



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ZARAGOZA

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS  
DE UNA ZONA DE SURGENCIA:  
GOLFO DE TEHUANTEPEC, PACIFICO MEXICANO.

**T E S I S**

QUE PRESENTAN:

**MIGUEL MARTINEZ LARA**

**IGNACIO VIVAR CONTRERAS**

PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

DIRECTOR DE TESIS :

**DR. FELIPE VAZQUEZ GUTIERREZ**



MEXICO, D. F.

1993.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	6
OBJETIVOS	9
DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	10
METODOLOGIA	16
RESULTADOS	21
ANALISIS DE RESULTADOS	26
CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFIA	49
APENDICE I. Isolíneas verticales	
APENDICE II. Isolíneas horizontales	
APENDICE III. Termoclinas	

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo la finalidad de describir la zona del Golfo de Tehuantepec que presenta características fisiográficas muy particulares, lo que ocasiona fenómenos muy interesantes como la presencia de fuertes vientos denominados "Tehuano" que se desarrollan principalmente durante los meses de octubre a marzo y que originan una zona de surgencia muy marcada.

Esta área fue estudiada durante dos campañas oceanográficas denominadas SALCRU 90-I (agosto de 1990) y SALCRU 90-II (noviembre de 1990) a bordo del buque oceanográfico "EL PUMA".

Se encontró la presencia de una termoclina somera aproximadamente a los 50 m de profundidad.

Los valores de salinidad fueron menores al promedio del agua de mar principalmente para SALCRU 90-I.

El pH fue menor a los reportados para el agua de mar.

Para la campaña SALCRU 90-II a nivel superficial las concentraciones de oxígeno disuelto se encontraron cercanas al nivel de saturación, a 50 m de profundidad se da una considerable disminución para ambas campañas.

En cuanto a los nutrientes se encontraron altas concentraciones de éstos a nivel superficial, lo que indica que el fenómeno de surgencia es permanente, además el área de máxima surgencia se localiza de Huatulco a Salina Cruz, Oaxaca.

El nutriente que resultó ser el factor limitante de la productividad para ambas campañas fue el fósforo.

## INTRODUCCION

En la actualidad, el océano representa para la humanidad la mayor fuente de recursos naturales sobre el planeta; entendiéndose por recursos naturales todos los materiales químicos, componentes geológicos, suelo, agua, seres vivos, asociaciones biológicas y poblaciones humanas que forman parte de la naturaleza y que brindan al hombre posibilidades de vida y bienestar, y que son fundamentales para establecer la riqueza de la economía de los países (Cifuentes, 1988).

A fines del siglo pasado, como consecuencia del aumento de la población humana y del desarrollo industrial, los recursos terrestres empezaron a disminuir y algunos se agotaron, por lo que, la humanidad se vio obligada a buscar nuevas fuentes de ellos pensando, en el océano como una alternativa viable, ya que, por ese tiempo se consideró como una reserva ilimitada con posibilidades de aprovechamiento.

La circulación del agua de mar es la propiedad física básica que se presenta en el océano, por lo que se han utilizado diversas técnicas para su estudio. De esta característica se derivan todas las demás propiedades físicas del mar y, a su vez, la circulación es el resultado de la interacción de ellas (Cifuentes, op cit).

De manera general, se puede decir que las corrientes oceánicas se producen por que el agua caliente del ecuador, que es más ligera, fluye hacia los polos por la superficie del mar, al llegar a éstos desciende, se enfría y regresa hacia el ecuador por el fondo, asciende muy lentamente en las regiones tropicales, para iniciar el ciclo nuevamente (Cifuentes, opus cit).

La circulación del agua no es tan sencilla como se describió anteriormente, debido a que la complica el movimiento de los vientos. Los persistentes alisios empujan el agua caliente de la superficie hacia el oeste, a lo largo del ecuador en los océanos, hasta que esta agua encuentra tierra y se desvía hacia el norte y el sur, formandose varias corrientes marinas; por su gran caudal se han hecho famosas dos de ellas: la corriente del golfo y la del este de Australia.

El Golfo de Tehuantepec se caracteriza por la presencia de intensivos vientos provenientes del norte conocidos como "Tehuarnos" (de septiembre a marzo), los cuales provocan áreas de surgencia frente a las costas de Oaxaca y Chiapas. Para comprender la importancia de los nortes en el Golfo de Tehuantepec, hay que mencionar que la mayor parte de la zona tropical de los océanos, especialmente lejos de las costas, es de muy baja productividad biológica debido a la estructura física de sus aguas. Los primeros 20, hasta 30 metros bajo la superficie del mar tienen una temperatura más o menos homogénea de 25 a 30°C, bajo esta "capa superficial mezclada" existe una zona llamada "termoclina" donde

la temperatura disminuye rápidamente con la profundidad (Lavín et al., 1992).

Los nortes del Istmo de Tehuantepec resultan de una combinación de condiciones meteorológicas de gran escala y características topográficas locales. En el invierno se forman sobre Alaska y el noroeste de Canadá centros de alta presión atmosférica llamados "anticiclones polares", los cuales se desplazan hacia el sureste, y algunos llegan hasta el Golfo de México y la Bahía de Campeche, y se disipan en pocos días. Esta masa de aire frío continental es retenida hacia el sur y el oeste por la Sierra Madre, la cual tiene una elevación media de 2 000 m sobre el nivel del mar. Pero en la parte central del Istmo de Tehuantepec la cadena montañosa se interrumpe en la franja aproximadamente 40 km de ancho, donde la altura media de la sierra desciende abruptamente a 250 m sobre el nivel del mar. De esta manera, la orografía forma un embudo y la meteorología establece una diferencia de presión atmosférica entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec (Lavín opus cit).

Todo esto produce que el aire sea forzado violentamente hacia el sur, a través del Istmo hasta el Golfo de Tehuantepec, al salir de la costa frente a Salina Cruz el viento tiene la forma de un chorro que conforme se aleja mar adentro, disminuye su velocidad al expandirse horizontalmente y al transferir energía al océano, dando lugar a diversos fenómenos (como afloramientos y surgencias).

Algunos investigadores asocian al fenómeno de surgencia con el de las mareas rojas, estas se deben a la alta concentración de organismos del plancton denominados dinoflagelados. Tal concentración consiste básicamente en esporádicas explosiones de la población de los géneros Gymnodium brevis, Gonyaulax polyhedra y Exuvilla baltica. Así al convertirse en especies dominantes del plancton, tienen grandes extensiones marinas de rojo-anaranjado, café, ocre o amarillo (Alvarez, et al., 1979).

Estas especies secretan tóxicas que pueden terminar casi con toda manifestación de vida en grandes áreas, excepto los llamados organismos filtradores (mejillón, abulón, ostión, almeja, ostra, etc.), que van acumulando las tóxicas en el hígado aun cuando la concentración de dinoflagelados sea pequeña. De esta forma estos bivalvos y los peces contaminados resultan peligrosos y aun mortales para niveles superiores de la cadena trófica, desde crustáceos y peces, hasta aves marinas y el hombre (Kinne, 1970).



## ANTECEDENTES

El estudio de la Zona Económica Exclusiva Mexicana es objeto de gran interés para muchas disciplinas de ciencias del mar. Esto obedece a la necesidad de disponer de información básica, que ayude a la comprensión y análisis de la región en su conjunto y para el cálculo aproximado de los recursos.

La región sur del Océano Pacífico Mexicano incluyendo el Golfo de Tehuantepec, ha sido estudiado desde diversos puntos de vista, enfocados por ejemplo a la dinámica de las corrientes con la finalidad de conocer los patrones de circulación.

Uno de los trabajos fundamentales sobre el Golfo de Tehuantepec es el realizado por Roden (1961), en el cual se observa que las máximas velocidades del viento se localizan frente a Salina Cruz, Oaxaca, principalmente de octubre a abril.

También se observa que las temperaturas superficiales del mar son bajas donde las velocidades del viento son altas y también en las regiones inmediatamente adyacentes, lo que indica que existe una difusión de agua fría hacia las áreas vecinas (Roden, 1961).

Durante el invierno de 1988-1989 se realizó un experimento llamado "Tehuano", donde se observa en una serie de imágenes de

satélite la distribución de la temperatura superficial antes, durante y después de un norte de intensidad moderada ocurrido del 21 al 23 de enero de 1989.

El 21 de enero cuando el norte estaba en su apogeo, con vientos sobre el mar alrededor de 15 m/seg, la imagen infrarroja muestra un cambio notable en la temperatura superficial cuyo mínimo desciende casi  $8^{\circ}\text{C}$  respecto del día anterior. En ciertos lugares, llamados frentes térmicos, la temperatura superficial cambia de  $20^{\circ}$  a  $27^{\circ}\text{C}$  en pocos kilómetros, siendo más intensos del lado oeste que del lado este, esto se debe a que el viento en forma de chorro produce los fenómenos de convergencia del lado oeste y divergencia del lado este (Levín, op cit).

Esta área fue estudiada de igual manera durante dos campañas oceanográficas MIMAR-V (mayo, 1989) y FIQUIMBI-I (noviembre, 1989) a bordo del buque oceanográfico "EL PUMA".

Los datos obtenidos sirvieron para realizar una comparación de la zona de estudio en dos periodos de tiempo diferentes y poder corroborar la influencia de los fenómenos físicos (movimientos de las masas de agua influenciada por vientos predominantes) con la distribución de los diferentes parámetros físico-químicos.

A pesar de lo anterior se hace necesario conocer con precisión las condiciones físico-químicas de la masa de agua que de alguna manera determina el potencial biótico de la región que sirva para evaluar el impacto ocasionado por las actividades hu-

manas y de esta manera poder establecer acciones preventivas y correctivas, así como actualizar los registros de las características ambientales del área.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Describir la variación espacial y temporal de los parámetros físico-químicos en la zona de surgencia del Golfo de Tehuantepec en dos temporadas del año: la de lluvias (generalmente en calma; durante el mes de agosto) y la ventosa (época de Tehuanos; durante el mes de noviembre).

### OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Determinar las concentraciones de los nutrimentos como nitratos, nitratos, amonio, ortofosfatos y silicio.

Determinar los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto y salinidad.

Establecer la dinámica de los procesos químicos y físicos particulares del área estudiada e interpretarla en contraste con el fenómeno de surgencia y sus consecuencias sobre la biota marina.

## DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

### UBICACION GEOGRAFICA

El Golfo de Tehuantepec se localiza al sur del Istmo de Tehuantepec, situado entre Puerto Angel y la Barra del río Suchiate, delimitado por las siguientes coordenadas  $14^{\circ}10'$  y  $16^{\circ}13'$  latitud norte,  $92^{\circ}15'$  y  $92^{\circ}55'$  longitud oeste (Figura 1).

La porción litoral de este Golfo abarca la zona costera de el estado de Chiapas y el extremo occidental del estado de Oaxaca, estrechándose hacia Salina Cruz donde prácticamente desaparece. Esta planicie tiene una longitud aproximada de 360 km, una amplitud máxima de 45 km y una mínima de 12 km (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981).

### CLIMA

La región del Golfo de Tehuantepec se encuentra dentro de la zona tropical, siendo el clima por lo general húmedo con abundantes lluvias en el mes de junio y hacia finales del otoño.

A lo largo de la costa de México, la dirección de los vientos predominantes es la del noroeste, tendiendo a ser paralelos a la línea de costa; se presentan en el Golfo de Tehuantepec fuertes vientos del norte, principalmente en el invierno (Alvarez et al., 1989); llegando a alcanzar velocidades

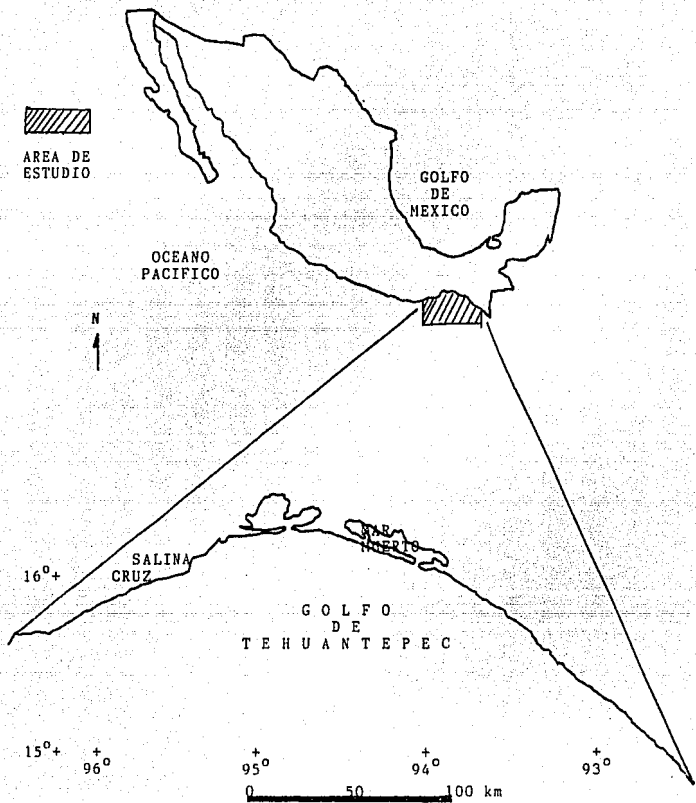


Figura 1.

de hasta 18 m/s. En los meses de septiembre a marzo se ve afectado por los vientos provenientes del norte denominados "Tehuacos" los que son originados por masas de aire polar que invaden el Golfo de México y se vierten sobre el Pacífico donde son cubiertas por masas de aire tropical, este contraste de densidades entre las dos masas de aire provoca una mayor aceleración de los vientos (Alvarez, opus cit).

Los climas que presenta la planicie costera del Golfo de Tehuantepec son los siguientes: caliente subhúmedo con lluvias en verano, presentándose el mes más caliente antes del solsticio de verano (Aw(w)ig) en Puerto Angel y Salina Cruz, Oaxaca; caliente subhúmedo con dos máximas de lluvia separados por dos estaciones secas una larga en la mitad fría del año y una corta en la mitad de la temporada lluviosa (Aw"(w)(i')g) y (Aw(w)(i')g) en la laguna Superior e Inferior; en el Mar Muerto además de estos dos climas también se presenta un clima caliente húmedo, con dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas una larga en la mitad fría del año y una corta en la mitad de la temporada lluviosa con influencia de monzón (Aw(w)"ih) volviéndose clima templado subhúmedo con lluvias en verano, en el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano (C(w)(w)(i')g) hacia la Sierra de Chiapas. La temperatura media anual varía muy poco durante el año siendo de 27 °C. (Según Köppen modificado por García, 1973).

Las estaciones en el Golfo de Tehuantepec se pueden dividir

en una seca y generalmente ventosa, de noviembre a abril y una lluviosa y usualmente en calma de mayo a octubre. Durante la primera estación una faja de vientos de alta velocidad se extiende hacia el sur desde el Istmo de Tehuantepec, con una longitud de 5 000 km, su anchura es de unos 200 km y las velocidades mayores tienen lugar en la extremidad norte del Golfo.

Las lluvias son abundantes con una mayor precipitación en el mes de junio y hacia finales del otoño, que en el resto del año, variando desde 800 y 1600 mm anuales. Las temporadas de lluvias y sequías están bien definidas, la primera se extiende de mayo a noviembre y el resto del año constituye la sequía.

## HIDROGRAFIA

De acuerdo con Tamayo (1970) y la Secretaria de Marina (1978) los ríos más importantes y caudalosos de la zona son los siguientes:

**Río Tehuantepec:** considerado uno de los más importantes que desemboca en las lagunas costeras de Tehuantepec, con un apreciable aporte de sedimentos. Nace en el occidente entre la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur, siguiendo un curso occidental por el complejo oaxaqueño. Desemboca al oriente de Salina Cruz, en la bahía de la Ventosa después de atravesar por la ciudad de Tehuantepec. El área total de la cuenca es de



10 520 km<sup>2</sup> y su escurrimiento es de 1 439 millones de m<sup>3</sup>.

**Río de los Perros o Juchitán:** nace en la Sierra Atravezada pasando por la orilla de la ciudad de Juchitán, con dirección sureste se dirige a la laguna Superior; entre este río y el río Ostuta de la Sierra Atravezada una multitud de pequeñas corrientes que son consideradas en conjunto, desaguan tanto en la laguna Superior como en la laguna Inferior. Su cuenca de captación es de 1 010 km<sup>2</sup> y su escurrimiento es de 89 millones de m<sup>3</sup>.

**Río Espiritu Santo o Chicapa:** se origina en el extremo occidental de la Sierra Madre de Chiapas a una altura de 2 200 m.s.n.m. Tiene su desembocadura al norte de la laguna Superior.

**Río Ostuta:** tiene su origen en el centro de la zona istmica colindando con el Río Coatzacoalcos y descende con dirección sur tomando posteriormente una dirección SW, perdiéndose en la ciénega o marisma llamada laguna Oriental, conectada con la laguna Inferior. Su cuenca de captación es de 1 200 km<sup>2</sup> y tiene 1 490 millones de m<sup>3</sup> de escurrimiento.

**Río Huehuetán:** nace casi en los límites de Guatemala, se dirige hacia el pueblo de Huehuetán, su cuenca es de 760 Km<sup>2</sup> y el volumen anual arrojado al mar se estima en 1 716 millones de m<sup>3</sup>.

**Río Coatán:** descende de las faldas del volcán Tacaná y pasa

al oeste de Tapachula su cuenca de captación abarca 1 080 km<sup>2</sup> dentro de México y de 360 km<sup>2</sup> en Guatemala. Se ha estimado su escurrimiento de 2 874 millones de m<sup>3</sup>.

**Río Cahuacán:** se origina al SW del volcan Tacaná, solo una insignificante área de su cuenca de captación queda dentro de Guatemala, es posible considerar los 265 km<sup>2</sup> de esta cuenca dentro de México, pasa al este de Tapachula y finalmente desemboca en la Barra de Cahuacán. Su escurrimiento es de 696 millones de m<sup>3</sup>.

**Río Suchiate:** constituye parte del límite internacional entre México y Guatemala y se dirige al SW pasando por los volcanes Tacaná y Tlajomulco, tiene una cuenca de 1 200 km<sup>2</sup> (en México 450 km<sup>2</sup>) y un escurrimiento anual de 3 040 millones de m<sup>3</sup> (el correspondiente a México es de 1 160 millones de m<sup>3</sup>).

Entre las lagunas presentes en el área de estudio, se encuentran la laguna Superior e Inferior y la del Mar Muerto siendo ésta última la más extensa pues abarca un área de 700 km<sup>2</sup> de la línea divisoria de los estados de Oaxaca y Chiapas al oeste, se encuentran numerosas corrientes provenientes de la Sierra Madre Oaxaqueña que se comunica con el océano Pacífico por medio de la Barra de Tonalá, que es una estrecha entrada de 1 600 m de ancho y de tan sólo 3.6 m de profundidad (Tamayo, 1970). Las lagunas Superior e Inferior se encuentran comunicadas por un paso es-

trecho, y solo esta última está comunicada directamente con el océano Pacífico a través de la barra de San Francisco.

## METODOLOGIA

Para la realización de este trabajo se llevaron a cabo dos campañas oceanográficas a bordo del B/O "EL PUMA". La campaña SALCRU 90-I (Salina Cruz 90-I, figura 2) se realizó del 2 al 15 de agosto de 1990 y la campaña SALCRU 90-II (Salina Cruz 90-II, figura 3) del 3 al 13 de noviembre del mismo año.

Las estaciones de muestreo se seleccionaron de acuerdo a dos campañas oceanográficas realizadas anteriormente en la zona, MIMAR-V (mayo de 1989) y FIQUINBI-I (noviembre de 1989). Se consideraron 15 transectos perpendiculares a la costa con un total de 63 estaciones (figuras 2 y 3).

Se tomaron muestras de agua con una botella tipo Niskin a profundidades estándar (Severdrup, 1942). De las botellas muestreadoras primeramente se colectó agua para la determinación de oxígeno disuelto siguiendo el método de Winkler modificado por Carrit y Carpenter (1966), el cual consiste en formar una cantidad de yodo equivalente al oxígeno presente. El yodo se determina por titulación con tiosulfato de sodio, usando almidón como indicador.

De las mismas botellas Niskin se midió aproximadamente un litro de agua en botellas de plástico, se determinó en seguida el pH mediante un potenciómetro (calibrado con dos soluciones buffer pH 9.18 y 6.86). Posteriormente se procedió a filtrar las muestras a través de un filtro millipore de 0.45  $\mu$ m.

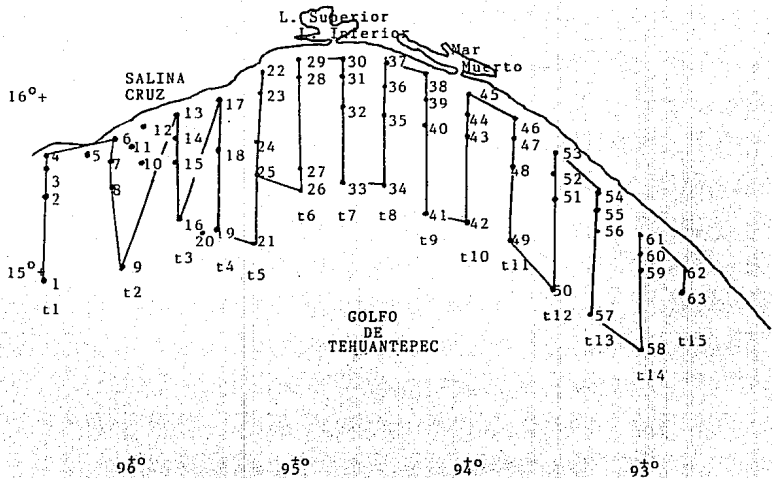


Figura 2. Campaña Oceanográfica SALCRU 90-I.

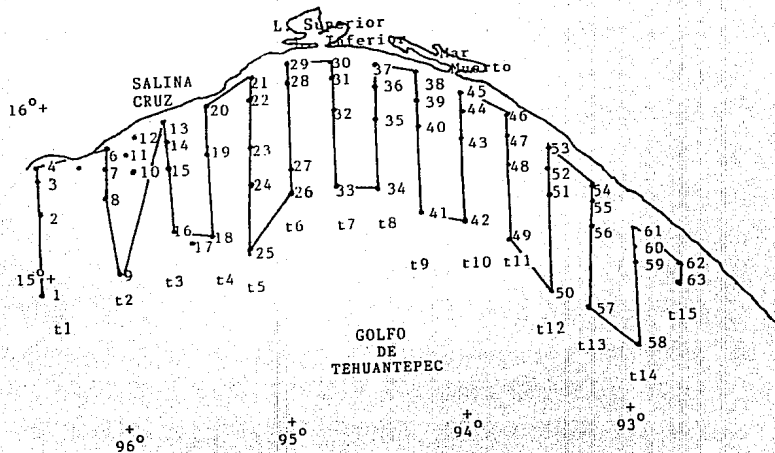


Figura 3. Campaña Oceanográfica SALCRU 90-II.

De la muestra filtrada se tomó una fracción de la misma para cada uno de los análisis de los nutrientes en el laboratorio.

Para el análisis de fósforo se le adicionó unas gotas de azida de sodio al 5% como conservador (Parsons et al., 1984).

Para el análisis de nitrógeno amoniacal se adicionó unas gotas de fenol para su preservación (Degobbis, 1973).

Para los análisis restantes de nitritos, nitratos y silicatos se mantuvieron a 4°C hasta su análisis en el laboratorio.

Se determinó la salinidad por medio de un salinómetro de inducción Guildlain Mod. 9040a, calibrado con agua de mar estándar de Copenhague, obteniéndose así los valores de relación de conductividad de los cuales se obtiene la salinidad respectiva. Dichos valores se corrigen a 15°C mediante la siguiente ecuación:

$$R_{15} = R_t + 10^{-5} R_t (R_t - 1) (t - 15^\circ\text{C}) (96.7 R_t + 37.3 R_t^2) (0.63 + 0.21 R_t^2) \\ (t - 15^\circ\text{C})$$

Finalmente las salinidades se determinan con la ecuación propuesta por la UNESCO (1984).

La temperatura y profundidad se determinó mediante un perfilador CTD (medidor de Conductividad, Temperatura y Profundidad)

Neil Brown Mark-IIIB, el cual registra 32 ciclos de mediciones de parámetros físicos por segundo.

La determinación de nutrimentos se efectuó en un autoanalizador Technicon II (Manual Technicon II) y un autoanalizador de flujo continuo FIAstar Mod. 5020 mediante técnicas colorimétricas las cuales se pueden resumir de la siguiente forma:

**NITRITOS:** Su determinación se realizó según el método descrito por Bendschneider y Robinson (1952). El ion nitrito es llevado a reaccionar con sulfanilamida en una solución ácida (pH 1.5 a 2.0), el compuesto diazo resultante reacciona con la N(-1-naftil)etilendiamina para formar un complejo azo fuertemente coloreado cuya absorbancia es leída a 543 nm (Parsons et al., 1984).

**NITRATOS:** El procedimiento ha sido tomado del método descrito por Morris y Riley (1963) con algunas modificaciones sugeridas por Grasshoff (1964) y Wood et al. (1967). Los nitratos del agua de mar son reducidos semicuantitativamente (90-95 %) a nitritos cuando la muestra es corrida a través de una columna empacada con limaduras de cadmio cubiertas con cobre coloidal. El nitrito producido es determinado como se describió anteriormente. Cualquier nitrito inicial debe ser corregido (Parsons et al., 1984).



**AMONIACO:** Su determinación se basa en un método alternativo específico para el amonio, éste es tomado por algunos autores (Riley, 1953; Emmet, 1968 y Solórzano, 1969). El agua de mar es tratada en un medio alcalino-citrato con hipoclorito y fenol en presencia de nitroprusiato de sodio, el cual actúa como catalizador. El color del azul de indofenol formado con el amonio es medido a 640 nm (Parsons, et al., opus cit).

**SILICATOS:** Para su determinación se emplea el método analítico que se basa en la formación de un heteropoliácido por tratamiento de la muestra con molibdato de amonio en solución ácida (Fanning, et al., 1973). El complejo resultante B-silicomolibdico se reduce al compuesto de azul de molibdeno y descomponiendo simultáneamente cualquier fosfomolibdato o arsenomolibdato. Se lee a 815 nm (González, 1987).

**ORTOFOSFATOS:** El procedimiento es tomado de Murphy y Riley (1962). La muestra de agua de mar es llevada a reaccionar con una mezcla conteniendo ácido molibdico, ácido ascórbico y el antimonio trivalente. El complejo resultante es reducido a azul de molibdeno. La absorbancia se lee a 855 nm (Parsons, et al. 1984).

#### CONTROL DE CALIDAD ANALITICO

Todas las determinaciones se efectuaron hasta alcanzar la precisión reportada para cada método; se establece una concentra-

ción media  $\bar{x}$  y  $\bar{y}$  calculando  $t$  al 95% de nivel de confianza. Las curvas estándar se trataron por el método de mínimos cuadrados, obteniéndose el porcentaje de error para la pendiente y la ordenada al origen; al coeficiente de correlación se le trata mediante el método de residuales para un 95% de nivel de confianza.

## RESULTADOS

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se reportan los parámetros estadísticos determinados para las campañas oceanográficas SALCRU 90-I y SALCRU 90-II.

En estas se reportan el valor máximo, valor mínimo, media y desviación estándar para cada uno de los parámetros físico-químicos analizados, por transecto.

En la tabla 5 se reportan los valores de relación molar de nitrógeno/fósforo (N:P).

### TEMPERATURA

En la campaña oceanográfica SALCRU 90-I se observa una temperatura máxima de  $31.71^{\circ}\text{C}$  que corresponde al transecto 11 y una mínima de  $4.36^{\circ}\text{C}$  correspondiente al transecto 1, el valor promedio de  $24.44^{\circ}\text{C}$ .

De acuerdo esto, se puede decir que las máximas temperaturas se registran hacia el oeste.

Para la campaña oceanográfica SALCRU 90-II la temperatura máxima observada es de  $31.71^{\circ}\text{C}$  en el transecto 7, en tanto que la mínima registrada es de  $2.30^{\circ}\text{C}$  para el transecto 3, el valor de la temperatura media es de  $24.57^{\circ}\text{C}$ . De igual manera se observa que el aumento de temperatura es hacia el oeste, y en esta campaña en promedio las temperaturas son ligeramente mayores que en la anterior.

## SALINIDAD

Con respecto a este parámetro se observa en SALCRU 90-I un valor máximo de 34.874 y un valor mínimo de 32.911, en tanto que el promedio es de 34.11.

En la campaña SALCRU 90-II la salinidad máxima observada es de 34.979 para el transecto 1, la mínima de 33.021 para el transecto 14 y el valor promedio de 34.088.

## pH

Para la campaña SALCRU 90-I se observa un valor máximo de 8.60 para el transecto 13 y el pH mínimo de 7.02 para el transecto 5.

En la campaña SALCRU 90-II el valor máximo para el pH es de 8.50 para el transecto 14 y el valor mínimo de 7.10 para el transecto 3.

De manera general se puede decir que principalmente los valores mínimos se localizan frente a la zona delimitada por los transectos 4-9 en ambas campañas, es decir, frente a las costas de Salina Cruz, la laguna Superior e Inferior y al Mar Muerto.

## OXIGENO DISUELTO

El valor máximo de oxígeno disuelto en la campaña SALCRU 90-I es de 245.3  $\mu\text{M}$  para el transecto 5, mientras que el valor mínimo es de 4.0  $\mu\text{M}$  para el transecto 7 y el valor promedio de 129.1  $\mu\text{M}$ .

En SALCRU 90-II el valor máximo es de 282.5  $\mu\text{M}$  en el tran-

secto 3, y los valores mínimos se registran en los transectos 1, 2, 3, 4 y 5 que van de un rango de 0 a 2.0  $\mu\text{M}$  y el valor promedio de 105.4  $\mu\text{M}$ .

#### NITRATOS

De manera general los valores máximos para este parámetro se registran en la campaña SALCRU 90-I. El valor máximo para esta campaña es de 393.93  $\mu\text{M}$  para el transecto 6, en tanto que en todos los transectos el valor mínimo es de 0.71  $\mu\text{M}$  con excepción del transecto 9 con un valor mínimo de 3.25  $\mu\text{M}$ ; el valor promedio es de 8.75  $\mu\text{M}$ .

En la campaña SALCRU 90-II el valor máximo para este parámetro es de 49.00  $\mu\text{M}$  en el transecto 6, el valor mínimo de 0.71  $\mu\text{M}$  para todos los transectos y el valor promedio de 15.21  $\mu\text{M}$ .

#### NITRITOS

El valor máximo de este parámetro en SALCRU 90-I es de 11.71  $\mu\text{M}$  para el transecto 7 y el valor mínimo de 0.07  $\mu\text{M}$  en todos los transectos, el valor promedio es de 0.76  $\mu\text{M}$ .

Para la campaña SALCRU 90-II el valor máximo observado es de 3.75  $\mu\text{M}$  para el transecto 2, el valor mínimo para todos los transectos es de 0.07  $\mu\text{M}$  y el valor promedio de 0.60  $\mu\text{M}$ .

Se observa un comportamiento muy semejante a lo que sucede con los nitratos, es decir, en SALCRU 90-I se registrarán los máximos valores para ambos nutrientes.

## AMONIO

Para este parámetro se aprecia que los valores son superiores en la campaña oceanográfica SALCRU 90-II que en SALCRU 90-I.

Para la campaña SALCRU 90-I el valor máximo es de 112.32 uM para el transecto 5, el valor mínimo de 0.50 uM para todos los transectos y el valor promedio de 4.74 uM.

En SALCRU 90-II el valor máximo registrado es de 113.24 uM en el transecto 10, el valor mínimo de 0.50 uM en los transectos 1, 3, 6 y 11 y un valor promedio de 24.86 uM.

## ORTOFOSFATOS

Se observan las mayores concentraciones en la campaña oceanográfica SALCRU 90-II presentandose un valor máximo de 21.56 uM en el transecto 13 y un valor mínimo de 0.32 uM para los transectos 1, 2, 6, 7, 10, 11 y 14 y un valor promedio de 4.46 uM.

En la campaña SALCRU 90-I el valor máximo es de 15.14 uM en el transecto 9 y un valor promedio de 2.92 uM.

## SILICATOS

Con respecto a este parámetro en la campaña SALCRU 90-I se observa un valor máximo de 306.92 uM para el transecto 7, el valor mínimo de 1.48 uM para el transecto 2, el valor promedio es de 23.46 uM.

En la campaña SALCRU 90-II el valor máximo es de 204.01 uM para el transecto 7, el valor mínimo de 0.25 uM para la

mayoría de los transectos y el valor promedio de 29.16  $\mu\text{M}$ .

#### RELACION NITROGENO/FOSFORO

En la tabla 5 se reportan los valores de relación molar N/P para ambas campañas; dicha relación se calculó mediante la suma de los valores de la media de nitratos, nitritos y amonio; dividiendo el resultado por el valor de la media de ortofosfatos para cada transecto.

Los valores de relación molar en SALCRU 90-II en la mayoría de los transectos son superiores a los de SALCRU 90-I, solamente en los transectos 1 y 14 la relación N/P es superior en la campaña SALCRU 90-I.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos para la campaña SALCRU 90-I agosto de 1990.

	TEMPERATURA (°C)	pH	SALINIDAD	O <sub>2</sub> DISUELTO (µM)
<b>TRANSECTO 1</b>				
Máximo	30.64	8.29	30.846	183.5
Mínimo	4.36	7.08	33.680	5.3
Media	20.96	7.69	34.320	74.7
D. E.	8.37	0.38	0.441	72.8
<b>TRANSECTO 2</b>				
Máximo	30.50	8.17	34.860	189.9
Mínimo	4.60	7.11	33.765	7.9
Media	21.78	7.69	34.307	101.6
D. E.	8.55	0.35	0.430	62.7
<b>TRANSECTO 3</b>				
Máximo	30.28	8.25	34.866	
Mínimo	4.82	7.44	33.770	
Media	21.78	7.92	34.297	
D. E.	8.39	0.31	0.442	
<b>TRANSECTO 4</b>				
Máximo	30.56	8.17	34.745	
Mínimo	12.22	7.43	33.740	
Media	23.58	7.88	34.250	
D. E.	7.34	0.30	0.448	
<b>TRANSECTO 5</b>				
Máximo	30.22	7.96	34.874	245.3
Mínimo	4.71	7.02	33.710	23.8
Media	23.27	7.66	34.214	127.6
D. E.	8.78	0.32	0.416	77.8
<b>TRANSECTO 6</b>				
Máximo	29.89	7.97	34.866	191.6
Mínimo	9.69	7.19	33.907	15.8
Media	23.75	7.71	34.248	126.2
D. E.	7.03	0.27	0.394	76.6
<b>TRANSECTO 7</b>				
Máximo	30.00	8.19	34.860	207.4
Mínimo	12.26	7.24	33.629	4.0
Media	23.07	7.73	34.254	122.8
D. E.	6.69	0.27	0.455	75.4
<b>TRANSECTO 8</b>				
Máximo	30.13	8.29	34.860	207.0
Mínimo	11.81	7.23	33.519	11.9
Media	22.48	7.76	34.279	110.9
D. E.	6.70	0.32	0.494	81.9
<b>TRANSECTO 9</b>				
Máximo	30.38	7.98	34.837	212.4
Mínimo	12.18	7.13	33.453	9.9
Media	24.96	7.66	34.184	147.4
D. E.	6.16	0.27	0.425	74.0



Tabla la. Parámetros físico-químicos para la campaña SALCRU 90-I agosto de 1990.

	TEMPERATURA (°C)	pH	SALINIDAD	O <sub>2</sub> DISUELTO (uM)
<b>TRANSECTO 10</b>				
Máximo	30.45	8.20	34.863	209.8
Mínimo	13.03	7.20	33.640	14.6
Media	26.80	7.83	33.987	154.0
D. E.	5.53	0.29	0.421	69.3
<b>TRANSECTO 11</b>				
Máximo	31.71	8.29	34.862	210.3
Mínimo	12.91	7.48	33.406	16.9
Media	26.48	8.01	34.005	160.9
D. E.	6.24	0.29	0.469	72.1
<b>TRANSECTO 12</b>				
Máximo	31.27	8.25	34.866	240.0
Mínimo	12.40	7.46	32.922	16.2
Media	25.34	8.00	34.034	153.6
D. E.	7.00	0.28	0.567	78.2
<b>TRANSECTO 13</b>				
Máximo	31.39	8.86	34.871	232.2
Mínimo	12.40	7.56	32.911	18.2
Media	26.19	8.09	33.971	138.3
D. E.	6.83	0.32	0.652	79.0
<b>TRANSECTO 14</b>				
Máximo	30.92	8.38	34.858	219.2
Mínimo	12.33	7.60	33.021	13.0
Media	25.81	8.12	33.896	131.1
D. E.	6.72	0.27	0.600	71.4
<b>TRANSECTO 15</b>				
Máximo	31.02	8.42	33.839	
Mínimo	28.15	8.11	33.086	
Media	30.34	8.23	33.335	
D. E.	1.10	0.13	0.286	

Tabla 2. Parámetros físico-químicos para la campaña SALCRU 90-II noviembre de 1990.

	TEMPERATURA (°C)	pH	SALINIDAD	O <sub>2</sub> DISUELTOS (µM)
<b>TRANSECTO 1</b>				
Máximo	28.21	8.14	34.979	221.5
Mínimo	3.10	6.72	33.979	2.0
Media	21.78	7.53	34.422	65.8
D. E.	8.55	0.35	0.393	71.5
<b>TRANSECTO 2</b>				
Máximo	29.81	8.18	34.875	228.8
Mínimo	4.69	7.27	33.522	0.0
Media	21.78	7.65	34.394	68.5
<b>TRANSECTO 3</b>				
Máximo	26.76	8.11	34.874	282.5
Mínimo	2.31	7.10	33.236	0.0
Media	20.96	7.61	34.256	89.7
D. E.	8.37	0.30	0.467	89.3
<b>TRANSECTO 4</b>				
Máximo	29.97	8.04	34.919	253.6
Mínimo	11.21	7.22	33.489	0.0
Media	23.07	7.56	34.226	92.1
D. E.	6.69	0.27	0.386	85.7
<b>TRANSECTO 5</b>				
Máximo	29.90	7.97	34.644	232.9
Mínimo	10.34	7.17	33.582	0.0
Media	22.75	7.26	34.279	79.6
D. E.	7.03	0.29	0.413	91.1
<b>TRANSECTO 6</b>				
Máximo	30.39	7.97	34.622	239.9
Mínimo	11.81	7.04	33.544	4.0
Media	24.39	7.41	34.291	76.7
D. E.	6.16	0.23	0.364	79.6
<b>TRANSECTO 7</b>				
Máximo	31.71	7.88	34.804	220.1
Mínimo	12.22	6.81	33.634	8.0
Media	26.93	7.30	34.222	91.4
D. E.	6.24	0.30	0.385	84.2
<b>TRANSECTO 8</b>				
Máximo	29.88	7.97	34.598	214.4
Mínimo	12.32	7.30	33.661	9.2
Media	22.34	7.49	34.313	59.2
D. E.	7.34	0.24	0.349	73.8
<b>TRANSECTO 9</b>				
Máximo	30.38	8.08	34.804	230.7
Mínimo	13.03	7.13	33.238	7.9
Media	22.48	7.65	34.008	128.3
D. E.	6.70	0.33	0.477	97.8

Tabla 2a. Parámetros físico-químicos para la campaña SALCRU 90-II noviembre de 1990.

	TEMPERATURA (°C)	pH	SALINIDAD	O <sub>2</sub> DISUELTTO (uM)
<b>TRANSECTO 10</b>				
Máximo	31.39	8.02	34.595	218.0
Mínimo	12.40	7.29	33.644	9.9
Media	26.80	7.67	34.065	125.8
D. E.	6.83	0.29	0.394	86.0
<b>TRANSECTO 11</b>				
Máximo	31.27	8.03	34.868	211.1
Mínimo	12.33	7.31	33.676	15.8
Media	26.48	7.76	34.064	126.3
D. E.	5.53	0.28	0.394	86.2
<b>TRANSECTO 12</b>				
Máximo	30.22	8.11	34.577	230.2
Mínimo	12.25	7.55	33.588	13.9
Media	22.37	7.94	33.896	162.8
D. E.	8.78	0.22	0.342	74.8
<b>TRANSECTO 13</b>				
Máximo	30.92	8.09	34.895	209.7
Mínimo	12.33	7.38	33.623	193.8
Media	26.87	7.80	34.048	203.4
D. E.	6.72	0.29	0.505	4.8
<b>TRANSECTO 14</b>				
Máximo	31.01	8.50	34.858	
Mínimo	27.19	7.47	33.021	
Media	29.34	7.92	33.968	
D. E.	1.10	0.36	0.626	
<b>TRANSECTO 15</b>				
Máximo	31.27	8.23	33.973	
Mínimo	29.43	7.73	33.127	
Media	30.22	8.08	33.632	
D. E.	1.00	0.19	0.294	

Tabla 3. Parámetros físico-químicos de nutrientes para la campaña SALCRU 90-I, agosto de 1990.

	N-NO <sub>3</sub> uM	N-NO <sub>2</sub> uM	NH <sub>3</sub> uM	P-PO <sub>4</sub> uM	Si-SiO <sub>2</sub> uM
TRANSECTO 1					
Máximo	53.93	2.57	82.78	4.30	0.31
Mínimo	0.71	0.07	0.50	0.32	0.25
Media	13.98	0.35	11.56	2.29	0.25
D. E.	16.16	0.76	18.60	0.96	0.01
TRANSECTO 2					
Máximo	20.43	3.49	15.84	4.94	59.96
Mínimo	0.71	0.07	0.50	1.81	1.48
Media	6.06	0.57	1.46	2.31	22.18
D. E.	6.57	1.07	3.71	0.72	16.29
TRANSECTO 3					
Máximo	37.93	10.64	63.91	2.92	115.23
Mínimo	0.71	0.07	0.50	1.65	0.25
Media	10.50	0.93	6.71	2.23	26.40
D. E.	9.03	2.64	14.41	0.34	22.58
TRANSECTO 4					
Máximo	25.57	3.51	60.90	2.81	42.26
Mínimo	0.71	0.07	0.50	0.87	4.22
Media	7.73	0.54	9.86	2.09	40.93
D. E.	7.58	1.07	17.33	0.41	29.57
TRANSECTO 5					
Máximo	16.21	5.56	112.32	6.45	0.25
Mínimo	0.71	0.07	0.50	2.93	0.25
Media	2.26	1.14	11.42	4.50	0.25
D. E.	4.08	1.65	25.73	0.94	0.00
TRANSECTO 6					
Máximo	393.93	3.84	3.08	6.27	42.72
Mínimo	0.71	0.07	0.50	1.92	0.25
Media	34.05	1.23	0.67	3.62	3.08
D. E.	96.61	1.47	0.64	1.01	10.59
TRANSECTO 7					
Máximo	20.21	11.71	112.24	5.13	306.92
Mínimo	0.71	0.07	0.50	0.32	0.25
Media	9.31	1.09	14.02	2.98	50.70
D. E.	6.81	2.45	28.39	0.96	80.00
TRANSECTO 8					
Máximo	35.14	5.09	51.78	4.55	186.43
Mínimo	0.71	0.07	0.50	0.32	0.25
Media	15.13	0.75	3.87	2.60	49.64
D. E.	11.78	1.58	11.78	1.00	57.72
TRANSECTO 9					
Máximo	10.43	9.57	0.50	15.14	9.92
Mínimo	3.25	0.07	0.50	2.43	0.25
Media	5.64	1.30	0.50	4.20	2.81
D. E.	2.31	2.86	0.00	3.47	3.52

Tabla 3a. Parámetros físico-químicos de nutrientes para la campaña SALCRU 90-I, agosto de 1990.

	N-NO <sub>3</sub> uM <sup>3</sup>	N-NO <sub>2</sub> uM <sup>2</sup>	NH <sub>3</sub> uM <sup>3</sup>	P-PO <sub>4</sub> uM <sup>4</sup>	Si-SiO <sub>2</sub> uM <sup>2</sup>
<b>TRANSECTO 10</b>					
Máximo	19.14	3.91	0.50	3.77	15.56
Mínimo	0.71	0.07	0.50	2.86	5.09
Media	4.58	0.82	0.50	3.21	8.16
D. E.	6.21	1.29	0.00	0.30	3.60
<b>TRANSECTO 11</b>					
Máximo	16.50	0.07	0.50	5.61	122.68
Mínimo	0.71	0.07	0.50	2.54	3.35
Media	3.31	0.07	0.50	3.33	18.11
D. E.	4.77	0.00	0.00	0.64	28.14
<b>TRANSECTO 12</b>					
Máximo	16.86	3.53	0.50	5.41	29.28
Mínimo	0.71	0.07	0.50	1.16	0.25
Media	7.57	0.30	0.50	3.00	14.00
D. E.	6.75	0.86	0.00	1.00	10.95
<b>TRANSECTO 13</b>					
Máximo	16.00	0.07	37.58	3.00	36.63
Mínimo	0.71	0.07	0.50	1.97	1.72
Media	3.94	0.07	3.49	2.43	16.42
D. E.	4.75	0.00	8.67	0.26	11.60
<b>TRANSECTO 14</b>					
Máximo	16.14	4.92	29.52	2.93	126.18
Mínimo	0.71	0.07	0.50	2.18	0.25
Media	6.47	0.34	5.71	2.49	27.75
D. E.	6.21	1.11	9.61	0.20	31.79
<b>TRANSECTO 15</b>					
Máximo	0.71	4.70	0.50	2.85	136.22
Mínimo	0.71	0.07	0.50	2.06	32.47
Media	0.71	1.85	0.50	2.46	71.29
D. E.	0.00	2.18	0.00	0.26	39.07

Tabla 4. Parámetros físico-químicos de nutrimentos para la campaña SALCRU 90-II, noviembre de 1990.

	N-NO <sub>3</sub> uM <sup>3</sup>	N-NO <sub>2</sub> uM <sup>2</sup>	NH <sub>3</sub> uM	P-PO <sub>4</sub> uM <sup>4</sup>	Si-SiO <sub>2</sub> uM <sup>2</sup>
<b>TRANSECTO 1</b>					
Máximo	36.00	3.65	85.19	10.62	151.08
Mínimo	0.71	0.07	0.50	0.32	0.25
Media	18.71	2.41	16.70	4.60	60.33
D. E.	11.92	0.71	14.62	1.86	37.23
<b>TRANSECTO 2</b>					
Máximo	45.57	3.75	41.22	7.14	165.67
Mínimo	0.71	0.97	1.04	0.32	21.63
Media	17.82	2.31	15.03	4.21	46.47
D. E.	13.28	0.76	10.42	1.23	36.35
<b>TRANSECTO 3</b>					
Máximo	40.86	2.49	97.42	5.97	76.90
Mínimo	0.71	0.07	0.50	2.93	21.63
Media	19.93	0.37	27.33	4.22	33.48
D. E.	12.62	0.76	27.34	0.83	14.12
<b>TRANSECTO 4</b>					
Máximo	34.79	3.10	106.91	6.62	124.94
Mínimo	0.71	0.07	2.89	2.87	0.25
Media	19.70	0.48	20.66	4.05	30.98
D. E.	11.72	0.92	21.35	0.87	23.66
<b>TRANSECTO 5</b>					
Máximo	44.14	2.89	80.62	10.05	67.97
Mínimo	0.71	0.07	6.98	2.64	0.25
Media	23.69	0.40	26.88	4.50	24.13
D. E.	14.88	0.81	18.19	1.61	18.87
<b>TRANSECTO 6</b>					
Máximo	49.00	2.45	74.80	11.14	85.33
Mínimo	0.71	0.07	0.50	0.32	0.25
Media	23.88	0.36	28.53	4.49	24.91
D. E.	14.86	0.72	24.18	1.94	25.98
<b>TRANSECTO 7</b>					
Máximo	38.57	2.36	96.16	12.37	204.01
Mínimo	0.71	0.07	5.81	0.32	0.25
Media	19.58	0.19	37.39	4.65	54.32
D. E.	11.67	0.51	30.94	2.27	66.53
<b>TRANSECTO 8</b>					
Máximo	32.00	2.24	81.93	7.81	49.15
Mínimo	0.71	0.07	5.37	3.01	0.25
Media	19.58	0.38	32.40	4.78	31.81
D. E.	9.77	0.75	27.07	1.23	10.68
<b>TRANSECTO 9</b>					
Máximo	32.43	3.03	83.35	6.75	188.09
Mínimo	0.71	0.07	3.81	2.89	0.25
Media	13.86	0.25	26.75	4.13	21.11
D. E.	11.57	0.70	23.40	1.00	42.96

Tabla 4a. Parámetros físico-químicos de nutrimentos para la campaña SALCRU 90-II, noviembre de 1990.

	N-NO <sub>3</sub> uM	N-NO <sub>2</sub> uM	NH <sub>3</sub> uM	P-PO <sub>4</sub> uM	Si-SiO <sub>2</sub> uM
<b>TRANSECTO 10</b>					
Máximo	28.21	1.87	113.24	5.04	39.02
Mínimo	0.71	0.07	6.70	0.32	1.39
Media	11.94	0.32	38.79	3.82	23.41
D. E.	10.80	0.62	33.48	1.18	12.42
<b>TRANSECTO 11</b>					
Máximo	30.14	2.35	88.35	10.62	204.01
Mínimo	0.71	0.07	0.50	0.32	0.25
Media	10.34	0.38	35.97	4.51	53.01
D. E.	10.90	0.74	28.82	2.43	69.13
<b>TRANSECTO 12</b>					
Máximo	28.79	1.88	80.87	11.24	28.89
Mínimo	0.71	0.07	6.51	2.71	0.25
Media	3.80	0.31	30.25	4.17	6.98
D. E.	6.95	0.60	22.24	1.99	10.34
<b>TRANSECTO 13</b>					
Máximo	30.79	2.07	72.30	21.56	36.13
Mínimo	0.71	0.07	0.86	3.20	0.25
Media	11.48	0.45	14.45	6.14	10.87
D. E.	12.31	0.75	16.77	4.52	11.86
<b>TRANSECTO 14</b>					
Máximo	28.07	2.42	28.86	14.37	27.44
Mínimo	0.71	0.07	2.77	0.32	0.25
Media	10.06	0.40	9.98	4.69	7.62
D. E.	10.94	0.81	7.74	2.91	8.76
<b>TRANSECTO 15</b>					
Máximo	15.93	0.07	19.66	5.04	15.87
Mínimo	0.71	0.07	1.47	3.20	1.39
Media	3.76	0.07	11.78	3.91	8.05
D. E.	6.09	0.00	6.68	0.70	5.90

Tabla 5. Relación molar entre nitrógeno/fósforo (N:P) para las campañas oceanográficas SALCRU 90-I y SALCRU 90-II.

SALCRU 90-I		SALCRU 90-II
11.3 : 1	TRANSECTO 1	8.2 : 1
3.5 : 1	TRANSECTO 2	8.4 : 1
8.1 : 1	TRANSECTO 3	11.3 : 1
8.7 : 1	TRANSECTO 4	10.1 : 1
3.3 : 1	TRANSECTO 5	11.3 : 1
9.9 : 1	TRANSECTO 6	11.7 : 1
8.2 : 1	TRANSECTO 7	12.3 : 1
7.6 : 1	TRANSECTO 8	11.0 : 1
1.8 : 1	TRANSECTO 9	9.9 : 1
1.8 : 1	TRANSECTO 10	13.4 : 1
1.2 : 1	TRANSECTO 11	10.4 : 1
2.8 : 1	TRANSECTO 12	8.2 : 1
3.1 : 1	TRANSECTO 13	4.3 : 1
5.0 : 1	TRANSECTO 14	4.4 : 1
1.2 : 1	TRANSECTO 15	4.0 : 1



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

La campaña oceanográfica SALCRU 90-I se realiza en el mes de agosto de 1990 (temporada de lluvias) y la campaña oceanográfica SALCRU 90-II se realiza en el mes de noviembre del mismo año (temporada de "Tehuano").

### TEMPERATURA

El principal aporte calorico que tiene el agua de mar está representado por las radiaciones energéticas que le llegan del sol. Conforme la profundidad aumenta van penetrando menos radiaciones, por lo que la temperatura disminuye.

Por lo anterior, en la superficie del mar existe una capa de agua relativamente caliente y abajo de ella existe una zona limítrofe en donde se presenta un rápido descenso de la temperatura, llamada termoclina, que divide a estas aguas superficiales, menos densas y menos salinas, de las aguas de las profundidades, más frías, densas y salinas.

Así la distribución de las masas de agua del océano se establece por densidad, condicionada fundamentalmente por la temperatura y la salinidad. La temperatura tiene influencia trascendental en todos los procesos físicos, químicos y biológicos (González, V. C., 1989).

La temperatura superficial es una variable elevada y sin fluctuaciones de consideración para el mes de agosto, lo cual concuerda con el comportamiento de las zonas trópicas, se puede

hablar de un promedio de  $30.62^{\circ}\text{C}$ .

Se observa que existe una termoclina somera aproximadamente a los 50 m de profundidad para ambas campañas (figuras 59 a 62) lo que dificulta una mezcla de las aguas superficiales con las profundas, observándose condiciones de pH, oxígeno disuelto y de nutrimentos muy heterogéneas a lo largo de la columna de agua principalmente para SALCRU 90-I, ya que SALCRU 90-II la influencia de los fuertes vientos sobre la superficie del mar ocasiona el rompimiento de la termoclina.

Con respecto a la campaña oceanográfica SALCRU 90-II se puede decir que en promedio la temperatura es ligeramente mayor, sin embargo, a nivel superficial (figura 26) se presenta un descenso considerable hacia la costa oeste ( $29.99^{\circ}\text{C}$ ), lo cual es ocasionado por los fuertes vientos ("Tehuano") sobre la superficie del mar (Roden, 1961).

## SALINIDAD

La salinidad total del agua de mar es determinada completamente por cuatro cationes principales calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sodio ( $\text{Na}^{+}$ ) y potasio ( $\text{K}^{+}$ ), y por los aniones carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{-}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y cloruro ( $\text{Cl}^{-}$ ); para el agua de mar la salinidad promedio es de 35 (Riley y Skirrow, 1975).

La salinidad se puede definir pues como el contenido total de material sólido, expresado en gramos, contenido en 1 kilogramo de agua de mar cuando todo el carbonato ha sido convertido en ó-

xido, los bromuros y yoduros reemplazados por cloruros y toda la materia orgánica oxidada (Cifuentes, opus cit).

Destaca por su cantidad el cloruro de sodio, que constituye por si solo el 80% de las sales.

La salinidad es determinada por aportes debidos al lavado de rocas, por precipitación atmosférica y por el equilibrio entre evaporación y precipitación. Resulta ser un parámetro importante por que determina en gran parte la distribución de los organismos vivos y la larga historia evolutiva de sus adaptaciones fisiológicas para la regulación osmótica e ionica (Wetzel, 1981).

En SALCRU 90-I los valores de salinidad son inferiores al promedio del agua de mar, debido a que dicha campaña se realizó en la temporada de lluvias, lo que ocasionó un efecto de dilución además del aporte fluvial y lacustre de la zona oriental.

En las figuras 29 a 32 se muestra el comportamiento horizontal de este parámetro, se aprecia una mayor homogeneidad de la salinidad para la campaña SALCRU 90-II, tanto a nivel superficial como a 50 m de profundidad, esto ocasionado por los vientos que se presentaron durante la realización de la misma.

## pH

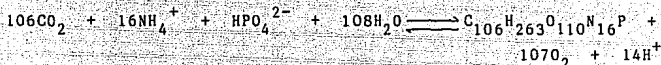
El agua de mar es ligeramente alcalina y el valor de su pH está entre 7.80 a 8.20 (Millero y Sohn, 1992). Varía en función de la temperatura; si esta aumenta, el pH disminuye y tiende hacia la acidez, también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y la actividad vital de los organis-

mos marinos.

Algunos valores registrados en ambas campañas se encuentran por debajo de los reportados para el agua de mar (tablas 1 y 2).

Estos valores bajos de pH pueden ser debidos a la alta actividad biológica que hacen que disminuya este parámetro como es:

1) Fotosíntesis y respiración:



2) Nitrificación:

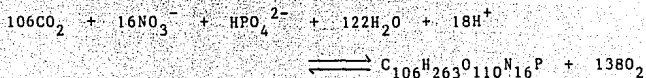


3) Oxidación de sulfuros:



Y los valores relativamente altos de pH de igual manera pueden ser debidos por los procesos biológicos como:

4) Fotosíntesis y respiración:



## 5) Desnitrificación:



## 6) Reducción de sulfatos:



(Stumm y Morgan, 1981)

En las figuras 4 a 6 que muestran el comportamiento vertical de este parámetro, se observa que los valores de pH en la campaña oceanográfica SALCRU 90-I son ligeramente superiores a los de la campaña SALCRU 90-II. En ambas campañas existe una heterogeneidad muy marcada a lo largo de la columna de agua.

En las figuras 33 a 36 se aprecia el comportamiento horizontal para el pH, tanto a nivel superficial como a 50 m los valores mínimos de pH se registran cerca de la costa de Salina Cruz y de las lagunas Superior e Inferior para ambas campañas.

En la campaña SALCRU 90-II (figura 34 y 36) conforme se aleja de las costas de Huatulco, Salina Cruz y la zona de las lagunas Superior, Inferior y Mar Muerto se observan giros de alta concentración (pH 7.7) en gran número ocasionados por la influencia de los vientos.

## OXIGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto es el parámetro más importante en los ecosistemas marinos. El oxígeno disuelto es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una

respiración de tipo aerobio. Así las propiedades de solubilidad y, sobre todo, la distribución del oxígeno en el ambiente marino son esenciales para comprender la distribución, el comportamiento y crecimiento de los organismos.

La distribución del oxígeno influye en gran medida sobre la solubilidad de muchos nutrientes inorgánicos. La accesibilidad de estos, está regulada por variaciones estacionales de un ambiente aerobio o anaerobio.

La solubilidad del oxígeno se ve afectada de manera no lineal por la temperatura, aumentando considerablemente al disminuir la temperatura del agua; también la solubilidad del oxígeno en el agua es modificada por la presión.

La salinidad reduce hasta cierto punto la solubilidad del oxígeno en el agua, la solubilidad disminuye en forma exponencial al aumentar el contenido de sal, y en el agua de mar normal es aproximadamente un 20 % menor que en el agua dulce (Wetzel, opus cit).

Cabe mencionar que el oxígeno atmosférico a disposición de los organismos terrestres es reemplazado en forma relativamente rápida por los organismos vegetales y, en esta forma, no se agota por lo que no compiten por el oxígeno. En cambio, el oxígeno disuelto en las aguas puede agotarse más rápidamente de lo que es reemplazado desde la atmósfera y, por consiguiente, los organismos marinos compiten por oxígeno cuando los elementos nutritivos orgánicos son abundantes. Por lo anterior, esto afecta la distribución de los organismos en el medio marino (Turk, 1988).

Se puede observar que los valores superficiales para la campaña SALCRU 90-I son menores con respecto a los de SALCRU 90-II (tablas 1 y 2). Para esta última campaña se aprecia que a nivel de superficie a lo largo de la costa se localizan las mayores concentraciones de oxígeno disuelto ( $O. D. > 190 \mu M$ ), en tanto que a 50 m de profundidad los valores menores de oxígeno se encuentran a lo largo de la costa ( $O. D. < 78.902 \mu M$ ) y conforme se aleja aumentan paulativamente ( $78.902 \mu M < O. D. < 178.902 \mu M$ ) esto debido principalmente a la mezcla horizontal y vertical de la columna de agua ocasionado por los fuertes vientos (figuras 38 y 40).

Se aprecian también (figura 38) cuatro giros de alta concentración bastante localizados con otros similares que se presentan para el pH en la misma zona.

Para la campaña SALCRU 90-I (figuras 37 y 39) se presenta frente a las lagunas Superior e Inferior un giro de alta concentración ( $O. D. > 50 \mu M$ ), y a 50 m de profundidad existe un incremento en la concentración de este parámetro conforme se aleja de la costa ( $5.3 \mu M < O. D. < 168 \mu M$ ).

## NUTRIENTOS

Un elemento nutriente es aquel que está relacionado funcionalmente a los procesos de los organismos vivos. En oceanografía química el término ha sido aplicado exclusivamente al silicio, fósforo y nitrógeno inorgánico, solubles, pero estrictamente gran parte de los constituyentes más abundantes del agua de mar y la

materia orgánica, así como gran número de metales traza esenciales son también nutrimentos. En varias localidades, los organismos vivos son los responsables de la remoción o excreción de cantidades suficientemente grandes de estos elementos. Las reacciones geoquímicas son frecuentemente las más importantes en el control de la concentración de esos elementos (González, V. C., opus cit).

### NITRATOS

La concentración de nitrógeno en el mar representa un factor limitante de la productividad. El ciclo del nitrógeno constituye un proceso bioquímico en el cual se produce nitrógeno molecular por la fijación, asimilación y la desnitrificación mediante la cual el nitrato se reduce a nitrógeno molecular. Las bacterias intervienen en todas y cada una de las modificaciones que sufren las moléculas nitrogenadas, que se puede resumir como una mineralización del nitrógeno orgánico, que posteriormente es asimilado por otros organismos (Carpenter y Dunham, 1985).

La nitrificación es un proceso bioquímico por medio del cual el amoniaco puede ser oxidado a nitritos gracias a la acción de las bacterias nitrificadoras.

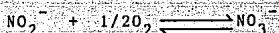


Las bacterias responsables de este primer paso son especies del género *Nitrosomonas*. Se trata de células elipsoidales, móvi-



les por un cilio polar único. Se denominan bacterias mesófilas, que toleran amplios límites de temperatura (1 a 37°C) y muestran un crecimiento óptimo a pH próximo a la neutralidad, son gramnegativos con vida aerobia y autótrofos estrictos.

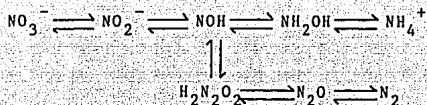
Otro tipo de bacterias continúan la oxidación, dando como resultado nitrato:



es el género *Nitrobacter* el implicado en esta oxidación que son pequeños organismos ovals, gramnegativos que presentan alternancia de fases móviles e inmóviles. Es menos tolerante a bajas temperaturas y al pH elevado, dichas condiciones pueden llevar a una ligera acumulación de  $\text{N-NO}_2$ , además que para que se de la nitrificación se requieren de condiciones aerobias.

El proceso opuesto, la desnitrificación bacteriana, consiste en una reducción bioquímica de los aniones de nitrógeno oxidados,  $\text{N-NO}_3$  y  $\text{N-NO}_2$ , para la oxidación de la materia orgánica. Puede realizarse según dos caminos, uno conduce a la liberación de nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ) y se denomina desnitrificación verdadera; el segundo o reducción de nitratos, tiene como producto final el  $\text{NH}_3$  utilizando al  $\text{NO}_2^-$  como intermediario.

Estas transformaciones se llevan a cabo de acuerdo a las siguientes reacciones (según Stadelmann, 1971 y Kuznetsov, 1970).



El primer paso, es decir la reducción del nitrato a nitrito está condicionado por un enzima específico de tipo adaptativo, la nitratorreductasa. Las reacciones siguientes son poco conocidas, no obstante se considera al nitroxilo (NOH) como compuesto clave, a partir del cual la reacción puede seguir hasta la obtención de amoníaco por la intervención de la nitritorreductasa, o llevar a la desnitrificación verdadera con desprendimiento de nitrógeno molecular.

En el medio marino, la flora reductora de nitratos está ampliamente representada tanto en el agua como en los sedimentos.

Numerosas especies son capaces de realizar esta reacción, pero en general se les puede considerar agrupadas en los géneros Vibrio, Flavobacterium, Pseudomonas, Erwinia, Achromobacter y Acinetobacter.

La desnitrificación verdadera se manifiesta claramente en las fosas profundas (California), con una importancia ecológica evidente, ya que determina el empobrecimiento del medio en nitrógeno. En efecto, en estas zonas se halla un fuerte descenso de la razón N-nitrato/P-fosfato, que pasa de valores de 12-16 a 2-4.

En la campaña oceanográfica SALCRU 90-I los valores de N-NO<sub>3</sub> de manera general son mayores que para SALCRU 90-II (tabla 2 y 4),

En las figuras 41 a 43 se muestra el comportamiento horizontal para  $N-NO_3$ , a nivel superficial se observa en SALCRU 90-I una distribución más homogénea en toda la zona de estudio, en tanto que en SALCRU 90-II se aprecia que las mayores concentraciones se localizan hacia la costa oeste y las menores hacia mar adentro ( $N-NO_3 < 2.28 \mu M$ ).

Para ambas campañas se presentan giros de alta concentración pero son más evidentes para SALCRU 90-II ( $2.29 \mu M < N-NO_3 < 23.292 \mu M$ ), que vuelven a coincidir en cuanto a localización con los giros anteriores de otros parámetros. El comportamiento es muy similar para los 50 m de profundidad, las máximas concentraciones se localizan frente a la costa y hacia mar adentro las menores ( $7.95 \mu M < N-NO_3 < 34.595 \mu M$ ).

Con respecto al comportamiento vertical (figuras 7 y 8) de manera general se observa una disminución progresiva de este parámetro conforme se aproxima a la costa y a la superficie para ambas campañas, pero es más marcado este fenómeno en SALCRU 90-II.

Esto puede ser ocasionado por el rompimiento de la termoclina existente por los fuertes vientos que provocan que a este nivel la temperatura sea relativamente baja, favoreciéndose la desnitrificación en lugar de la nitrificación, lo cual concuerda con las altas concentraciones de oxígeno disuelto a nivel superficial.

## NITRITOS

Para este parámetro se aprecia algo muy similar al comportamiento observado por los nitratos, en la campaña SALCRU 90-I se registran los máximos valores de concentración y para SALCRU 90-II los menores.

En las figuras 9 a 12 que muestran el comportamiento vertical se observa que a nivel superficial se localizan las concentraciones más bajas para SALCRU 90-II, también es muy notable una mayor homogeneidad a lo largo de la columna de agua que no se da en SALCRU 90-I.

En SALCRU 90-I el comportamiento horizontal a nivel superficial (figura 44) se observan las máximas concentraciones para los nitritos entre los transectos 4 y 9, fuera de estos límites se localizan concentraciones mínimas. A 50 m de profundidad (figura 46) se observa una marcada disminución de la concentración de esnutrimento hacia el este, del transecto 9 al 15, las máximas concentraciones se localizan frente a las costas de Huatulco y Salina Cruz.

Para SALCRU 90-II a nivel superficial (figura 45) vuelven a presentarse, solo que ahora dos giros de alta concentración, que coinciden en cuanto a localización con los giros observados de nitratos ( $0.10 \mu\text{M} < \text{N-NO}_2 < 1.15 \mu\text{M}$ ), hacia el este se observan bajas concentraciones ( $\text{N-NO}_2 < 0.10 \mu\text{M}$ ).

## AMONIO

El amonio para la campaña SALCRU 90-II presenta concentra-

ciones relativamente superiores a los de la campaña SALCRU 90-I, lo que indica un comportamiento opuesto con respecto a los dos parámetros relacionados con este (Nitritos y Nitratos).

En el comportamiento vertical para este parámetro (figuras 13 a 15) se presentan giros de alta concentración muy marcados para la campaña SALCRU 90-II, por ejemplo, para el transecto 5 se observa que a una profundidad de 600 m la concentración de amonio se encuentra en el rango que va de  $41.077 \mu\text{M} < \text{NH}_3 < 74.977 \mu\text{M}$ , y aproximadamente a 1,300 m de distancia de la costa. Para los transectos 8 y 13 los giros se presentan más a nivel superficial y cercanos a la costa.

El fenómeno de surgencia se manifiesta mejor en el comportamiento del amonio, en la campaña SALCRU 90-II la presencia de estos giros de alta concentración dan como resultado una mayor "mezcla" a lo largo del perfil; en tanto que en SALCRU 90-I se aprecia una mayor "estratificación" que se puede relacionar con el bajo número de giros que se presentan.

A nivel de superficie en las figuras 47 y 48 se aprecian giros de alta concentración, nuevamente se presentan en mayor número en SALCRU 90-II, estos giros provocados por los fuertes vientos ocasionan que hacia el oeste y el este se localicen las concentraciones de amonio más bajas y hacia el centro de la zona de estudio, entre el transecto 4 y el 11, se encuentran las concentraciones más altas ( $29.35 \mu\text{M} < \text{NH}_3 < 89.35 \mu\text{M}$ ).

A 50 m de profundidad en SALCRU 90-I las mayores concentraciones de amonio se localizan cercanos a las costas de Salina

Cruz, para SALCRU 90-II estas se localizan mar adentro hacia el oeste ( $18.08 \mu\text{M} < \text{NH}_3 < 78.08 \mu\text{M}$ ).

## ORTOPOSFATOS

El fósforo se convierte en uno de los elementos fundamentales para la vida, por el hecho de participar en la estructura del ATP y de los ácidos nucleicos.

Este elemento se encuentra en la litosfera formando distintos fosfatos que resultan sumamente escasos en el suelo y el agua. La erosión ocasiona en la mayoría de los casos que el agua lave y arrastre hacia lagos y océanos los fosfatos de la litosfera.

El fósforo se encuentra en el agua de mar en forma disuelta y particulada. La fase disuelta está constituida en gran proporción de iones ortofosfatos y una cantidad variable de polifosfatos están presentes en aguas estuarinas y costeras contaminadas con detergentes.

El ciclo del fósforo constituye un ejemplo de un ciclo sedimentario o "imperfecto", debido a que el fósforo no permanece disuelto en las aguas superficiales, sino que se precipita a las aguas del fondo que, en cambio, suelen estar saturadas de dicho elemento. Sin embargo la precipitación y la pérdida del fósforo en el fondo del mar no resulta absoluta, debido al fenómeno de surgencia que se produce en las zonas como en el golfo de Tehuantepec.

Una parte de este fósforo es devuelto a la tierra por aves

marinas que depositan sus excrementos en la orilla y por peces migratorios, tales como el salmón y el pez acorazado que llevan el fósforo de sus huesos muy tierra adentro cuando vuelven a sus parajes de desove en agua dulce.

Se encuentran valores elevados en la campaña SALCRU 90-II (tablas 3 y 4), dado que la concentración de fósforo va a depender del intercambio de aguas superficiales con aguas profundas se asume que estas altas concentraciones se deben a la surgencia que se presenta en la zona.

Los valores para la campaña SALCRU 90-I a nivel superficial (figura 51) muestran que las menores concentraciones se localizan hacia la costa ( $P-PO_4 < 2.972 \mu M$ ) y conforme se aleja de esta aumentan paulativamente ( $P-PO_4 > 5.552 \mu M$ ), no se aprecian en gran número los característicos giros de alta concentración para esta campaña; a 50 m de profundidad (figura 53) se localizan las mayores concentraciones cercanas a la costa oeste y se aprecian algunos giros de alta concentración ( $3.120 \mu M < P-PO_4 < 4.170 \mu M$ ).

En cuanto a SALCRU 90-II a nivel de superficie (figura 52) se observa un número mayor de giros de alta concentración ( $3.858 \mu M < P-PO_4 < 5.058 \mu M$ ), esto ocasiona además que se de una mejor "mezcla" en el área de estudio, las menores concentraciones se localizan cercanas a las costas ( $P-PO_4 < 3.858 \mu M$ ). Para 50 m de profundidad (figura 54) las mayores concentraciones se localizan cerca a las costas y hacia el este las menores.

El comportamiento vertical es muy peculiar para ambas campañas (figuras 16 a 19), la influencia que tiene la surgencia en el

área ocasiona que se de cierta homogeneidad de los valores a lo largo de la columna de agua, lo que puede indicar que la surgencia sea permanente, solo que es más marcada en SALCRU 90-II para otros parámetros.

## SILICATOS

El silicio está presente en el agua de mar y como material sólido en suspensión. El sílice particulado está constituido por las estructuras extracelulares de diatomeas, silicoflagelados y radiolarios, además de minerales diversos, tales como el cuarzo y feldespatos, los cuales son transportados por los ríos o el viento. La concentración de sílice particulado, en el agua de mar varía con la localización geográfica, las mayores concentraciones se encuentran en las aguas costeras y en donde proliferan los organismos silíceos.

El sílice disuelto se presenta probablemente como ácido ortosilícico ( $\text{Si}(\text{OH})_2$ ), ya que existe evidencia experimental de que las formas poliméricas del ácido silícico son inestables en el agua de mar (Burton, et al., 1970).

Aparentemente, existe un desequilibrio entre la proporción de silicio disuelto que entra al océano y la cantidad removida del mismo, por lo que algunos autores han propuesto diversos mecanismos de remoción abiológica. Algunos mencionan la posibilidad de interacción con los aluminosilicatos que se encuentran en suspensión (Burton, et al., 1968), pero aún es poco estudiado un balance geoquímico de este elemento.



El sílice disuelto es absorbido por diversas plantas (diatomeas y crisofitas) y animales (radiolarios, pteropodos y esponjas), los cuales utilizan para formar diversas estructuras silicificadas. Dichas estructuras se mantienen intactas mientras el organismo está vivo, en cuanto muere se disuelve rápidamente. Se ha sugerido que posiblemente están constituidas por silicatos insolubles de hierro y aluminio. De cualquier manera, esta propiedad representa el principal mecanismo de regeneración de silicio disuelto el cual estará sometido a variaciones estacionales muy marcadas.

Para la campaña SALCRU 90-I de manera general el comportamiento vertical (figuras 20 a 24) muestran que las mayores concentraciones se localizan en las estaciones más superficiales ( $31.00 \mu\text{M} < \text{Si-SiO}_2 < 104.05 \mu\text{M}$ ).

En la campaña SALCRU 90-II las mayores concentraciones se encuentran principalmente en la profundidad ( $73.031 \mu\text{M} < \text{Si-SiO}_2 < 148.031 \mu\text{M}$ ), se tiene por ejemplo  $148.031 \mu\text{M}$  para el transecto 2 entre los 400 y 700 m de profundidad.

Para el comportamiento horizontal (figuras 55 a 58) en la campaña SALCRU 90-I a nivel superficial se localizan las mayores concentraciones frente a las costas de Huatulco ( $30 \mu\text{M} < \text{Si-SiO}_2 < 105 \mu\text{M}$ ), al alejarse de la costa descende paulativamente y no se dan cambios demasiado bruscos.

En la campaña SALCRU 90-II a nivel de superficie frente a la zona de las lagunas Superior, Inferior y Mar Muerto se localizan giros de alta concentración y a 50 m de profundidad se encuentran

las mayores concentraciones hacia el oeste.

A nivel superficial además se registran las mayores concentraciones ( $37.048 \mu\text{M} < \text{Si-SiO}_2 < 157.048 \mu\text{M}$ ) que a los 50 m de profundidad, esto ocasionado por el fenómeno de la surgencia.

#### RELACION NITROGENO/FOSFORO

El principio de reactivo limitante establece que el crecimiento de las algas se ve limitado por el nutriente con menor disponibilidad en relación con la cantidad precisa. Tan pronto como este elemento se agota el crecimiento se para. Existen investigaciones que sugieren que cualquiera de los elementos carbono, nitrógeno o fósforo pueden ser limitantes, según las condiciones del agua. (Stoker, 1981).

El fosfato es quizá el nutrimento más importante como es sugerido por la correlación estrecha entre el contenido local de fosfato del agua de mar y las densidades de poblaciones planctónicas.

La concentración de fosfato en las aguas superficiales de una región puede variar marcadamente, dependiendo de la estación. A menudo hay una disminución significativa del fosfato en las aguas superficiales durante el florecimiento planctónico del inicio de la primavera.

La concentración de fosfato y la densidad del fitoplancton están a menudo en proporción inversa una de otra, debido a la utilización del fosfato por el plancton.

Por contraste con las lagunas de latitudes medias y altas,

las capas superficiales de los mares tropicales y subtropicales son casi siempre deficientes en fósforo debido al consumo continuo (a lo largo del año) de éste por las poblaciones perennes del fitoplancton (Weihs, 1984).

Los fosfatos, después de haberse introducido en una masa de agua, son reciclados continuamente en las plantas verdes y las algas; cuando estas mueren, los fosfatos se liberan y vuelven a ser usados por otros organismos. Esta regeneración del fosfato se produce con mayor rapidez que la del nitrógeno (Stoker, opus cit).

Con respecto a esta relación se observa en la tabla 5 que para ambas campañas el fósforo resulta ser el factor limitante en cuanto a productividad. A pesar de encontrarse mayores concentraciones de fosfato en SALCRU 90-II, la relación molar nitrógeno/fósforo resulta ser mayor que en SALCRU 90-I, esto posiblemente ocasionado por las altas concentraciones de amonio registradas en la campaña SALCRU 90-II, además por no contar con los datos de fósforo total que darían como resultado posiblemente una relación N/P diferente.

Para SALCRU 90-I donde la relación molar N/P es más cercana 1 : 1 es para los transectos 10, 11 y 15 lo que indica que prácticamente no existe un nutrimento que resulte ser limitante en esta área.

En SALCRU 90-II los valores menores de la relación N/P se reportan para los transectos 13, 14 y 15 que es de aproximadamente 4 : 1.

De acuerdo a lo anterior se puede explicar que la alta relación molar N/P se debe a la alta actividad biológica respecto a los diferentes nutrimentos, así también se puede establecer mayor actividad en SALCRU 90-II.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al comportamiento de los parámetros físico-químicos para ambas campañas oceanográficas se puede concluir lo siguiente:

Se observa que la temperatura superficial es menor durante la época de "Tehuacos", principalmente hacia la costa oeste. Para ambas campañas se aprecia una termoclina somera aproximadamente a los 50 m de profundidad, que es más marcada en SALCRU 90-I, ya que, en SALCRU 90-II la influencia de los fuertes vientos que se presentan durante esa época facilita mejor la "mezcla" de la columna de agua.

Con respecto a la salinidad los valores son menores al promedio para el agua de mar, principalmente en la primera campaña, frente a la zona de las lagunas Superior, Inferior y Mar Muerto, que tiene un efecto diluyente en esta área.

Para el pH en ambas campañas los valores registrados se encuentran por debajo a los reportados para el agua de mar, principalmente cerca de la costa de Salina Cruz, de las lagunas Superior e Inferior.

Los valores de oxígeno disuelto registrados son inferiores a los de saturación para las dos campañas. A nivel de superficie los valores para SALCRU 90-I son menores a los de SALCRU 90-II, para esta última campaña los máximos valores se registran cercanos a la costa oeste. Principalmente para SALCRU 90-II se obser-

una considerable disminución con respecto a la profundidad en las estaciones próximas a la costa.

Para los nutrimentos de manera general se encuentran altas concentraciones de estos, principalmente a nivel de superficie en la campaña SALCRU 90-II.

Para la campaña oceanográfica SALCRU 90-I, se puede decir, que se favorece el proceso de nitrificación por las altas concentraciones observadas de  $N-NO_3$  y  $N-NO_2$ , y las bajas concentraciones de  $NH_3$ ; en tanto que para SALCRU 90-II se ve favorecida la desnitrificación por las altas concentraciones de  $NH_3$  y  $N-NO_2$  y las bajas concentraciones de  $N-NO_3$ .

Se observa para la campaña SALCRU 90-II que los giros de alta concentración de pH y oxígeno disuelto coinciden con los giros de alta concentración de  $NH_3$ , se hace notorio que dichos giros se localizan hacia la costa oeste, esto es, frente a Huatulco, Salina Cruz y la zona de las algas Superior e Inferior, lo que indica la dirección prevaleciente de las corrientes en la zona.

En cuanto a los ortofosfatos las mayores concentraciones se registran en la campaña SALCRU 90-II a nivel de superficie, esto ocasionado por la surgencia que se presenta.

Para los silicatos en SALCRU 90-II a nivel de superficie también se registran las mayores concentraciones que a 50 m de profundidad y en las estaciones localizadas hacia el oeste.

El nutrimento que resulto ser el factor limitante de la productividad para ambas campañas es el fósforo, encontrándose que es ocasionado por la alta actividad biológica de los organismos

plantónicos que lo consumen y a las altas concentraciones de  $N-NO_3$ ,  $N-NO_2$  y  $NH_3$ . La relación molar N/P resulta ser mayor para la campaña SALCRU 90-II.

La presencia de giros de alta concentración tanto en el perfil horizontal como en el vertical en ambas campañas sugiere que la surgencia es permanente, solo que es más marcada en la campaña SALCRU 90-II, en la que influyen los fuertes vientos procedentes del norte denominados "Tehuano".

Se observa también de manera general que las corrientes marinas mueven las masas de agua hacia el oeste y los fuertes vientos hacia el sur.

La pequeña aportación del presente trabajo es dar a conocer el comportamiento de algunos parámetros físico-químicos de una zona muy peculiar, el Golfo de Tehuantepec, sin embargo se hace necesario la realización de otros estudios inter y multidiciplinarios para entender mejor la dinámica de dicho evento y así poder aprovechar de una manera adecuada los recursos de la misma.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, B. S., CORDOBA, F., LLUCH, D. y CARVACHO, A. 1979. La Marea Roja: efecto natural del ecosistema marino. Información Científica y Tecnológica. CONACYT. vol. I Núme. 5. 5-8.
- ALVAREZ, L. G., BADAN, A. y VALLE, A., 1989. On Coastal Currents of Tehuantepec., Estuarine Coastal and Shelf Science. 29:89-96.
- BENSCHNEIDER, K. y ROBINSON, R. J., 1952. A new spectrophotometric method for determination of nitrite in sea water., J. Mar. Res. 11:87-96.
- BURTON, J. D. y LIS, P. S., 1968. Nature, 220:905.
- BURTON, J. D., LEATHERLAND, T. M. y LISS, P. S., 1970. Limnol. Oceanogr. 15:143.
- CARPENTER, E. J. y DUNHAM, S. 1985. Nitrogenous nutrient uptake, primary production, and species composition of phytoplankton in the Carmans River estuary, Long Island, New York. Limnol. Oceanogr. 30(3). 513-526.
- CIFUENTES, J. L. 1986. El Océano y sus recursos. Panorama oceánico. Fondo de Cultura Económica. México D. F.
- CIFUENTES, J. L. 1986. El Océano y sus recursos. Las Ciencias del Mar. Fondo de Cultura Económica. México D. F.
- DEGOBBIS, D. 1973. On the storage of sea water samples for ammonia determination., Limnol. Oceanogr., 18:146-150.
- ENCICLOPEDIA GENERAL DEL MAR. Afloramiento, 4ª ed., Ediciones Garriga, Barcelona, España; vol (I). 178. 1988.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), 2ª ed., Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.
- GONZALEZ, V. C. 1978. Estudio químico de la zona costera del sur del Golfo de México: frente a la albuga de Términos, Río Grijalva, río Coatzacoalcos y la laguna de Alvarado. Tesis profesional de licenciatura; Facultad de Química, U.N.A.M. México.
- GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M. y KREMLING, K. M. 1983. Methods of sea water analysis, 2ª ed., Verlag Chemie., Republic of Germany.
- HURD, W. 1929. Northerns of Gulf of Tehuantepec. Mon. Weath. Rev. Mayo:192-194.



KINNE, Otto. 1970. Marine Ecology. A comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal water. vol. I, Environmental Factors, Parte 1, Wiley-Interscience a division of John Wiley and Sons LTD, Gran Bretaña.

LAVIN, M. F., ROBLES, J. M., ARGOTE, M. L., BARTON, E. D., SMITH, R., BROWN, J., KOSRO, M. TRASVIÑA, A. VELEZ, H. S. y GARCIA, J. 1992. Física del Golfo de Tehuantepec. Ciencia y Desarrollo. CONACYT. vol. XVIII Núm. 103:97-107.

LEVINE, S. Y LEWIS, W. M. Jr. 1985. The horizontal heterogeneity of nitrogen fixation in Lake Valencia, Venezuela. Limnol. Oceanogr. 30(6), 1240-1245.

MILLERO, F. J. Y SOHN, M.L., 1992. Chemical Oceanography, CRC Press, Inc., U.S.A.

PARSONS, R. T., YOSHIKI, M. Y LALLI, C.M. 1984. A manual of Chemical and biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. U.S.A.

PEDRAZA, E. R. N. 1991. Caracterización de la actividad sulfato-reductora en el sedimento superficial del golfo de Tehuantepec. Tesis profesional de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales ZARAGOZA. U.N.A.M. México.

RILEY, J. P. Y CHESTER, R. 1989. Introducción a la química Marina 1ª ed. en español, AGT EDITOR S.A. México, D. F.

RILEY, J. P. Y SKIRROW, G. 1975. Chemical Oceanography. 2ª ed., vol 1 y 2, academic Press, New York U.S.A.

RODEN, G.I. 1961. On the driven circulation in the Gulf of Tehuantepec and its effect upon superficial surface temperatures. Geofísica Internacional. 1:55-72.

SEGOVIA, J. A., RIVERA, I. Y DEL VALLE, F. J. 1988. Efectos de desechos orgánicos en las zonas adyacentes a los efluentes en Bahía de Todos Santos: Nutrientes. Ciencias Marinas. 14(1):81-94.

SOLORZANO, L., 1969. Determination of amonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. Limnol. Oceanogr. 14:799-801.

STOKER, S. 1981. Química ambiental. Editorial Blume, Barcelona.

SEVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. Y FLEMING, H.R., 1942. The Oceans, their physics, chemistry and general biology. Pretince Hall, inc. Englewood Cliffs, N. J., U.S.A.

TS. P.P. 1981. Carta geológica, escala 1: 1000000. Hoja Villahermosa. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Secretaría de Programación y Presupuesto.

TURK, A., TURK, J. Y WITTES, J. 1988. Ecología-Contaminación-Medio Ambiente. Edit. Interamericana. México, D.F.

TUREKIAN, K. K. 1974. Los Océanos. Edit. Omega, Barcelona, España

TURNER, G. M. M. 1992. Estudio oceanográfico de algunos parámetros físico y químicos de la zona de surgencia del Golfo de Tehuantepec, en los meses de mayo y noviembre de 1989. Tesis profesional de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales ZARAGOZA. U.N.A.M. México.

TRAVERSY, W. J. 1971. Phosphorus total in: Methods for Chemical analysis of waters and wastewaters. Water Quality Division of Fisheries and Forestry. Ottawa, Canada. 141-143.

UNESCO. 1984. La escala de salinidad práctica de 1978 y la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980. Documentos técnicos de la UNESCO sobre ciencias del mar. 36:13-22.

VALDES, D., TREJO, J. y REAL, E. 1988. Estudio hidrológico de la laguna Celestún, Yucatan, México, durante 1985. Ciencias Marinas 14(2):45-68.

VAZQUEZ, G. F., ALEXANDER, V. H., TURNER, G. M. M., LENKA, G. A., 1990. Estudio físico-químico del Golfo de Tehuantepec. In: Memorias del primer foro Nacional de la Investigación Científica y Humanística del Estado de Chiapas, Noviembre 29 y 30, diciembre 1 de 1989. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

VAZQUEZ, G. F., TURNER G. M. M., GUTIERREZ, A. y ALEXANDER, V. H. 1990. Chemical Parameters before a red tide bloom, Gulf of Tehuantepec, México. In: The seventh Symposium on Coastal and Ocean Management. July 8-12, 1991. Long Beach, California.

WEIHAUPT, G. J. 1984. Exploración de los océanos. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V., México, D. F.

WEISEBERG, J. y PARISH, H. 1974. Introductory Oceanography. Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd. Tokio, Japón.

WETZEL, R. G. 1981. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona, España.

WOOD, E. D., AMSTRONG, F. A. y RICHARDS, F. A. 1967. Determination of nitrate in seawater by cadmium copper reproduction to nitrite. J. Mar. Assoc. U. K. 47:23-31.

## **APENDICE I**

### **ISOLINEAS VERTICALES**

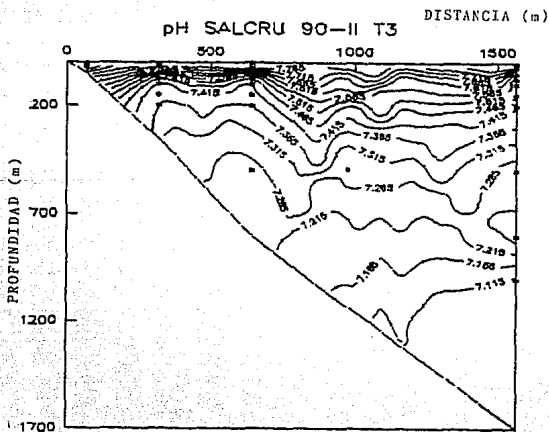
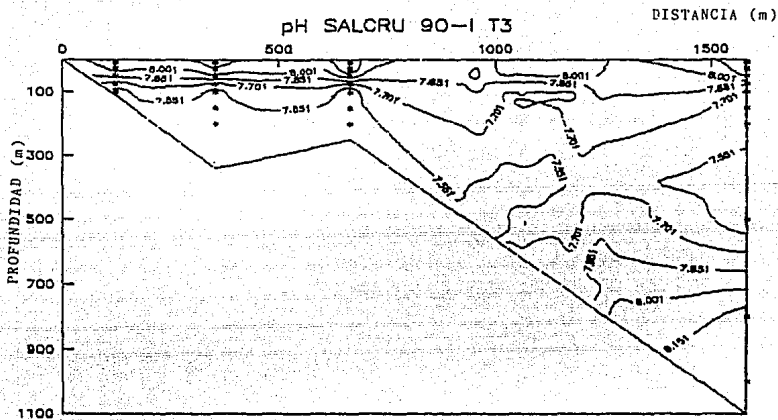


Figura 4





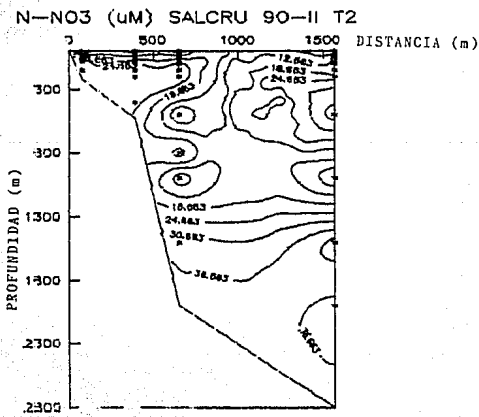
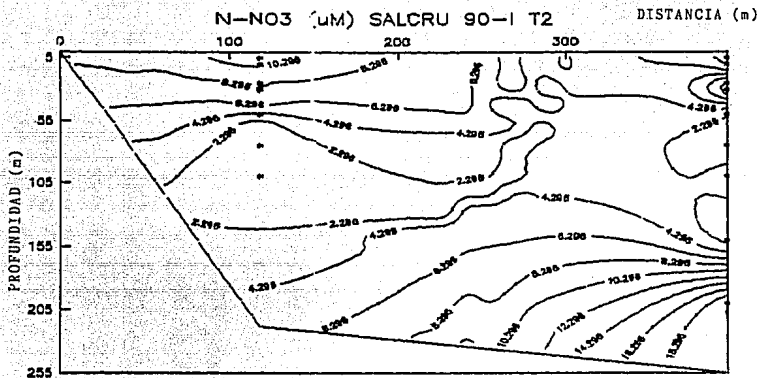


Figura 7

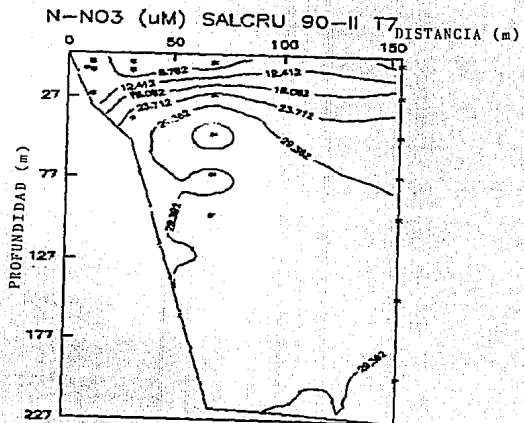
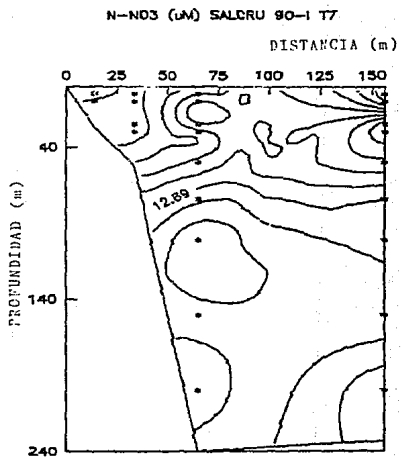


Figura 8











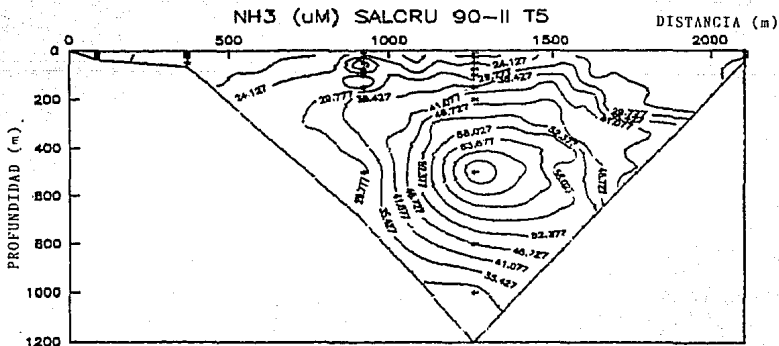
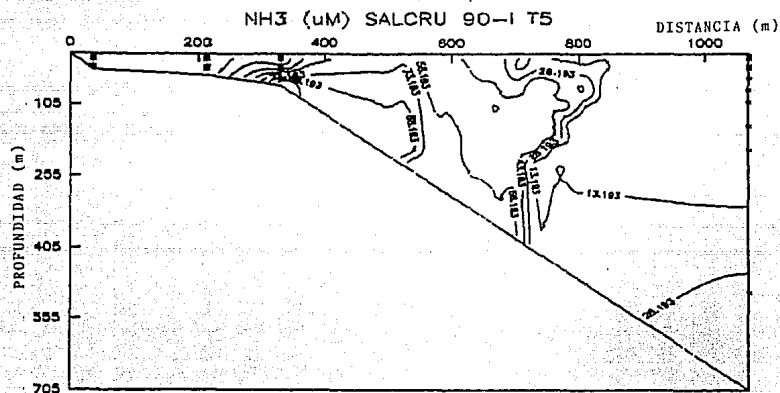


Figura 13



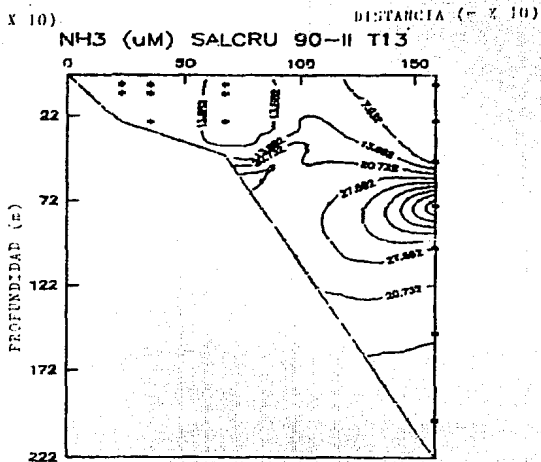
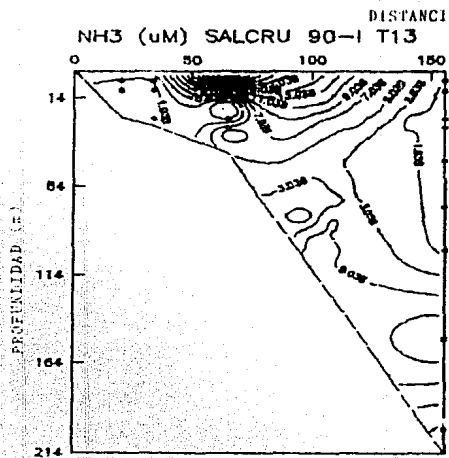
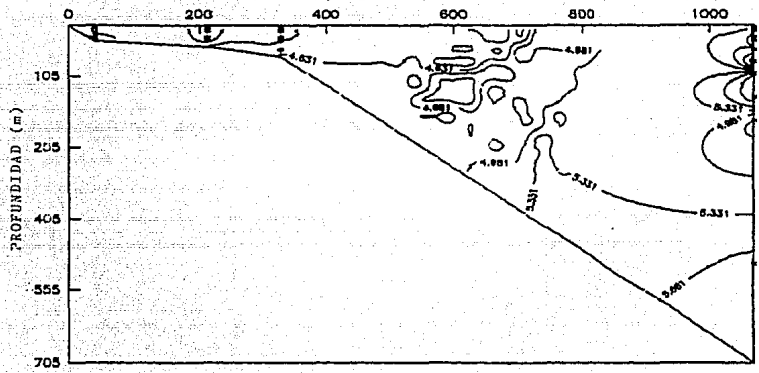


Figura 15

P-PO4 ( $\mu\text{M}$ ) SALCRU 90-I T5

DISTANCIA (m)



P-PO4 ( $\mu\text{M}$ ) SALCRU 90-II T5

DISTANCIA (m)

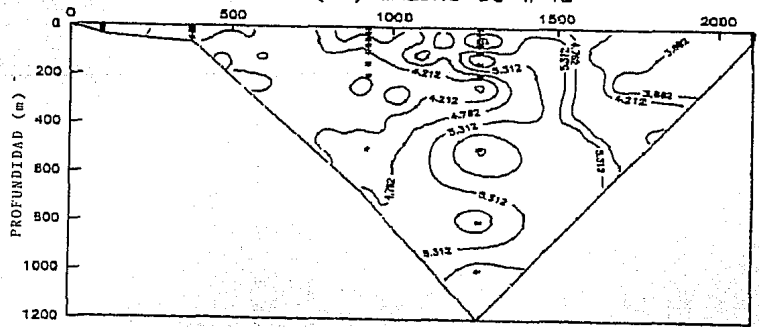
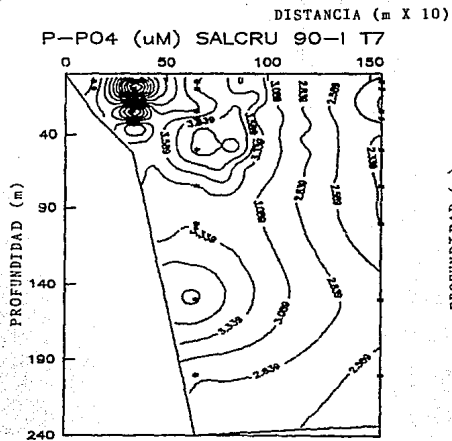


Figura 16







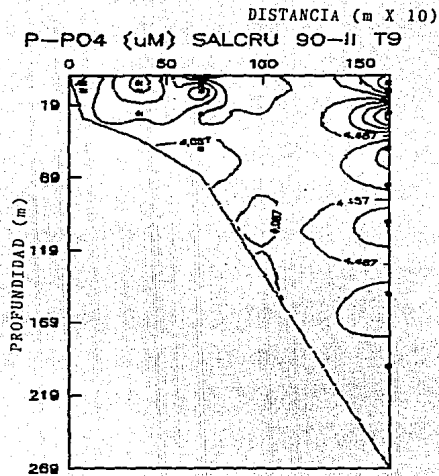
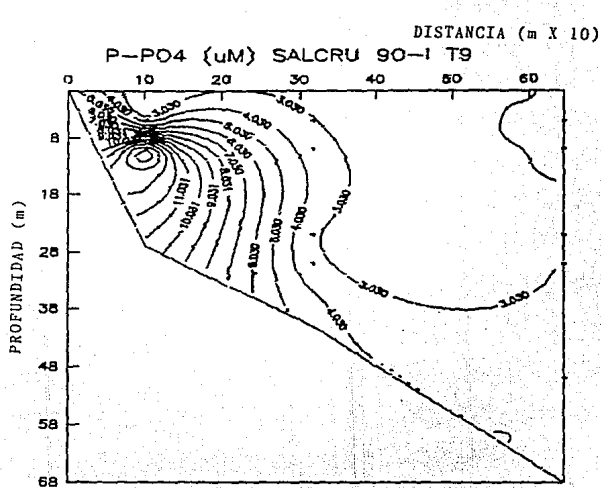
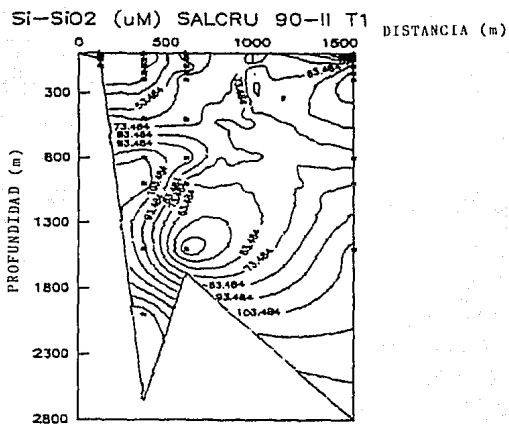
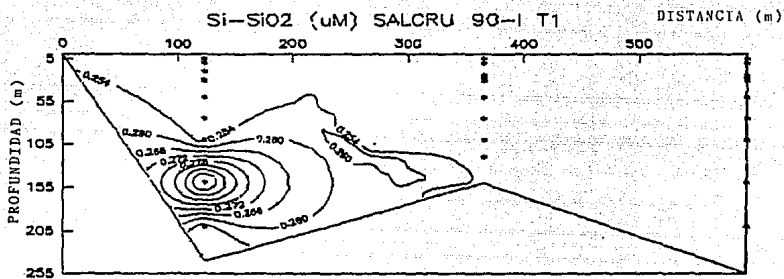


Figura 19





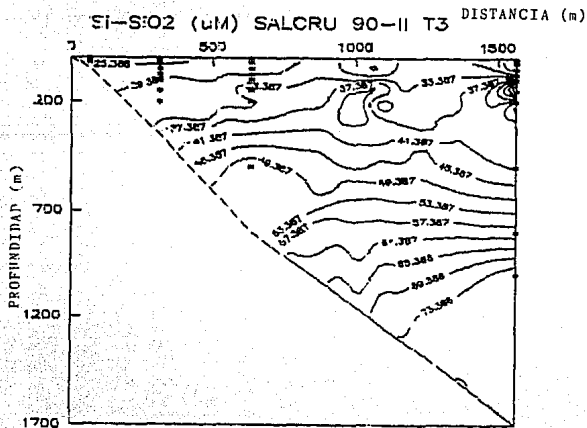
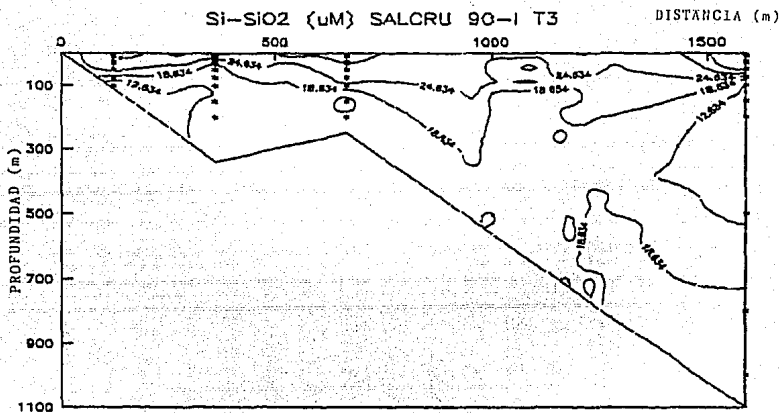


Figura 22

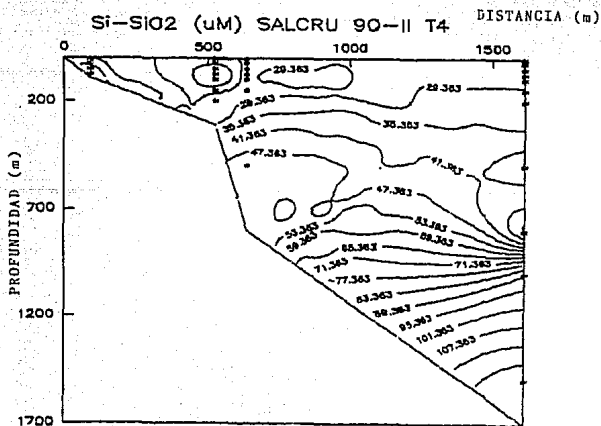
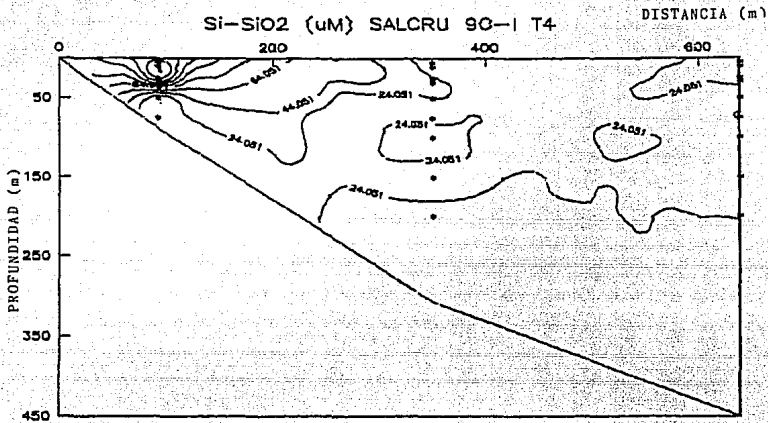


Figura 23

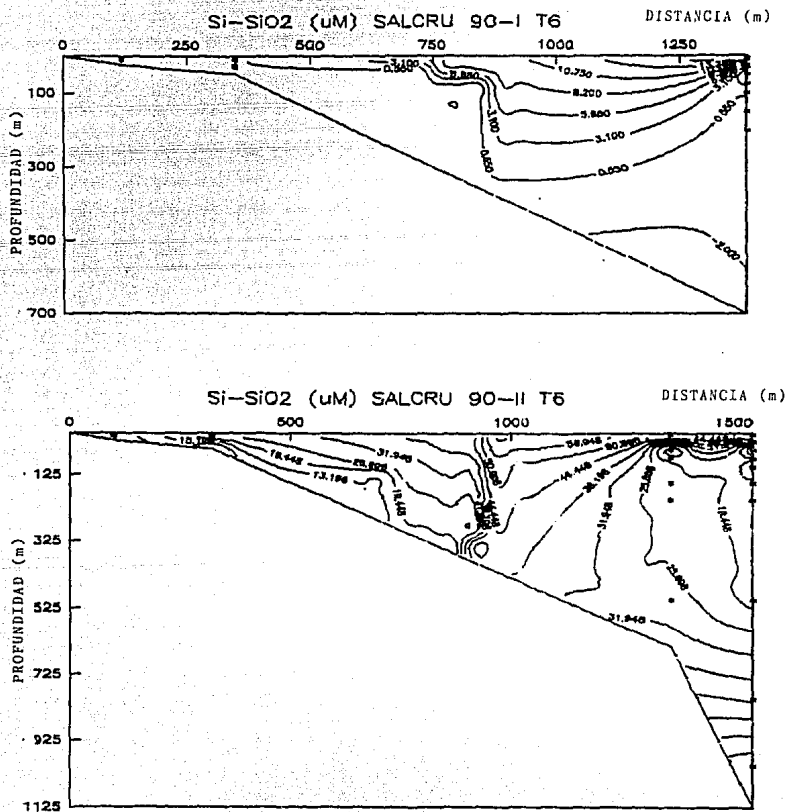


Figura 24



## **APENDICE II**

### **ISOLINEAS HORIZONTALES**

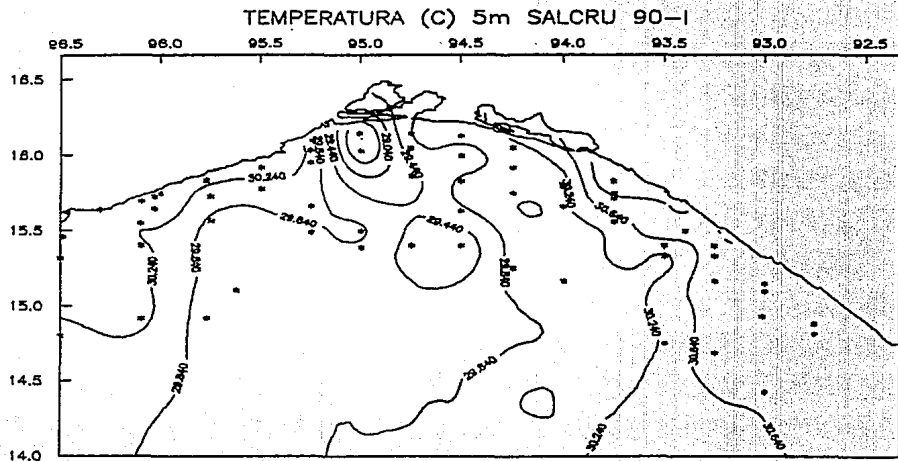


Figura 25

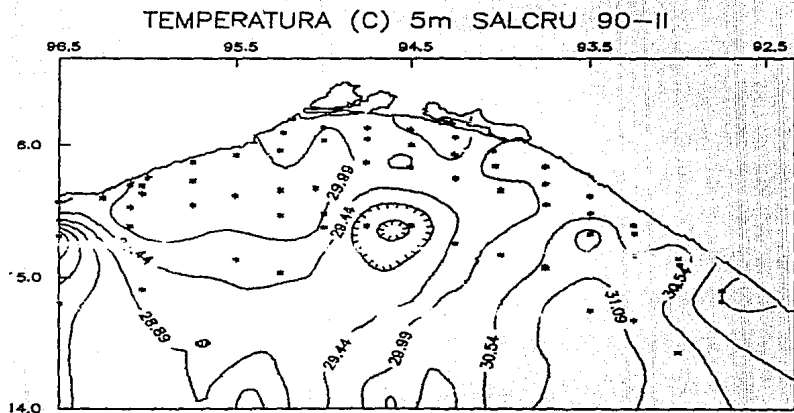
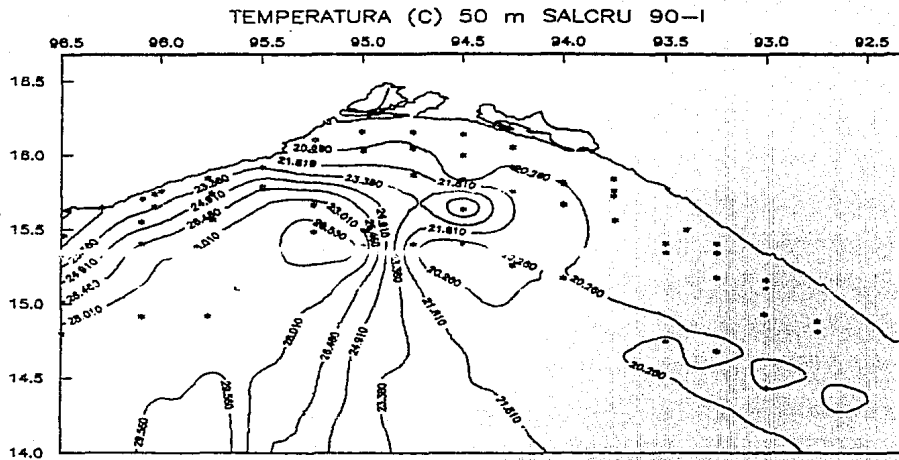


Figura 26



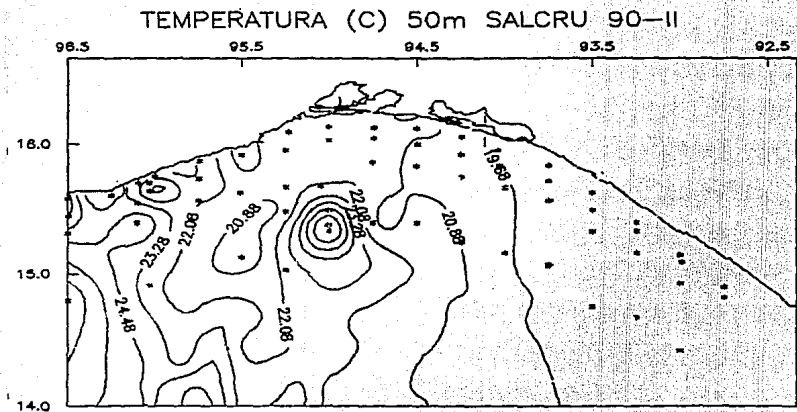


Figura 28

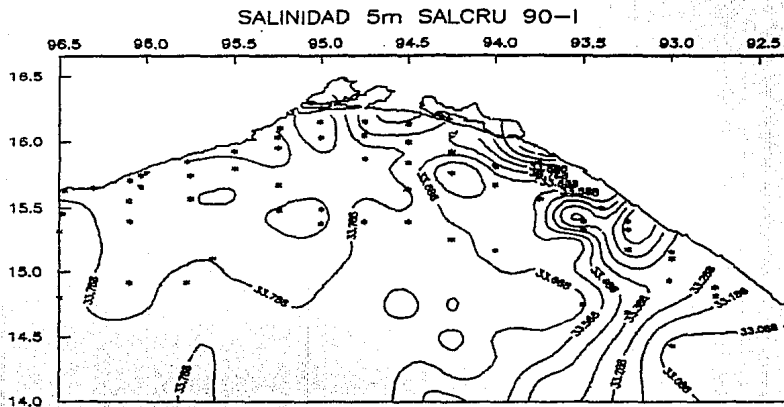


Figura 29

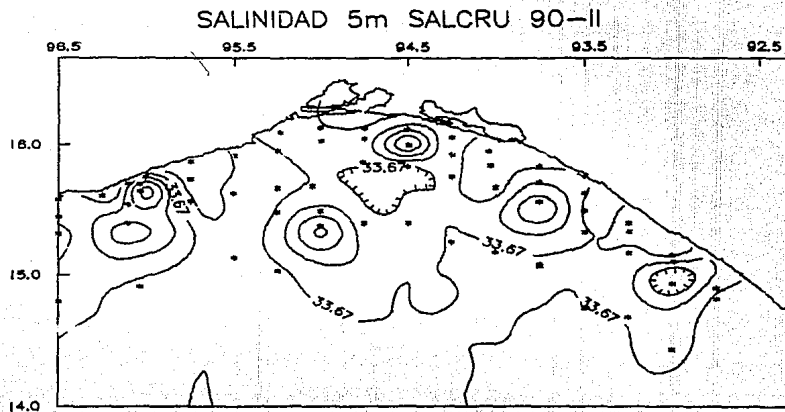


Figura 30

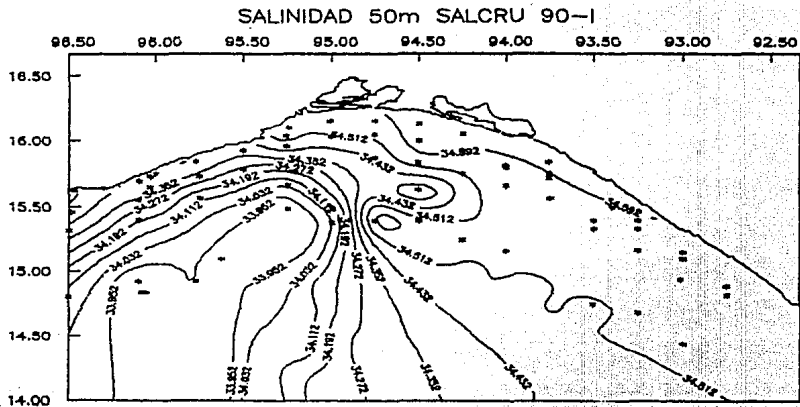


Figura 31



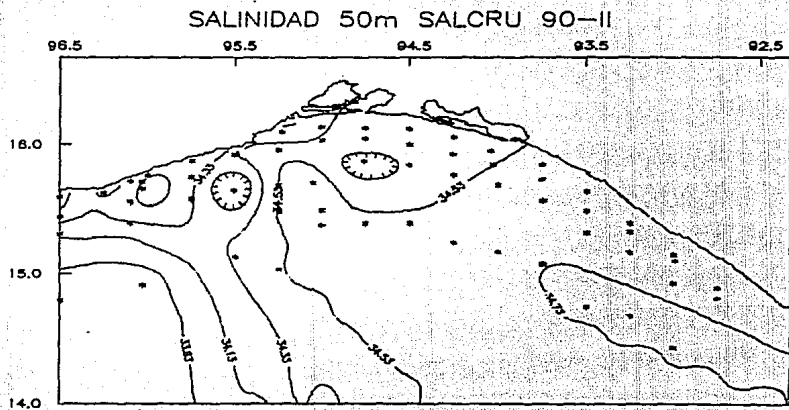


Figura 32



pH 5m SALCRU 90-II

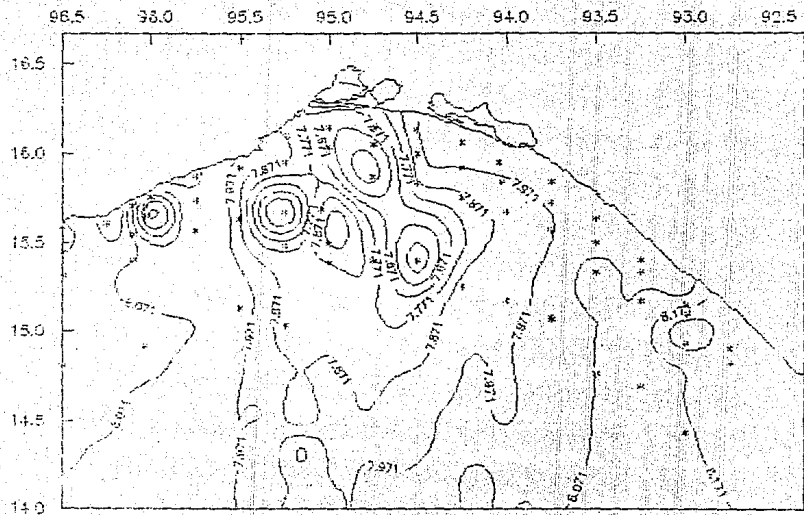


Figura 34

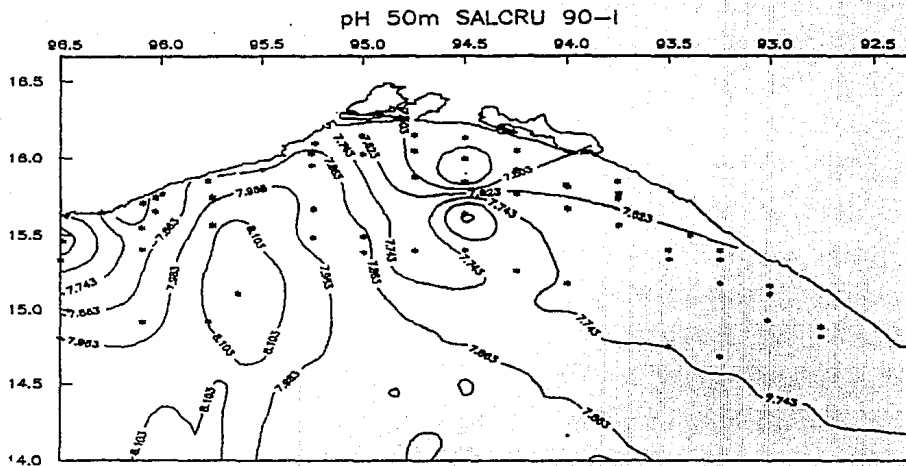


Figura 35

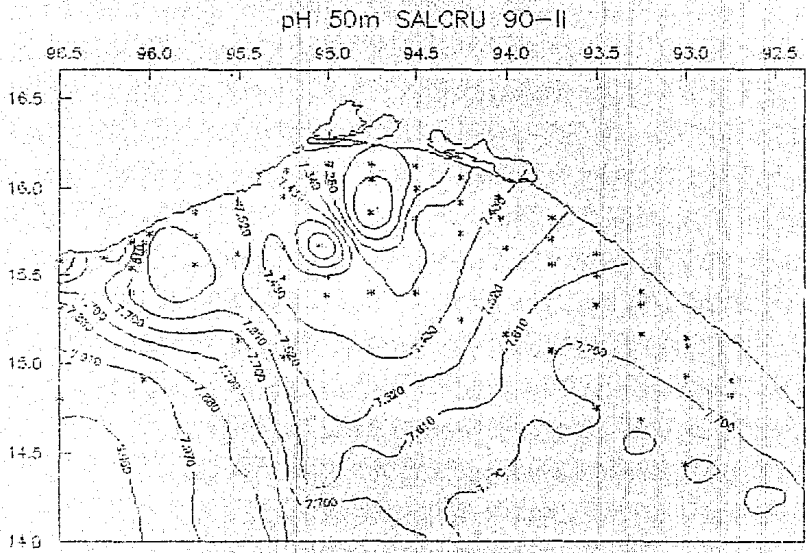


Figura 36

02 DISUELTO 5m SALCRU 90-1

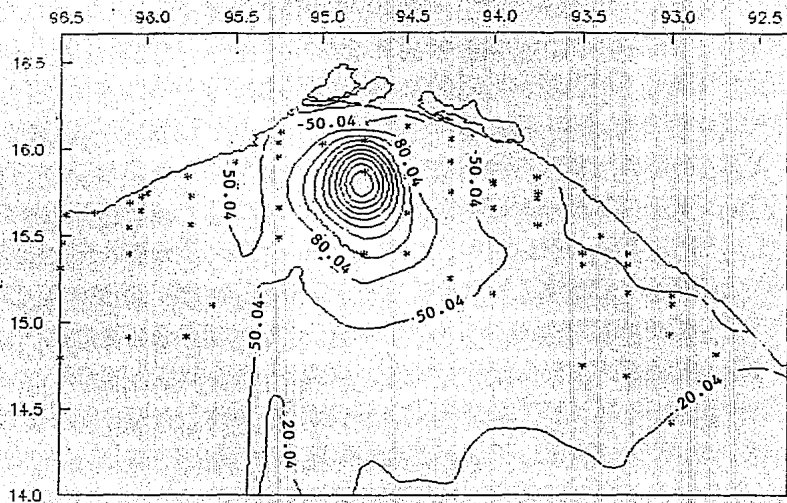


Figura 37

O<sub>2</sub> DISUELTO (µM) 5m SALCRU 90-II

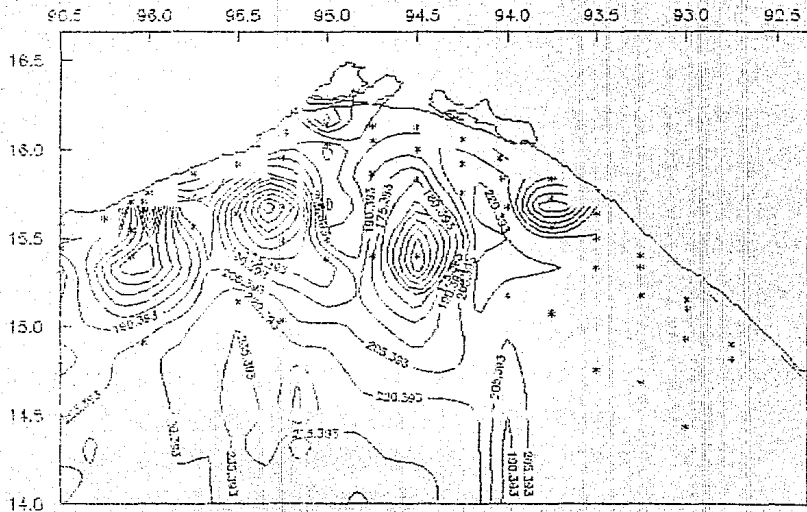


Figura 38





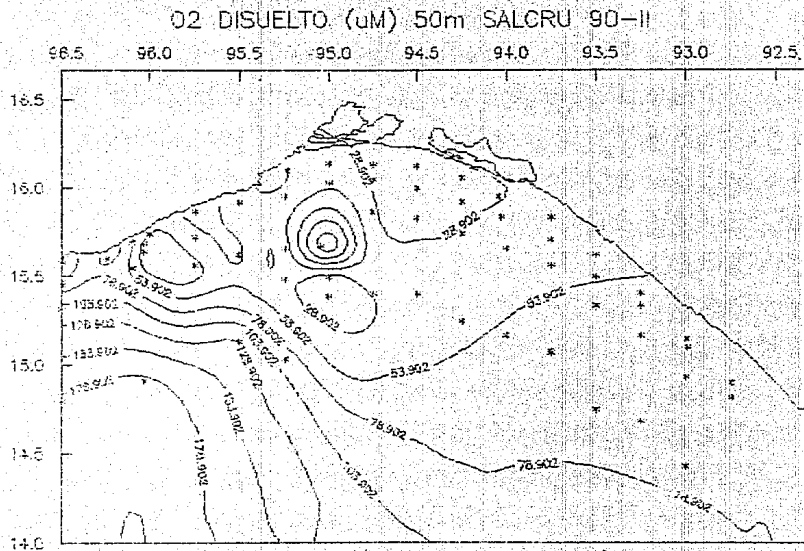
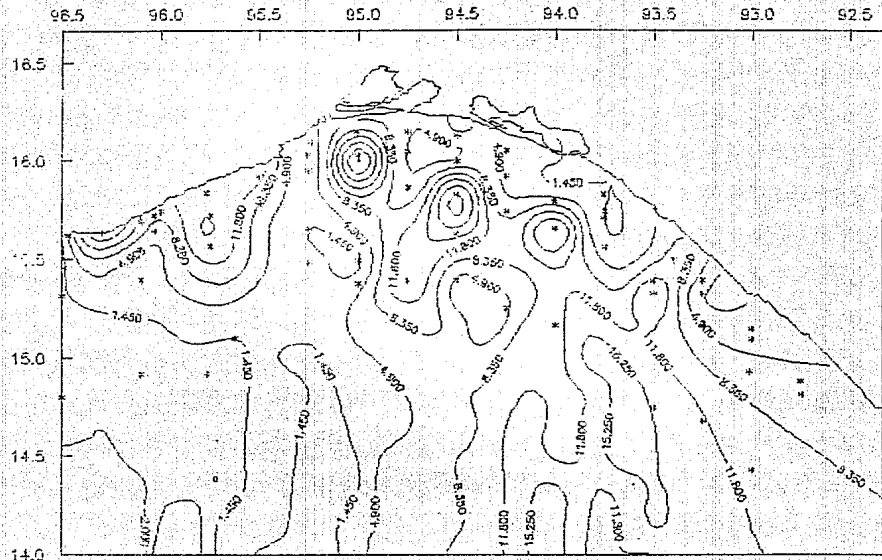


Figura 40

N-NO<sub>3</sub> (µM) 5m SALCRU 90-1



N-NO<sub>3</sub> (μM) 5m SALCRU 90-II

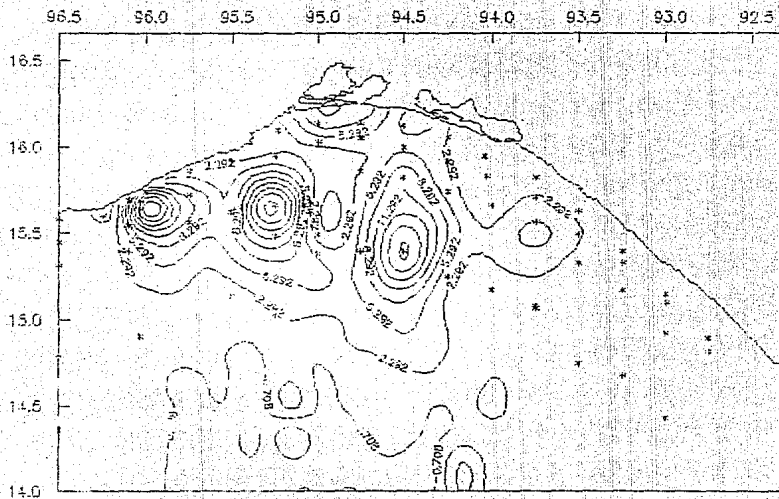


Figura 42

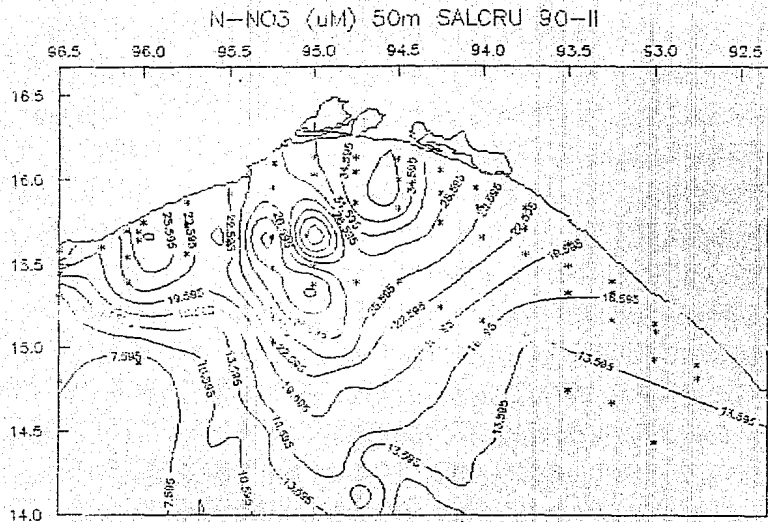


Figura 43

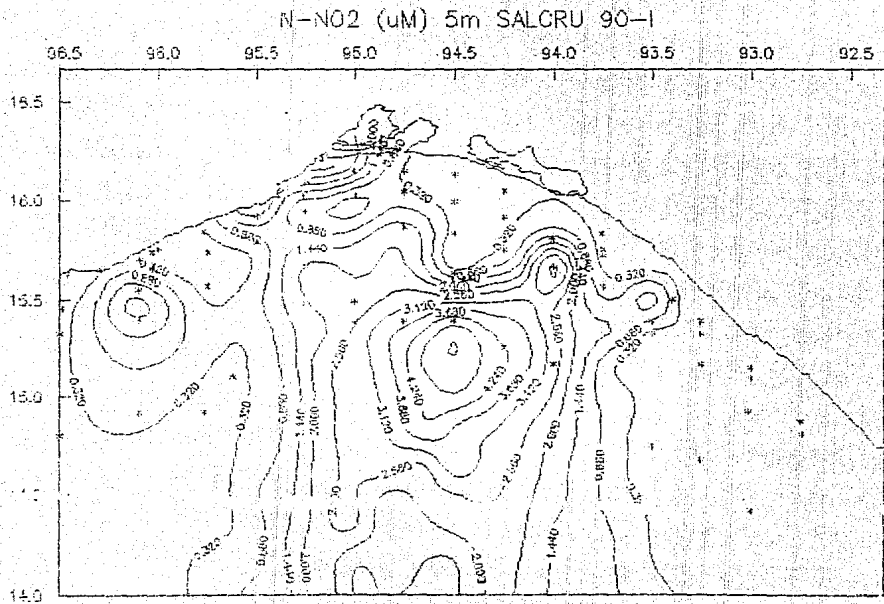


Figura 44

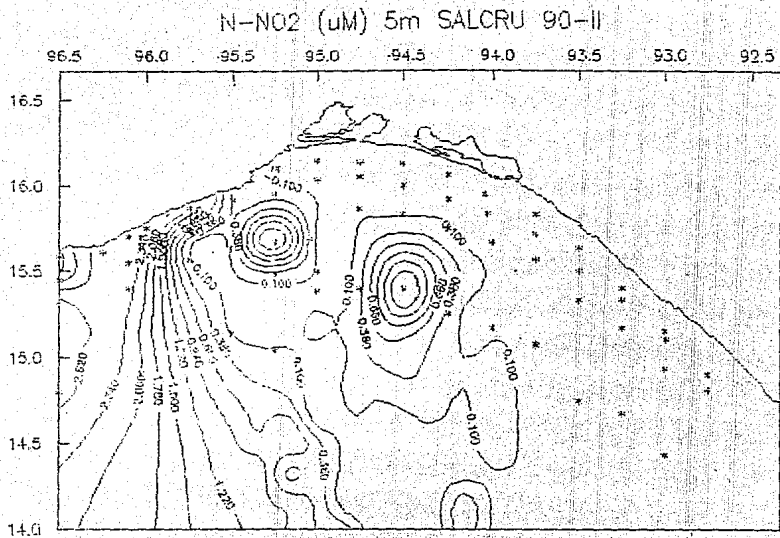


Figura 45

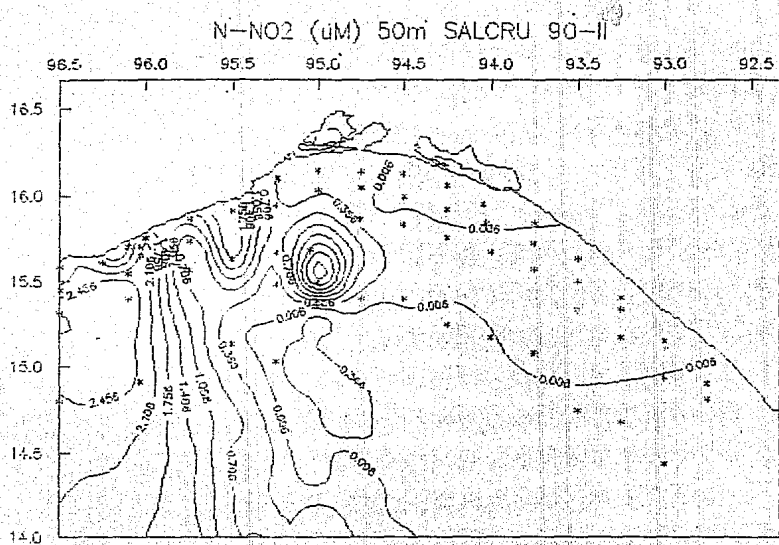


Figura 46

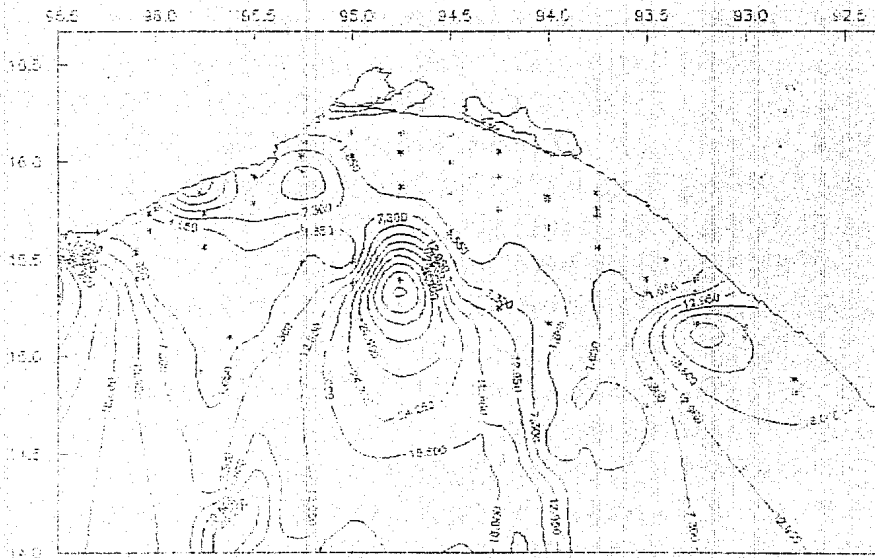
NH3 ( $\mu\text{M}$ ) 5m SALCRU 90-1

Figura 47



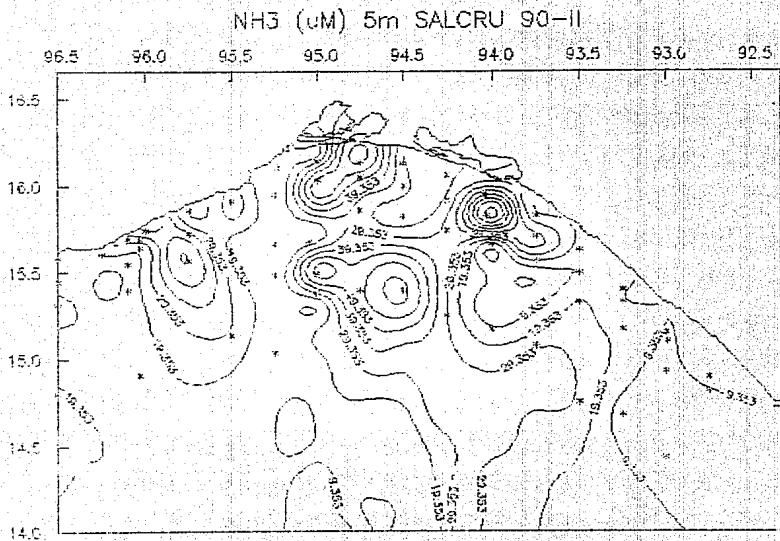


Figura 48

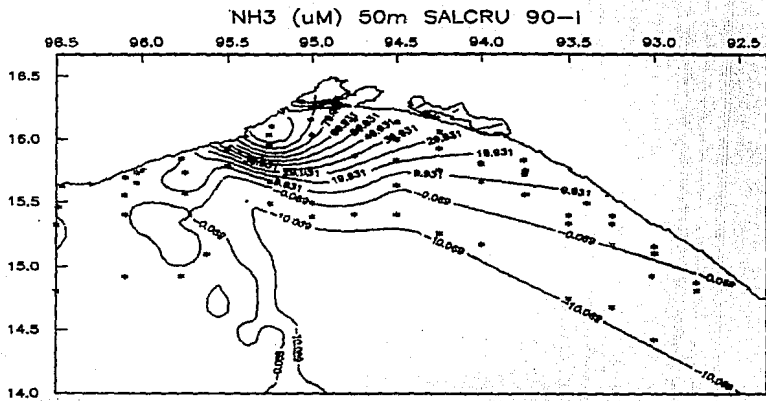


Figura 49

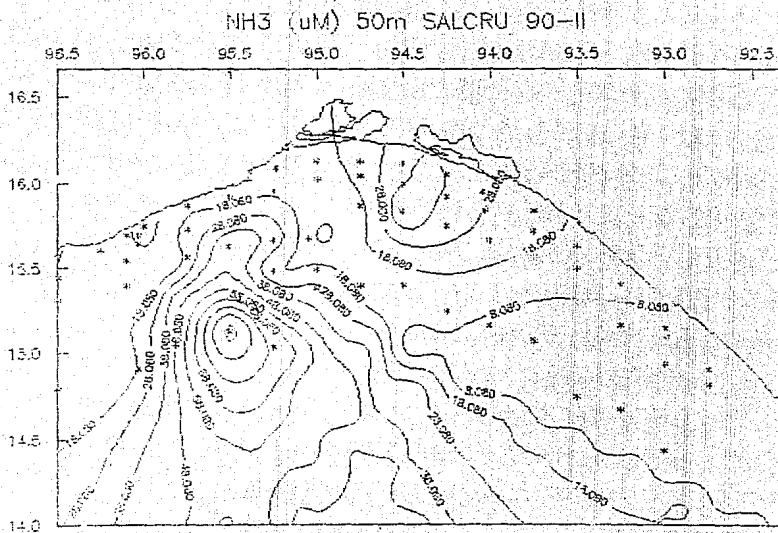


Figura 50

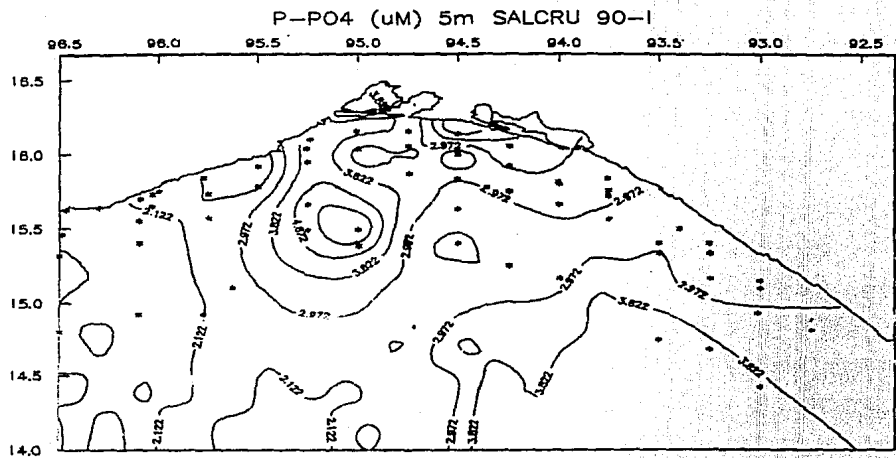


Figura 51

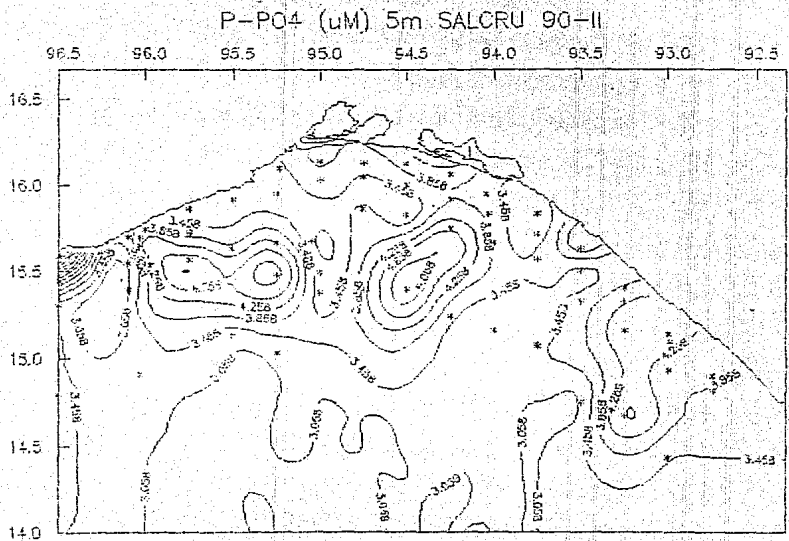
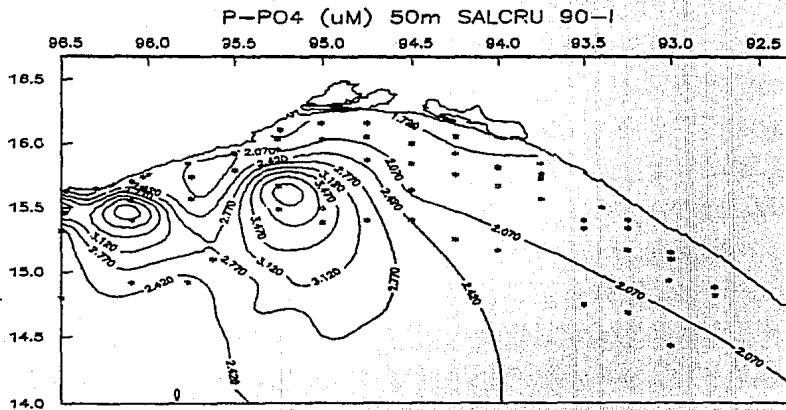


Figure 52



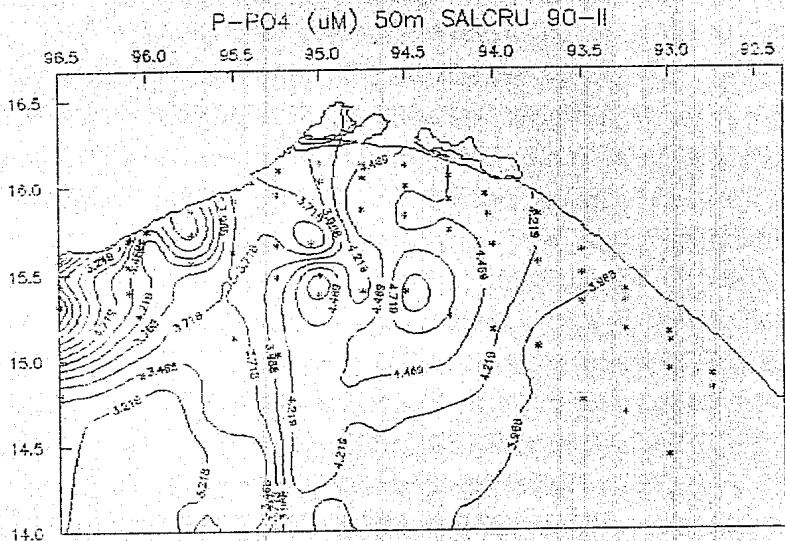


Figura 54

Si-SiO<sub>2</sub> (uM) 5m SALCRU 90-1

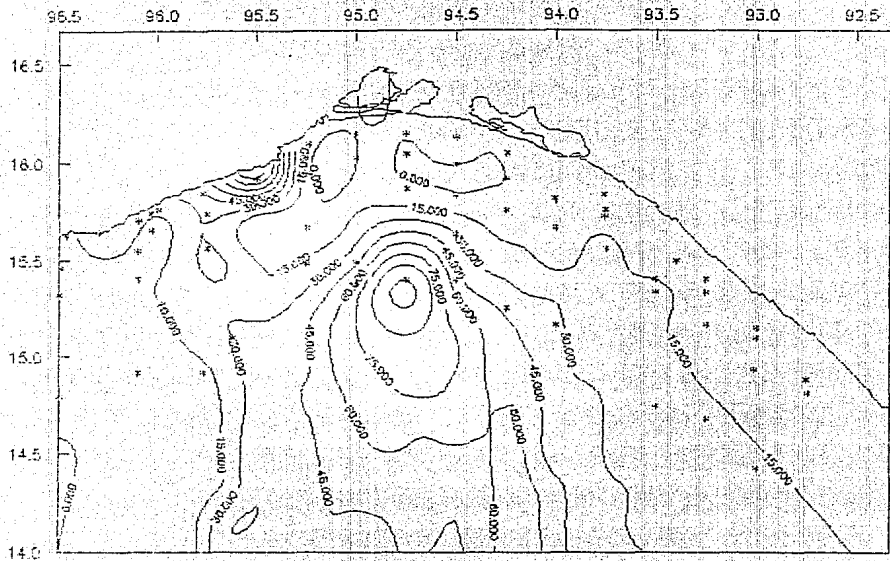


Figura 55



Si-SiO<sub>2</sub> (uM) 5m SALCRU 90-II

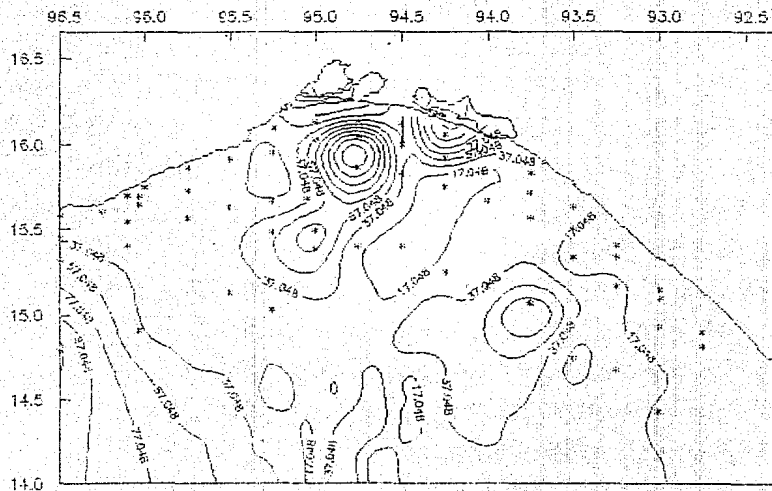


Figura 56

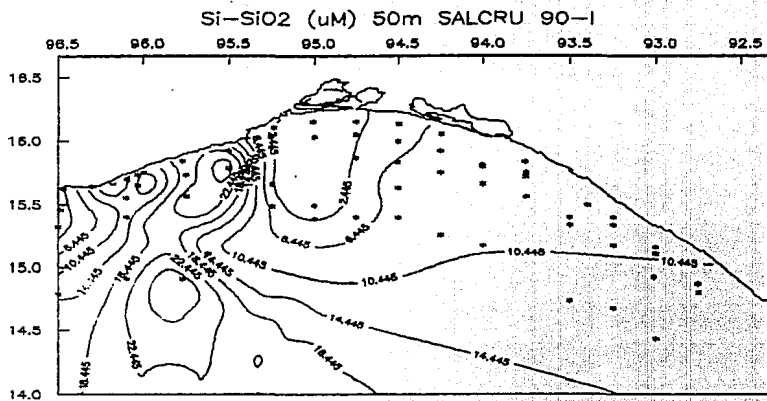


Figura 57

## **APENDICE III**

### **TERMOCLINAS**

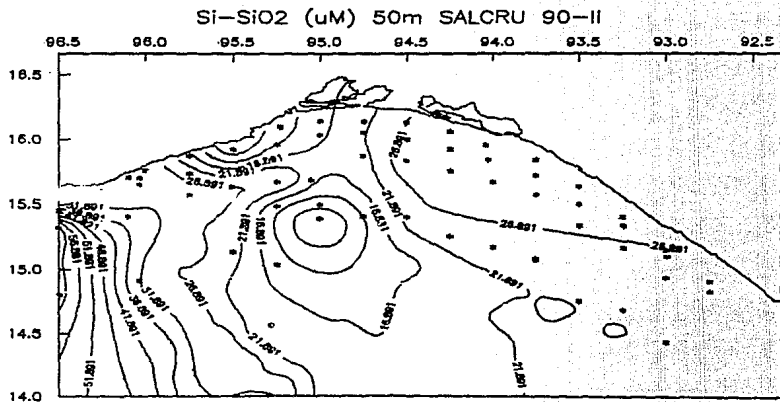


Figura 58

PROFUNDIDAD (m)

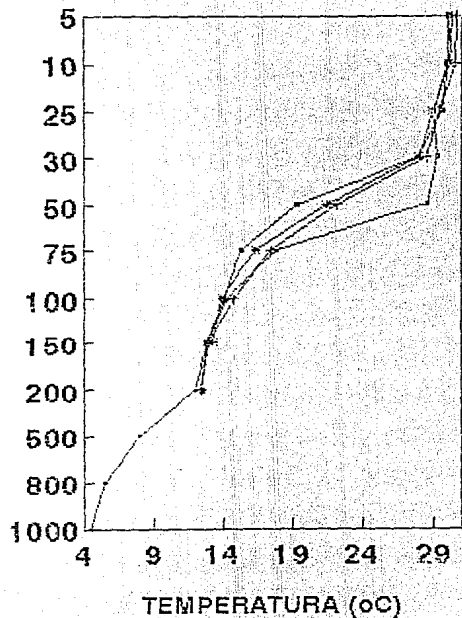
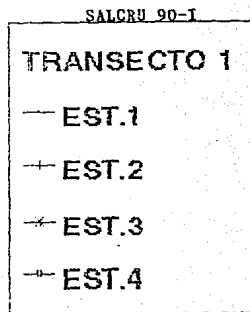


Figura 59

# PROFUNDIDAD (m)

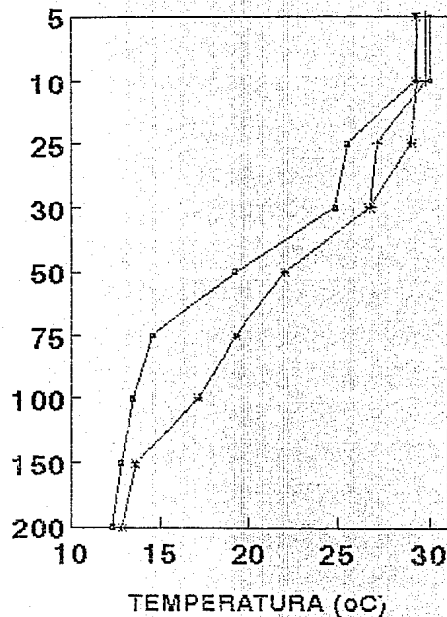
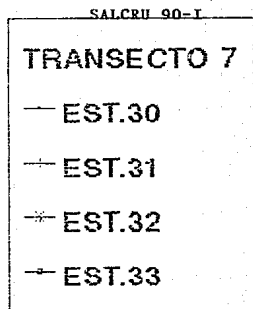


Figura 60

## PROFUNDIDAD (m)

SALCRU 90-II

### TRANSECTO 5

— EST.21

+ EST.22

\* EST.23

— EST.24

\* EST.25

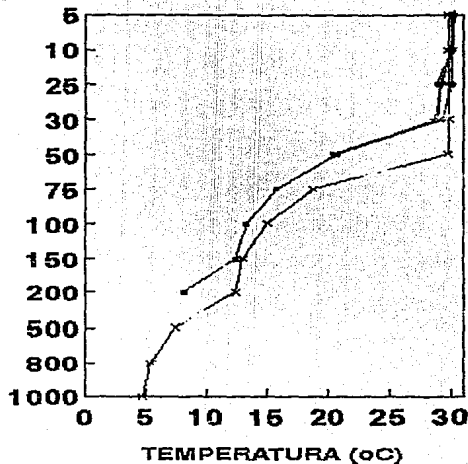


Figura 61

# PROFUNDIDAD (m)

SALCRU 90-II

## TRANSECTO 8

— EST.34

+ EST.35

\* EST.37

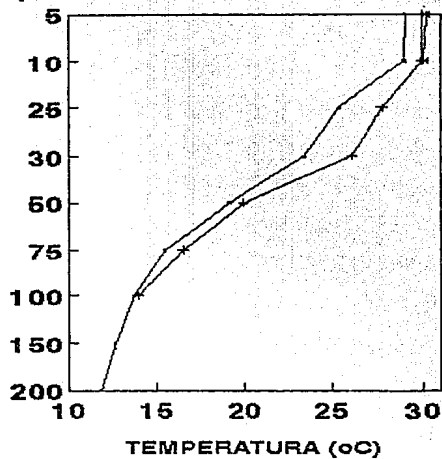


Figura 62