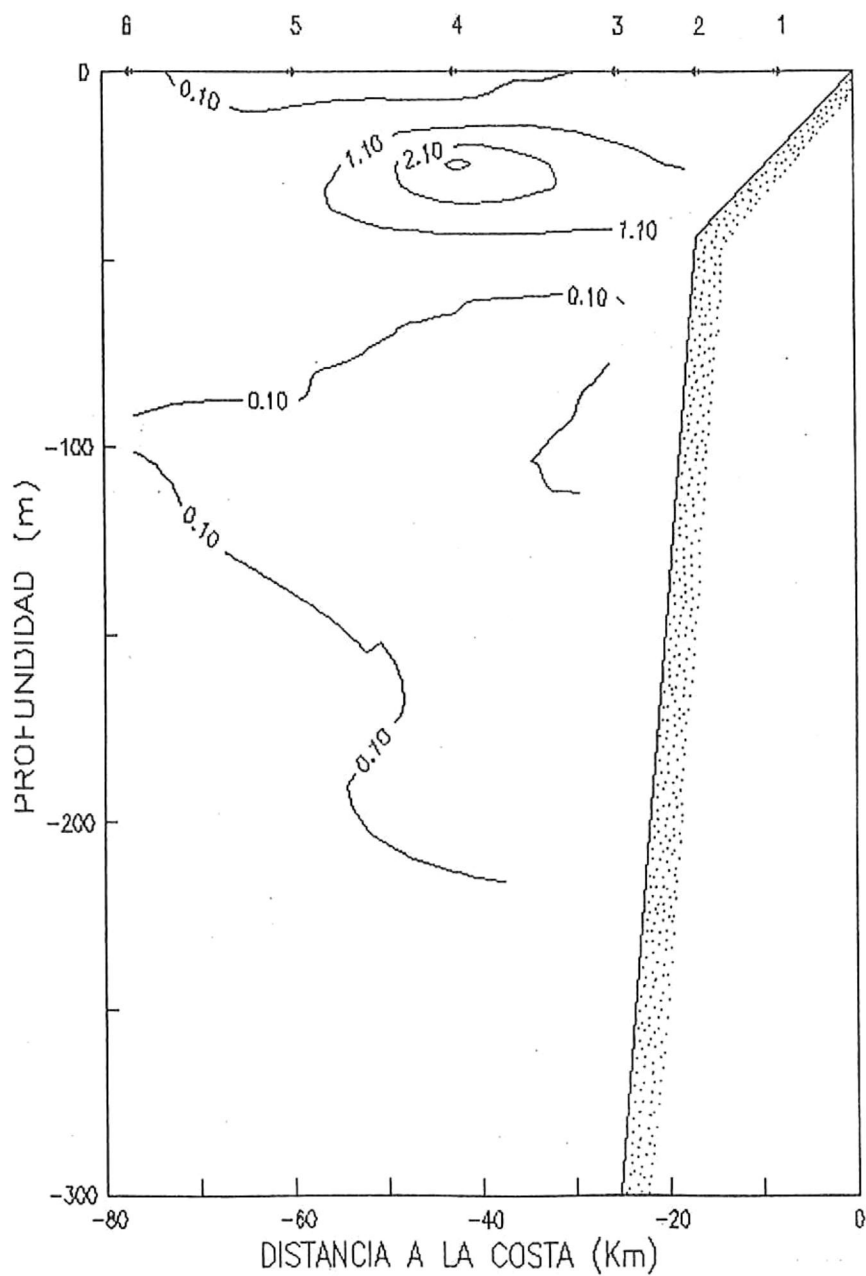


Figura 28. Distribución vertical de clorofila *a* (mgm^{-3}) de 1 a 300 db. Transecto I, estaciones 1 - 6.

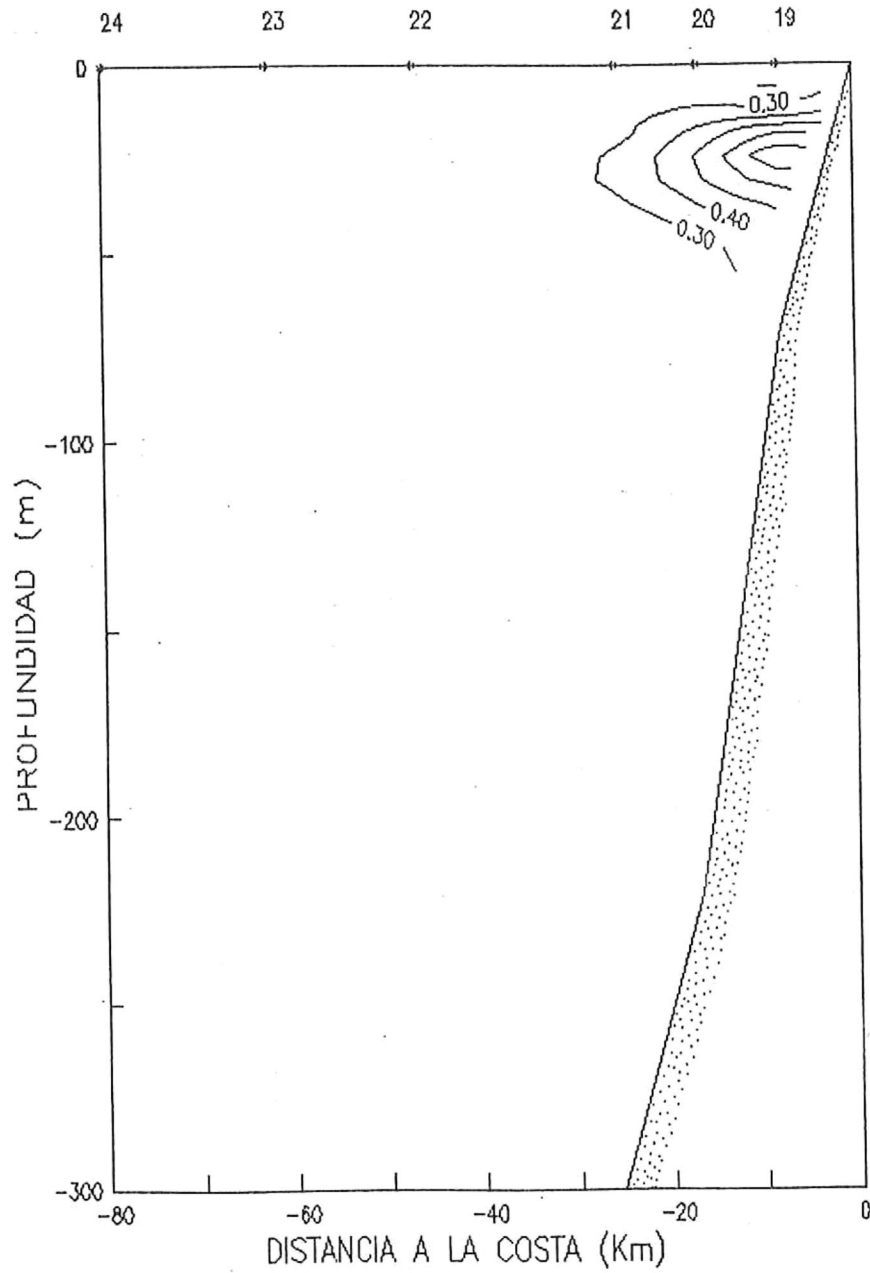


Figura 29. Distribución vertical de clorofila *a* (mgm^{-3}) de 1 a 300 db. Transecto IV, estaciones 19 - 24.

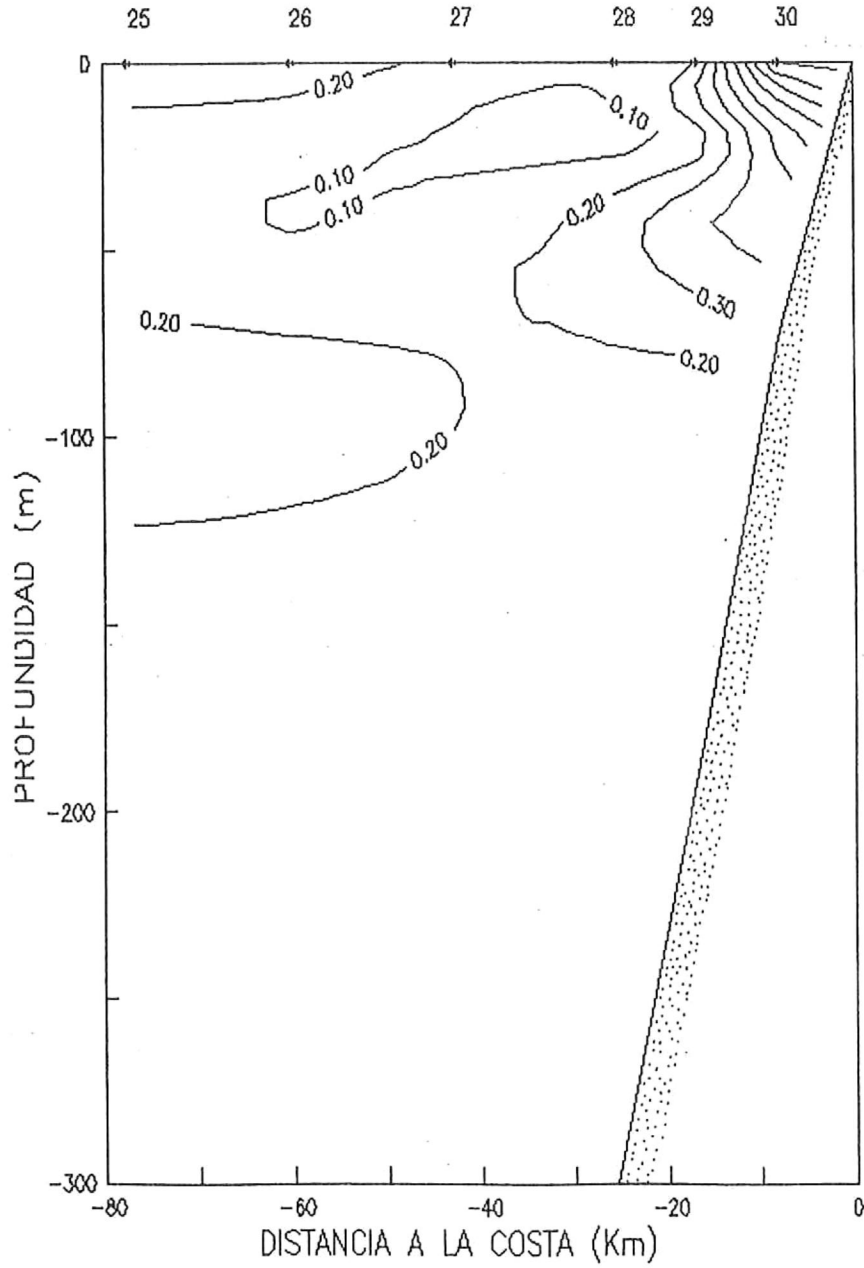


Figura 30. Distribución vertical de clorofila *a* (mgm^{-3}) de 1 a 300 db. Transecto V, estaciones 25 - 30.

Distribución superficial de temperatura por sensor remoto.

La imagen de satélite (Fig. 31) permitió observar la distribución de aguas cálidas $> 17.5^{\circ}\text{C}$ (coloración verde-amarillo) cerca de la costa en Punta Banda que ampliaron su distribución hacia el norte. Entre los 32° y 33°N , 118°W se observó la intrusión de aguas frías $< 17.5^{\circ}\text{C}$ (coloración azul), a igual longitud pero en los 31°N se presentó otra intrusión y cerca de la costa se observó la distribución de aguas frías al norte de Punta Colonet, mientras que al sur las aguas frías se distribuyeron más ampliamente.

DISCUSIONES

En promedio la distribución vertical de temperatura mostró una termoclina superficial a 10 db de profundidad que puede deberse a una mayor radiación solar (Sverdrup et al., 1942) y una termoclina más profunda entre los 50 y 100 db. La primera mencionada puede considerarse la termoclina estacional y la segunda la termoclina permanente como lo mencionan Gomez-Valdéz, (1983) quien hizo un estudio anual. El hundimiento de las isotermas sugirió la presencia de un contraflujo por debajo de la termoclina permanente y hacia el polo, el cual se identificó como la Contracorriente

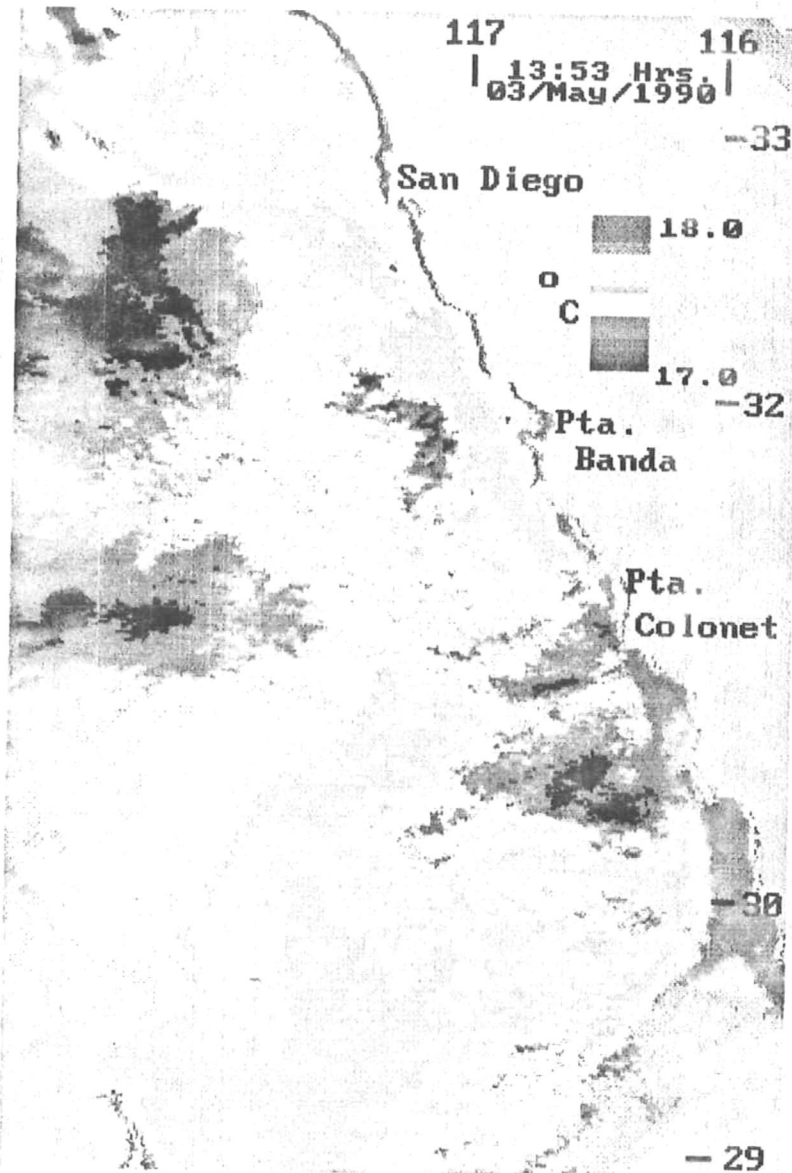


Figura 31. Imagen de satélite de la Corriente de California entre Isla Santa Catalina e Isla Guadalupe derivada del satélite NOAA-11 para el 3 de mayo de 1990 con un AVHRR-HRPT. Los tonos azules corresponden a aguas relativamente frías y los tonos verde-rojos a aguas cálidas.

Subsuperficial de California (Reid, 1963; Wooster et al., 1970; Chávez-García, 1975; Wickman, 1975; Barton et al., 1980).

La distribución vertical de salinidad presentó un comportamiento semejante a la temperatura, con un ascenso de las isohalinas de 33.60 y 33.80 o/oo entre los 75 y 150 db aproximadamente, las cuales puede utilizarse como indicadores de la haloclina permanente (Gómez-Valdéz, 1983); la haloclina estacional no fué fácil de identificarse pues mostró un intervalo salino muy pequeño, aunque si se observó una estructura estacional gobernada básicamente por el régimen de flujo (González-Morales et al., 1991) que se distingue por arriba de un mínimo de salinidad < 33.40 o/oo centrado entre los 50 y 100 db, el cual identifica a la Corriente de California en el área de estudio (Sverdrup et al., 1942; Wyllie, 1960; Kin'dyushev, 1970; Niiler et al., 1989).

En la capa superficial se presentó la estructura I, que coincidió con los valores T-S promedio y distribución vertical propuestos por Kin'dyushev (1970) que identificaron a la masa de agua Tropical Superficial del Pacífico Este; estas aguas tropicales penetran por la región sur de la Corriente de California entre los 23° y 29° N fluyendo conjuntamente con la Corriente Norecuatorial, extendiéndose superficialmente más al norte y confinándose entre la

Corriente de California al oeste y la Península de Baja California al este; adoptando el nombre de Contracorriente del Sur de California, dicho flujo ha sido detectado por diferentes autores durante la mayor parte del año (Sverdrup et al., 1941; Schwartzlose, 1963; Wooster et al., 1970; Hickey, 1979; Magaña-Cervantes, 1992); sin embargo dichas características pueden no identificar a dicha masa de agua, pues al ser aguas superficiales están sujetas a calentamiento y evaporación, y coincidir por casualidad con las características de la masa de agua anteriormente citada (Castro-Valdéz, 1994 comunicación personal).

En la capa intermedia se observó la presencia de dos estructuras. La estructura II presentó características cercanas a los valores T-S promedio y distribución vertical descritos por Kin'dyushev (1970) para la identificación de la masa de agua Californiana del Sur. De acuerdo con la descripción del mismo autor, esta masa de agua fluye hacia el sureste; sin embargo en la región central de la Corriente de California las características termohalinas de dicha masa de agua se modifican debido principalmente a la mezcla con aguas de origen ecuatorial a profundidades intermedias (Tibby, 1941; Sverdrup et al., 1942; Wooster et al., 1963). La estructura III presentó características termohalinas promedio propias de las aguas transportadas por la Contracorriente Subsuperficial, distribuida verticalmente

entre los 100 y 600 db de profundidad y que se centran alrededor de la isopícnica de 25.70. Estas aguas tienen su origen en regiones ecuatoriales y se introducen subsuperficialmente en la región de la Corriente de California transportadas por la Corriente Norecuatorial (Reid, 1962; Wooster et al., 1970; Wickman, 1975; Barton et al., 1980; Torres-Moye et al., 1986).

En la capa profunda se presentó la estructura IV, la cual mostró una ligera bifurcación, diferenciándose dos subgrupos IV a-b. La estructura IV es un tipo de agua característico de la región sur de California y norte de Baja California identificada como Agua Californiana Intermedia por Fleming et al., (1936). Posteriormente esta Agua Intermedia fue re-identificada por Sverdrup et al., (1941) subdividiéndola en el tipo Californiana Intermedia del Sur (IVa), de la cual suponen su formación es al sur de los 32°N y que por su temperatura y salinidad ligeramente más altas tiene mayor afinidad con las aguas ecuatoriales y el tipo Californiana Intermedia del Norte (IVb) de la que infieren su formación al norte de los 35°N y tiene afinidad por su baja temperatura y menor salinidad con aguas de origen Subártico Intermedio.

De acuerdo con lo anterior las estructuras IVa y IVb se pueden describir adecuadamente como: 1) la estructura IVa

puede ser el origen de la formación del tipo de agua Californiana Intermedia del Sur, que por su distribución geográfica tiene aún, una alta influencia de aguas ecuatoriales y 2) la estructura IVb en la cual la presencia de aguas ecuatoriales es menor a la estructura IVa, puede ser una intrusión bastante fuerte del tipo de agua Californiana Intermedia del Norte que se distribuye preferentemente en un régimen oceánico y circula al sur acarreada por la Corriente de California, teniendo una mayor influencia en la región durante primavera-verano (Sverdrup et al., 1941; Sverdrup et al., 1942).

Los tipos de agua Californiana Intermedia del Sur y Norte arriban a la región del Sur de California 32° a 35° N desde el Sureste y Noroeste respectivamente y es aquí donde se encuentran bien definidas.

Distribución espacial de temperatura.

La distribución espacial de temperatura superficial mostró una alta variabilidad en el área de estudio debido a los diferentes procesos observados durante el estudio. Superficialmente se pudieron distinguir temperaturas bajas cerca de la costa en la porción sur, mientras en la porción norte las bajas temperaturas se localizaron alejadas de la costa. Por otra parte las temperaturas altas que cruzan el área de estudio de Suroeste a Noreste permitieron observar

a la Contracorriente del Sur de California, la cual está confinada entre las aguas frías de la Corriente de California y la península de Baja California (Sverdrup et al., 1941; Schwartzlose, 1963).

Distribución vertical de σ_t (densidad).

La distribución vertical de σ_t del transecto IV presentó un comportamiento semejante a la temperatura y salinidad en el mismo transecto; adoptando la isopícnica de 24.80 una forma de onda que sugiere una dirección de movimiento hacia fuera de la costa, lo cual indica que se está realizando un transporte de las aguas superficiales y es un indicador de los procesos previos a un evento de surgencia (Sverdrup, 1937). En el transecto V se observó el ascenso de la banda de $25.00 < \sigma_t < 25.40$ de los 100 a los 30 db de profundidad aproximadamente entre las estaciones 26 y 30, lo que concuerda con lo descrito para el área de Punta Colonet por Barton et al., (1980) y el hundimiento de las isopícnas está relacionado con la presencia de la Contracorriente Subsuperficial que se centra en la banda de $26.40 < \sigma_t < 26.60$ (Wooster et al., 1970).

Distribución vertical de fosfatos, oxígeno disuelto y clorofila a.

Por otra parte, el ascenso de las isolíneas de fosfatos entre 0.75 y 1.50 μM en los transectos IV y V indicaron la ocurrencia de un evento de surgencia en ambas localidades; las concentraciones mayores de 2.0 μM que se observaron por debajo de los 100 y 150 db respectivamente; y el ascenso de estas isolíneas se asocia a la presencia de la Contracorriente Subsuperficial, coincidiendo con lo descrito por Torres-Moye et al., (1986) y González-Morales et al., (1991).

Los valores de oxígeno disuelto de 4.0 y 5.0 ml^{-1} en el transecto IV indican un evento de surgencia; valores de 4.5 ml^{-1} han sido relacionados con surgencias costeras en el área de Punta Colonet y Punta Banda (Torres-Moye et al., 1986; Gómez-Valdéz, 1983). En el transecto V se presentó el hundimiento de la isooxa de 5.0 ml^{-1} hasta los 200 db, este máximo subsuperficial puede ser causado por los movimientos generados por surgencia o por mezcla de marea (Torres-Moye et al., 1986; Stefansson et al., 1964; Mooers et al., 1980).

El transecto V describe la combinación de dos diferentes tipos de frentes costeros; el primero es un Frente normal de capa superficial que genera la surgencia y el segundo

un Frente invertido de capa profunda que se genera por procesos de marea sobre la plataforma continental. (Mooers et al., (1978).

En los transectos IV y V el máximo subsuperficial de clorofila a pudo atribuirse probablemente a procesos fisiológicos de aclimatación de fitoplancton a la intensidad de luz, donde el fitoplancton incrementa el número de pigmentos por célula (Falkowski et al., 1991). En el transecto I el máximo de clorofila a que se observa en la superficie puede deberse a la estratificación de la columna de agua, que permite una mejor penetración de la luz y al aporte de nutrientes de las capas subsuperficiales, lo que es aprovechado por el fitoplancton dando como respuesta dicho máximo (Schofield et al., 1993; Haury et al., 1993).

En la imagen de satélite la temperatura superficial que penetra en el área de estudio por el Noroeste (Fig. 31) fué de 17.0°C en promedio, mientras las aguas que cruzaron el área hacia el Noreste son ligeramente mayores a 17.5°C; esto sugiere que las aguas superficiales que penetraron desde el Noroeste incrementaron su temperatura en 1°C conforme pasaron por la región, debido a mezcla con las aguas aledañas y por calentamiento superficial, es por eso que en la parte media del área de estudio las coloraciones

azules se retiran de la costa y reaparecen nuevamente en el sur por la intrusión de aguas frías y la presencia de la surgencia costera en Punta Colonet (Haury et al., 1993).

Niiler et al., (1989) observó un mínimo de salinidad somero, extendiéndose hacia el sur entre los 50 y 100 db, confirmando la intrusión y subducción de aguas de baja salinidad provenientes del noroeste, lo que corrobora la intrusión de la lengua de baja salinidad que se observó en los transectos. La subducción de aguas de baja salinidad < 33.40 o/oo y frías 11 - 13°C en el frente; presentó discontinuidades entre los 31.5° y 32°N, frente a Ensenada como lo menciona Haury et al. (1993).

De acuerdo a las características del transecto I y a la ayuda de la imagen de satélite, se pudo observar la presencia del Frente Subtropical del Pacífico Este, mejor conocido como Frente de Ensenada (Legeckis, 1978; Pelaez et al., 1986; Haury et al., 1993).

CONCLUSIONES

Las masas de agua Tropical Superficial del Este, Californiana del Sur, Contracorriente Subsuperficial y los tipos de agua Californiana Intermedia del Sur y Norte son características de la región. En base a la bibliografía consultada se puede presumir que las masas y tipos de agua

reportados en el presente trabajo tienen su origen en las regiones Subártica y Ecuatorial; quedando de ésta forma cumplido el primer objetivo planteado.

El segundo objetivo se cumplió al observar el fenómeno de surgencia y aunado a este una conjugación de frentes costeros en una época del año en que los vientos son favorables para su ocurrencia, observándose una intensificación de la surgencia de norte a sur, verificándose esto con la imagen de satélite.

Se observó la presencia del Frente Subtropical de Pacífico Este o Frente de Ensenada, en una época factible de encontrarse y se detectó fácilmente mediante la imagen de satélite.

LITERATURA CITADA

- Bakun, A. 1973. Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946 -1971. NOAA. Rept. NMFS SSRF-671, 133 pp.
- Barton, E.D. and M.L. Argote-Espinoza. 1980. Hydrographic Variability in a Upwelling area off Northern Baja California in june 1976. Jour. Marine Researh. Vol. 38, No. 4. 631-649.
- Chavez-Garcia, M.C. 1975. Algunas Condiciones de Surgencias durante la Primavera de 1974 para el área adyacente a Punta Banda, B.C. U.A.B.C., Escuela Superior de Ciencias Marinas. Tesis Profesional. 73 pp.
- Cushing, D.H. 1975. Marine Ecology and Fisheries. Cambridge University Press. 278 pp.
- Defant, A. 1961. Physical Oceanography. Pergamon Press Ltd., New York, 729 pp.
- Falkowski, P.G. and J. LaRoche. 1991. Acclimatation to Spectral Irradiance in Algae. J. Phycol.. 27(8):8-14.
- Fleming, R.H., Moberg, E.G. and R.R.D. Revelle. 1936. The Wates Masses of the North Pacific. Assoc. Oceanog. Phys., Proc.-Verb., No. 2. 106-107.

- García-Córdova, J. 1983. Variaciones Hidrográficas y eventos de Surgencias frente a Punta Colonet, B.C. en junio de 1980. U.A.B.C. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Tesis Profesional. 116 pp.
- Gill, A.E. 1982. Atmosphere-Ocean Dynamics. Academic Press. New York, 599-603 pp.
- Gómez-Valdez, J. 1983. Estructura Hidrográfica Promedio frente a Baja California. Ciencia Marinas. Vol. 9, No.2. 75-86.
- González-Morales A.T. y G. Gaxiola-Castro. 1991. Variación día a día de características Físico-químicas, Biomasa y Productividad Primaria del Fitoplancton en una zona de Surgencia Costera de Baja California. Ciencias Marinas. Vol 17, No. 3. 21-37.
- Gross, G.M. 1971. Oceanography. Merryl Physical Science Series. C.E. Merryl Publishing Company, Columbus, Ohio. 150 pp.
- Haury, L.R., E.L. Vernick, C.L. Fey, J.A. McGowan and P.P. Niiler. 1993. The Ensenada Front: July 1985. CalCOFI Rept. Vol. 34. 69-88.
- Helland-Hansen, B. 1916. Nogen Hydrografisker Metoder. Skand. Naturforsker Mote, Kristiana (Oslo), 1916.
- Hickey, B.M. 1979. The California Current System-Hypotheses and Facts. Progress in Oceanogr., Vol. 8, No. 4. 191-279.

- Kin'dyushev, V.I. 1970. Seasonal Variations of Water Masses in the California Region of the Pacific Ocean. *Oceanol.*, Vol. 10, No. 4. 456-464.
- Kolitz, B.L. 1971. Descriptive Physical Oceanography in the Monterey Bay Region during the 1971 Upwelling Season. Report, University of Miami, Miami, Florida. 39 pp.
- Legeckis, R. 1978. A Survey of the World wide sea Surface Temperature Fronts detected by environmental Satellites. *Jour. Geophys. Res.* 83:4501-4522.
- Magaña-Cervantes, C. 1992. Variación Espacial de Parámetros indicadores de Surgencias en la Costa Noroccidental de Baja California. U.A.B.C. Facultad de Ciencias Marinas. Tesis Profesional. 103 pp.
- Mann, K.H. and J.R.N. Lazier. 1991. Dynamics of Marine Ecosystems. Biological - Physical Interactions in the Oceans. Blackwell Scientific Publications, Inc. Cambridge Massachusetts. 466 pp.
- Mooers, C.N.K., Flagg C.N. and Boicourt W.C. 1980. Prograde and Retrograde Fronts. Pp 43 - 58. In M.J. Bowman and W.E. Esaias (Eds) *Oceanic Fronts in coastal Processes*. Springer Verlag - Berlin.
- Munk, W.H. 1950. On the Wind-driven Ocean Circulation. *Jour. Meteorology*. Vol. 7. 79-93.
- Neshiva, S. 1987. *Oceanography. Perspectives on a Fluid Earth*. John Wiley & Sons. N.Y. New York. 151:167 pp.

- Niiler, P.P., P.M. Poulain and L.R. Haury. 1989. Synoptic Three-dimensional circulation in an offshore-flowing filament of the California Current. *Deep-sea Res.* Vol. 36. 385-405.
- Palacios-Hernández, E. y E. Millán Nuñez. 1991. Identificación de Masas de Agua y Aspectos Hidrológicos en la costa Noroccidental de Baja California, durante noviembre de 1989. *Oceanografía Técnica y Ciencia OTyC*, 1(2): 6-13.
- Pelaez, J. and J.A. McGowan. 1986. Phytoplankton Pigment in the California Current as determined by Satellite. *Limnol. Oceanogr.* Vol. 31. 927-950.
- Reid Jr, J.L. 1962. Measurements of the California Countercurrent at depth of 250 meters. *Jour. Marine Research.* Vol. 20, No. 2. 134-137.
- Reid Jr, J.L. 1963. Measurements of the California Countercurrent off Baja California. *Journal of Geophysical Research.* Vol. 68, No.16. 4819-4822.
- Reid Jr, J.L., R.A. Schwartzlose and D.M. Brown. 1963. Direct Measurements of a Small Surface Eddy Off Northern Baja California. *Jour. Marine Research.* Vol. 21. 205-218.
- Roden, G.I. 1972. Large-scale Upwelling off Northwestern Mexico. *Jour. Physical Oceanography.* Vol. 2, No. 2. 184-189.

- Schofield, O., B.B. Prézelin, R.R. Bidigare and R.C. Smith. 1993. In situ Photosynthetic quantum yield. Correspondence to hydrographic and optical variability within the Southern California Bight. Marine Ecology Progress Series. Vol. 93, 25-37.
- Schwartzlose, R.A. 1963. Nearshore Currents of the Western United States and Baja California as Measured by Drift Bottles. CalCOFI Rept., Vol. 2. 15-22.
- Skogsberg, T. 1936. Hydrography of Monterey Bay, California. Thermal Conditions, 1929-1933. Trans. Am. Philos. Soc., XXIX, 1-152.
- Stefansson, U. and E.A. Richards. 1964. Distribution of Dissolved Oxygen, Density and Nutrients off Washington and Oregon Coast. Deep Sea Research. Vol. 2, No. 3. 355-381.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fisheries Res. Board Can. Bull. 49-52.
- Sverdrup, H.V. 1937. On the Process of Upwelling. Jour. Marine Research. Vol. 1, No. 1. 155-164.
- Sverdrup, H.V. and R.H. Fleming. 1941. The Waters off the Coast of Southern California, March to July 1937. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., University of California, La Jolla, California. Vol. 4. 261-378.

- Sverdrup, H.V., M.W. Johnson And R.H. Fleming. 1942. The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology. Prentice-Hall, Inc. New York. 1087 pp.
- Thompson, J.D. 1978. Role of Mixing in the Dynamics of Upwelling Systems, pp 203-222. In: R. Boje and M. Tomczak (Eds) Upwelling Ecosystems. Springer - Verlag, Berlin.
- Tibby, R.B. 1941. The Water Masses of the West Coast of North America. Jour. Marine Research. Vol. 4, No. 2. 112-121.
- Torres-Moye, G. 1982. Algunas propiedades Químicas indicadoras de Eventos de Surgencias costeras y de la Contracorriente de California en un área cercana a Punta Colonet, B.C. U.A.B.C. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Tesis Profesional. 73 pp.
- Torres-Moye, G. y M. de J. Acosta-Ruiz. 1986. Algunas propiedades Químicas indicadoras de eventos de Surgencias costeras y de la Contracorriente Subsuperficial en un área cercana a Punta Colonet, B.C. Ciencias Marinas. Vol. 12, No. 3. 10-25.
- Tsuchiye, M. 1975. Clifornia Undercurrent in the Southern California Bight. CalCOFI Rept. Vol. 18. 155-158.
- Velez-Muñoz, H.S. 1981. Análisis Cuantitativo de la Variabilidad Estacional y Espacial de las Masas de Agua

- de 0 a 500 metros en la Región de la Corriente de California. U.A.B.C. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Tesis Profesional. 131 pp.
- Wickman, J.B. 1975. Observations of the California Countercurrent. Jour. Marine Research. Vol. 33, No. 3. 325-340.
- Wooster, W.S. and Reid Jr, J.L. 1963. Eastern Boundary currents. in The Sea, (ed) M.N. Hill. Vol. 2. 253-280.
- Wooster, W.S. and J.H. Jones. 1970. California Undercurrent off Northern Baja California. Jour. Marine Research. Vol. 28, No. 2. 253-260.
- Wyllie, J.G.. 1960. The Water Masses of the Sebastian Vizcaino Bay. CALCOFI Rep., 8 (1 july 1959 - 30 june 1960): 83-92. [Contrib. Scripps Inst. Oceanogr. 1357, pp. 907-917.]