



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ZARAGOZA**

ESTUDIO OCEANOGRAFICO EN ALGUNOS
PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DE LA ZONA
DE SURGENCIA DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC,
EN LOS MESES DE MAYO Y NOVIEMBRE DE 1989

**TESIS CON
FALLA DE CORTA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

MA. MAGDALENA TURNER GARCES

DIRECTOR DE TESIS: DR. FELIPE VAZQUEZ GUTIERREZ



MEXICO, D. F.

1992



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.

C O N T E N I D O

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	5
Objetivos	7
Area de Estudio	8

Figura 1. Localización del área de estudio.

Método	12
--------	----

Figura 2. Derrotero de la Campaña Oceanográfica MIMAR-V, mayo de 1989.

Figura 3. Derrotero de la Campaña Oceanográfica FIQUIMBI-I, noviembre de 1989.

Resultados	16
------------	----

Tabla 1. Parámetros Estadísticos (Campaña MIMAR-V), transectos 1 a 9.

Tabla 2. Parámetros Estadísticos (Campaña FIQUIMBI-I), transectos 1 a 7.

Tabla 2a. Parámetros Estadísticos (Campaña FIQUIMBI-I), transectos 8 a 14.

Tabla 3. Parámetros Estadísticos (Campaña MIMAR-V), transectos 1 a 9 (nutrimentos).

Tabla 4. Parámetros Estadísticos (Campaña FIQUIMBI-I), transectos 6 a 14 (nutrimentos).

Discusión	20
-----------	----

Conclusiones	27
Bibliografía	29

Apéndice I	35
------------	----

Figuras 4 a 9. Representación gráfica de la alcalinidad total mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 10 a 15. Representación gráfica del $N-NH_3$ mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 16 a 18. Representación gráfica del $N-NO_2$ mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 19 a 23. Representación gráfica del $N-NO_3$ mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 24 a 32. Representación gráfica del O_2 disuelto mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 33 a 42. Representación gráfica del pH mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 43 a 48. Representación gráfica del $P-PO_4$ mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 49 a 58. Representación gráfica de la salinidad mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 59 a 64. Representación gráfica del $Si-SiO_2$ mediante isolíneas verticales (por transecto).

Figuras 65 a 74. Representación gráfica de la temperatura mediante isolíneas verticales (por transecto).

Apéndice II	36
-------------	----

Figuras 75 a 78. Representación gráfica del $N-NH_3$ mediante isolíneas horizontales (por nivel).

Figuras 79 a 82. Representación gráfica del $N-NO_3$ mediante isolíneas horizontales (por nivel).

Figuras 83 a 86. Representación gráfica del O_2 disuelto mediante isolíneas horizontales (por nivel).

Figuras 87 a 90. Representación gráfica del pH mediante isolíneas horizontales (por nivel).

Figuras 91 a 94. Representación gráfica del $P-PO_4$ mediante isoclinas horizontales (por nivel).

Figuras 95 a 98. Representación gráfica de la salinidad mediante isoclinas horizontales (por nivel).

Figuras 99 a 102. Representación gráfica de la temperatura mediante isoclinas horizontales (por nivel).

Figuras 103 a 107. Representación gráfica de las termoclinas mediante perfiles temperatura-profundidad (por transecto).

Figuras 108 a 111. Representación gráfica de la alcalinidad total mediante isoclinas horizontales (por nivel).

Apéndice III

37

Figuras 112 y 113. Modelo hidrodinámico.

RESUMEN

El Golfo de Tehuantepec se caracteriza por presentar fuertes vientos perpendiculares a la costa llamados Tehuanos, los cuales normalmente tiene una duración de 3 a 5 días y aunque pueden ocurrir todo el año se desarrollan principalmente durante los meses de octubre a marzo (con intervalos de 10 a 15 días), lo que da origen a una zona de surgencia y asociada con este fenómeno la aparición de la marea roja. Esta área fue estudiada durante las Campañas Oceanográficas MIMAR-V (mayo, 1989) y FIQUIMBI-I (noviembre, 1989) a bordo del B/O "El Puma".

Los valores de alcalinidad total (AT) son más altos durante el mes de mayo (2.859 mmol/kg), se observa un marcado efecto de los procesos biológicos sobre este parámetro, principalmente de la fotosíntesis y la respiración. La concentración de amoníaco es mayor a la reportada para el agua de mar, siendo más elevada durante la segunda campaña (143.5 μM). El N-NO_3 se encuentra en altas concentraciones, mayores durante la segunda campaña (157.6 μM) en comparación con la primera. Las concentraciones de P-PO_4 , valores de pH y oxígeno disuelto muestran un cambio pronunciado de concentración a una profundidad 50 m, detectándose valores menores de $\text{pH}=7$ y $\text{O.D.}=95 \mu\text{M}$, lo cual indica la presencia de una zona anóxica somera. Los valores de salinidad son menores al promedio del agua de mar (35), principalmente durante FIQUIMBI-I donde se observan valores de 33. Se observa una permanente termoclina somera (<50 m de prof.), la cual es preponderante y caracteriza a la época de Tehuanos, los valores superficiales de temperatura son menores a los obtenidos en puntos más profundos. El área de máxima surgencia durante la campaña FIQUIMBI-I, se localiza de Huatulco a Salina Cruz, Oaxaca.

I N T R O D U C C I O N

En regiones de baja latitud los vientos alisios soplan sobre las costas hacia el Ecuador, auxiliados por el efecto geostrófico, provocando que las aguas superficiales se muevan lejos de las costas hacia el lado oeste de los océanos. Su lugar es tomado por el agua que asciende de profundidades de 200-400m m. Esta agua de **afloramiento frío** contiene concentraciones relativamente altas de nutrimentos, tales como nitratos y fosfatos (Weihaup, 1984).

Dado que las aguas que surgen de las profundidades pueden variar grandemente a través del espacio en cuanto a la cantidad de nutrimentos que contienen, esto indica que, aunque las **surgencias** o **afloramientos** son eventos físicamente idénticos pueden diferir grandemente en sus efectos biológicos (Thiede y Suess, 1983).

Las zonas de divergencia muestran altas concentraciones de nutrimentos dentro de la zona fótica, resultando en condiciones de eutroficación, las más importantes regiones de divergencias son encontradas en las corrientes de los bordes orientales (Wooster y Reid, 1963) y en la Corriente Ecuatorial. Estas regiones de estratos de afloramiento ocupan una gran porción del mundo de pesquerías (Ryther, 1969).

Observaciones preliminares de un estudio realizado cerca de Punta Concepción, California así como de observaciones previas en el Perú, cerca de los 15° Sur, dieron algunas generalizaciones acerca de las **surgencias costeras**. La estructura media de estos centros parece estar bien definida por regiones de **baja temperatura, altas concentraciones de nutrimentos y baja abundancia fitoplanctónica**, con gradientes característicos de cada una

de estas variables (Smith, 1968; Ryther, 1969; Parsons, 1979; Hartline, 1981; Walsh, 1981).

Algunas áreas costeras se caracterizan por la presencia de zonas de afloramiento como son la costa oeste de E.E.U.U., noroeste de Africa, Perú y México. Las costas del Perú, California así como de Africa han recibido especial atención como puede constatarse en la literatura citada (Thiede y Suess, 1983).

El Golfo de Tehuantepec se caracteriza por la presencia de unos intensos vientos provenientes del norte conocidos como Tehuanos, los cuales provocan un área de surgencia frente a las costas de Chiapas (Hurd, 1929),.

El caso del Golfo de Tehuantepec, conformado por un "chorro" de viento que sopla perpendicularmente desde tierra hacia el mar, es una situación poco común y no estudiada extensamente. Como el transporte de Ekman depende de la intensidad del viento, la distribución del viento en forma de chorro tiende a acumular el agua en algunas zonas (zonas de convergencia) y a sacarla de otras zonas (zonas de divergencia); esto provoca que la termoclina se aleje o acerque a la superficie respectivamente (este proceso es llamado bombeo de Ekman) (Lavin et al., 1992)

Muchos investigadores creen que las mareas rojas se desarrollan en zonas de surgencia y aunque estos fenómenos naturales pueden presentarse en áreas costeras ampliamente esparcidas (y aún en ocasiones en alta mar), se intuye que la contaminación tanto orgánica como inorgánica puede aumentar la frecuencia y gravedad de las afloraciones tóxicas, Ryther, 1955; Hutner y Mc Laughlin, 1958 y Wood, 1962 presentan diversas teorías.

Ciertas especies de dinoflagelados secretan en el agua sustancias altamente tóxicas que pueden causar la muerte a otros organismos o bien si son filtrados por moluscos pueden concentrarse extraordinariamente en ellos; por ejemplo, la llamada marea roja, la cual es producida principalmente por *Gymnodium brevis*, *Gonyaulax polyhedra* y *Exuvilla baltica*. Así, al comer mejillones después de una marea roja se ingiere fácilmente la toxina que afecta al sistema nervioso central del hombre, y para la cual no se conoce ningún antídoto (Kinne, 1970).

De manera que los estudios oceanográficos inter y multidisciplinarios son relevantes para comprender los diversos fenómenos que suceden en áreas como el Golfo de Tehuantepec. Y lo que será también complementario para futuras investigaciones relacionadas con el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales de esta zona.

ANTECEDENTES

De acuerdo con Hurd (1929), los vientos dominantes en el área de estudio son los noreste durante el invierno, aún cuando cerca de la costa provienen del noroeste. En la región de los fuertes vientos, la corriente se mueve hacia el sur con una velocidad de unos 20 cm/seg, hasta las latitudes 12°N o 13°N donde encuentra la Corriente Ecuatorial del Norte.

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; con un valor máximo encontrado de 36.0 m/seg en el mes de marzo de 1931.

Asimismo 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 hay una difusión de agua fría hacia las áreas vecinas (Roden, 1961).

Lo anterior se ve reforzado por el estudio realizado por Roden y Groves (1959), donde se encuentra que la media de las mínimas temperaturas superficiales en el punto culminante de la ventosa es de 18°C en la parte norte del Golfo, asimismo la temperatura más baja registrada en Salina Cruz es de 16.7°C .

Según los estudios realizados por Stumpf (1975) y posteriormente Stumpf y Legeckis (1977), el Golfo de Tehuantepec es uno de los pocos lugares en el mundo donde los intensos vientos que ahí se producen resultan en importantes modificaciones a la oceanografía de la región,

incluyendo surgencias costeras, descenso de la temperatura superficial del agua a lo largo del eje del viento y giros anticiclónicos que parecen propagarse hacia el oeste. Otra característica encontrada en esta zona, en la época ventosa, es la presencia de una permanente termoclina superficial, la capa mezclada raramente excede los 25 m.

Por otra parte el agudo gradiente termal observado ($0.4^{\circ}\text{C}/\text{km}$) entre el giro de las aguas que "surgen" coincide con la posición de la Cordillera Submarina de Tehuantepec, que es el borde topográfico entre la Meseta de Albatros (prof. > 3000 m), sobre la cual el Giro de Tehuantepec (TG) está situado y la Cuenca de Guatemala (prof. > 4000 m) (Stumpf y Legeckis, 1977)

Durante el invierno de 1988-1989 se realiza 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. Para el 21 de enero cuando el norte estaba en su apogeo, con vientos sobre el mar de alrededor de 15 m/seg, la imagen infrarroja muestra un cambio notable en la temperatura superficial cuyo mínimo desciende casi 8°C respecto del día anterior. Destaca una zona donde la temperatura superficial está entre 16 y 23°C , la cual se extiende desde la costa hasta unos 500 km hacia el sur. En ciertos lugares, llamados frentes térmicos, la temperatura superficial cambia de 20 a 27°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 convergencia de transporte de Ekman del lado oeste y divergencia del lado este (Levin et al., 1992).

O B J E T I V O S

El objetivo principal de este trabajo fue el estudiar la variación espacial y temporal de los parámetros físicos y químicos de la Zona de Surgencia del Golfo de Tehuantepec en dos temporadas del año: la de lluvias (generalmente en calma) y la ventosa (época de tehuanos).

Objetivos Específicos:

- a) Determinar las concentraciones de los nutrimentos como nitritos, nitratos, amonio, ortofosfatos y silicio.
- b) Determinar las concentraciones de los parámetros de alcalinidad total, salinidad y oxígeno disuelto.
- c) Obtener los valores de temperatura y pH
- d) 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.

A R E A D E E S T U D I O

El Golfo de Tehuantepec se encuentra al sur del Istmo de Tehuantepec. Está situado entre Puerto Angel y la Barra del río Suchiate. La ubicación geográfica del área de estudio está delimitada por las siguientes coordenadas $14^{\circ}10'$ y $16^{\circ}13'$ de latitud norte, $92^{\circ}15'$ y $92^{\circ}55'$ de longitud oeste (fig.1). La porción litoral de éste golfo abarca la zona costera del estado de Chiapas y el extremo occidental del estado de Oaxaca, estrechándose hacia Salina Cruz, Oaxaca, en donde prácticamente desaparece. Esta planicie tiene una longitud aproximada de 360 km y una amplitud máxima y mínima de 45 y 12 km respectivamente (S.P.P., 1981).

A lo largo de la costa sur de México, la dirección de los vientos predominantes es la del noroeste, tendiendo a ser paralelos a la línea de costa, presentándose en el Golfo de Tehuantepec fuertes vientos del norte, principalmente en el invierno que según Alvarez et al. (1989) llegan a alcanzar velocidades de hasta 18 m/seg. Dichos vientos denominados Tehuanos (generalmente de septiembre a marzo) 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, el contraste de densidades entre las dos masas de aire provoca una mayor aceleración en los vientos (Alvarez et al., 1989).

La región del Golfo de Tehuantepec se encuentra dentro de la zona tropical, siendo el clima por lo general húmedo con abundantes lluvias, presentándose la mayor precipitación en el mes de junio y hacia finales del otoño, variando desde 800 hasta 1600 mm anuales.

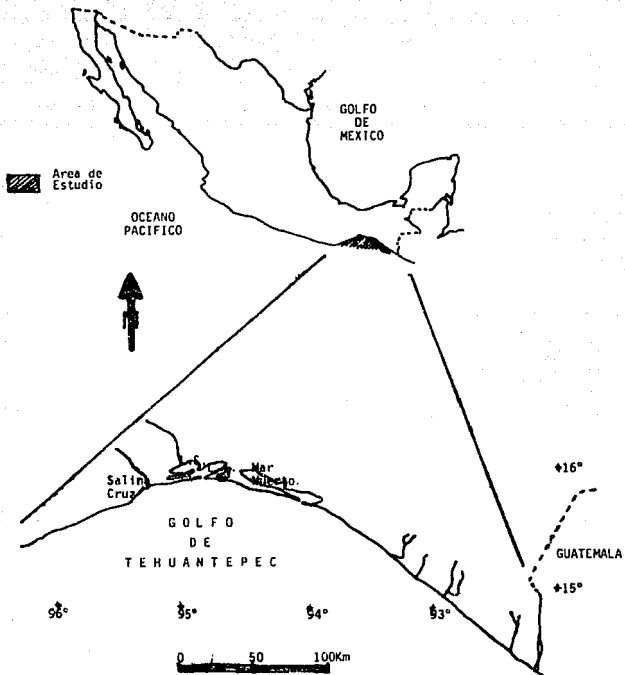


Figura. 1

En la planicie costera del Golfo de Tehuantepec encontramos principalmente los siguientes climas: $Aw_0(w)ig$, caliente subhúmedo con lluvias en verano, presentándose el mes más caliente antes del solsticio de verano (Puerto Angel y Salina Cruz, Oaxaca), $Aw''_0(w)(i')g$ y $Aw_1(w)(i')g$, caliente subhúmedo con dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas una larga en la mitad fría del año y otra corta en la mitad de la temporada lluviosa (Laguna Superior e Inferior), $Aw''_2(w)ig$, $Aw_2(w)ig$ y $Am(w)ig$, caliente húmedo con dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas una larga en la mitad fría del año y otra corta en la mitad de la temporada lluviosa, con influencia de monzón (Mar Muerto), volviéndose hacia la Sierra de Chiapas $C(w_1)(w)(i')g$, templado subhúmedo con lluvias en verano, el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano. La temperatura media anual varía muy poco durante el año siendo de $27^{\circ}C$ (según Köppen modificado por Garcia, 1973).

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

Río Tehuantepec: Considerado uno de los más importantes que desembocan en las lagunas costeras de Tehuantepec, con un apreciable aporte de sedimentos. Nace en el occidente entre la Sierra Madre del Sur, siguiendo su 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 10520 km^2 y su escurrimiento es de 1439 millones de m^3 .

Río de los Perros o Juchitán: Nace en la Sierra Atravesada 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 Atravesada una multitud de pequeñas corrientes que son consideradas en conjunto,

desagüan tanto en la Laguna Superior como en la Laguna Inferior. Su cuenca de captación es 1010 km² y su escurrimiento es de 89 millones de m³.

Río Espiritu Santo o Chicapa: Se origina en el extremo occidental de la Sierra Madre de Chiapas a una altura de 2200 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 desciende con dirección sur, tomando posteriormente una dirección SW, perdiéndose en la ciénega o marisma llamada Laguna Occidental, conectada con la Laguna Inferio. Su cuenca de captación es 1200 km² y tiene 1490 millones de m³ de escurrimiento.

Río Huehuetán: Nace casi en los límites de Guatemala, se dirige hacia el pueblo de Huehuetán, su cuenca es 760 km² y el volúmen anual arrojado al mar se estima en 1716 millones de m³.

Río Coatán: Desciende de las faldas del volcán de Tacaná y pasa al oeste de Tapachula, su cuenca de captación abarca 1080 km² dentro de México y 360 km² en Guatemala. Se ha estimado su escurrimiento en 2874 millones de m³.

Río Cahuacón: Se origina al SW del volcán Tacaná, sólo una insignificante área de su cuenca de capatación queda dentro de Guatemala, es posible considerar los 265 km² de esta cuenca dentro de México, pasa al este de Tapachula y finalmente desemboca en la Barra de Cahuacón. Su escurrimiento es de 696 millones de m³.

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 1200 km² (en México 450 km²) y un escurrimiento anual de 3040 millones de m³ (el correspondiente a México es de 1160 millones de m³)

Entre las lagunas presentes en el área de estudio, se encuentran las **Lagunas Superior e Inferior** y la del **Mar Muerto** siendo ésta última la más extensa pues abarca un área de 700 km²; de la línea divisoria de los estados de Oaxaca y Chiapas hacia el oeste, se encuentran numerosas corrientes provenientes de la Sierra Madre Oaxaqueña que se comunican en el Océano Pacífico por medio de la Barra de Tonalá, que es una estrecha entrada de 1600 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 estrecho, y sólo ésta última está comunicada directamente con el Océano Pacífico a través de la Barrera de San Francisco.

M E T O D O

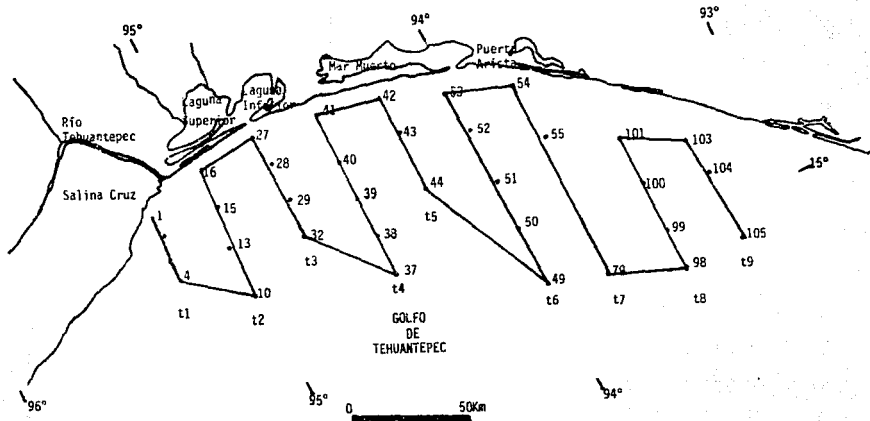
Para la realización de este trabajo se llevan a cabo dos Campañas Oceanográficas (MIMAR-V y FIQUIMBI-I) a bordo del Buque Oceanográfico "El Puma". La campaña MIMAR-V (Minerales Marinos; fig.2) se realiza del 30 de abril al 14 de mayo de 1989 y la campaña FIQUIMBI-I (Física, Química, Microbiología y Biología; fig.3) del 6 al 24 de noviembre del mismo año.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la primera campaña se decide el número y posición de las estaciones a muestrear en la segunda campaña.

Se toman muestras de agua con la ayuda de una botella tipo Niskin a las profundidades estándar (Sverdrup, 1942). De las botellas muestreadoras, primeramente se colecta 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 toma aproximadamente un litro de agua en botellas de plástico, determinando en seguida el pH mediante un potenciómetro (calibrado con dos soluciones buffer pH 9.18 y 6.86, en la escala NBS). Después se procede a filtrar las muestras a través de un filtro Millipore de 0.45 μ m.

De la muestra filtrada se toma una fracción y se le añaden unas gotas de azida de sodio al 5% como conservador, para su posterior análisis de fósforo (Parsons *et al.*, 1984). Asimismo se toman fracciones para la determinación de los otros nutrimentos, los cuales se mantienen en



CANPAÑA MIMAR - V

Figura. 2

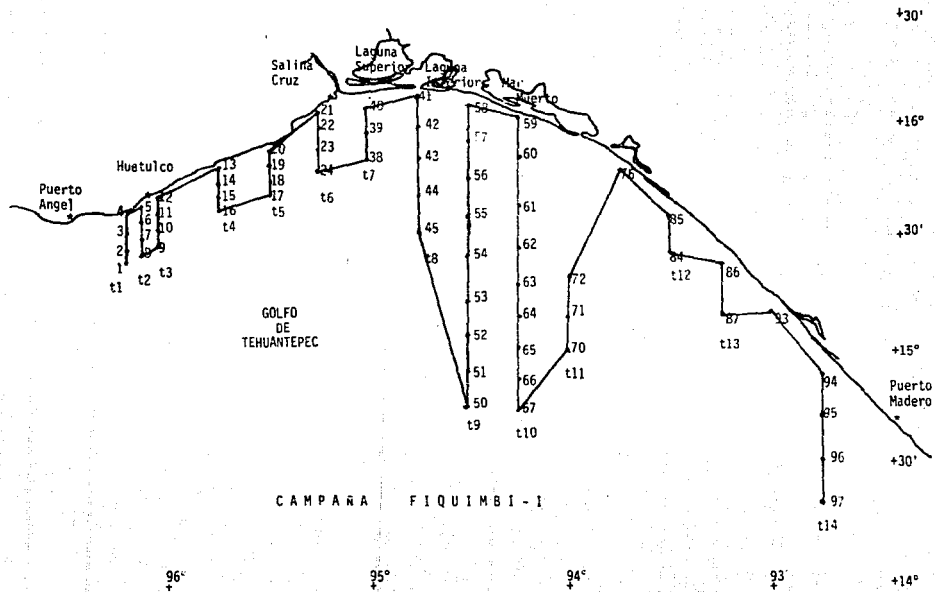


Figura. 3

congelación hasta su análisis, excepto las de silicatos, añadiendo además unas gotas de fenol como conservador a las muestras de amoniaco (Degobbiis, 1973).

Se determina 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 la profundidad se determinan 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.

El resto del agua se destina para la determinación de alcalinidad total mediante el método de Anderson y Robinson (1964), el cual consiste en acidificar la muestra hasta un pH de 3.5 aproximadamente. El pH es medido con un potenciómetro y la alcalinidad puede ser calculada a partir de la diferencia del ácido adicionado y el ácido en exceso presente. De los valores de pH más allá del punto de equivalencia se obtiene:

$$f_{H^+} = a_{H^+} (H^+)^{-1} = (V_0 + V_{HCl}) 10^{\text{exp}(-\text{pH})} (V_{HCl} - V_2) (t_{HCl})^{-1}$$

$$\text{ALK}_t = (H^+)_{\text{adic}} - (H^+)_{\text{exc}} = V_{HCl} - t_{HCl} (V_0 + V_{HCl})^{-1} - 10^{\text{exp}(-\text{pH})} (f_{H^+})^{-1}$$

(Grasshoff et al., 1983)

La determinación de nutrimentos se efectúa 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 en la forma siguiente:

Nitritos:

Su determinación se realiza según el método descrito por Bendschneider y Robinson (1952). El ión 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; Vázquez y Alexander en preparación).

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; Vázquez y Alexander en preparación).

Amoníaco:

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., 1984; Vázquez y Alexander en preparación).

Silicatos:

Para su determinación se utiliza 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 β -silicomolibdico se reduce al compuesto azul de molibdeno y descomponiendo simultáneamente cualquier fosfomolibdato o arsenomolibdato. Se lee a 815 nm (González, 1987; Vázquez y Alexander en preparación).

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; Vázquez y Alexander en preparación).

Control de Calidad Analítico:

Todas las determinaciones se efectúan hasta alcanzar la precisión reportada para cada método; se establece una concentración media xits calculando t al 95% de nivel de confianza. Las curvas estándar se tratan por el método de mínimos cuadrados, obteniéndose el porcentaje de error para la pendiente y ordenada al origen ; al coeficiente de correlación se le trata mediante el método de residuales para un 95% de nivel de confianza (Vázquez y Alexander en preparación).

RESULTADOS

Alcalinidad total: En MIMAR-V se encuentran las mayores concentraciones en los tres primeros transectos, ubicados frente a las costas de Salina Cruz y las Lagunas Superior e Inferior. El valor máximo 2.859 mmol/kg se presenta en la estación 1 que corresponde al transecto 1, el mínimo 2.31 mmol/kg en la estación 32 del transecto 3 y el valor medio es de 2.44 mmol/kg.

En FIQUIMBI-I se observa una situación similar, encontrándose las mayores concentraciones en los transectos 6 y 7. El valor máximo 2.331 mmol/kg se presenta en la estación 52 del transecto 9, el mínimo 1.980 mmol/kg en la estación 95 del transecto 14 y el valor medio es de 2.176 mmol/kg.

En la campaña FIQUIMBI-I se puede apreciar que los valores se encuentran dentro del rango reportado para el agua de mar ($\text{pH}=8.150$ y $\text{Salinidad}=35$) que es de 2.410 mmol/kg; no así en la campaña MIMAR-V, donde los valores se encuentran por encima de dicho valor.

Amonio: En MIMAR-V se encuentra con valores elevados principalmente en la zona limitada por los transectos 1 y 3, mostrando un máximo de 93.254 μM en la estación 10 del transecto 2 y un mínimo de 5.0088 μM en las estaciones 49 y 55 de los transectos 6 y 7 respectivamente. La media para este parámetro registra un valor de 42.398 μM .

En FIQUIMBI-I se advierte también con valores elevados, más evidentes en la zona comprendida por los transectos 6, 7 y 8, mostrando un máximo de 143.493 μM en la estación 39 del transecto 7 y un mínimo de 0.0505 μM (que es el límite de

detección) en casi todos los transectos excepto en el 7. La media es de 6.994 uM.

En ambas Campañas los valores de amonio se encuentran por encima de los reportados para el agua de mar, los cuales se encuentran en el intervalo de 0.07-3.57 uM.

Nitratos: En MIMAR-V las concentraciones se manifiestan cercanas a los 38 uM en la zona afectada por las Lagunas Superior e Inferior, las cuales se consideran como concentraciones elevadas ya que los nitratos en el agua de mar por lo general se encuentran dentro del intervalo de 0.07-35.7 uM. El valor máximo 39.552 uM se encuentra en la estación 13 del transecto 2 y el valor mínimo 0.0543 uM en la estación 105 del transecto 9, el valor medio es de 14.501 uM.

En FIQUIMBI-I se observan frecuentemente concentraciones elevadas, por encima de los 35.7 uM, manifestándose un máximo de 999.0 uM en las estaciones 61 y 63 ubicadas en el transecto 10 y un mínimo de 0.76 uM en casi todos los transectos, la media observa un valor de 157.647 uM.

Nitritos: La mayoría de los valores obtenidos son mínimos, a través de los transectos 1, 2, 3 y 4; el valor máximo es de 6.860 uM y se presenta en la estación 98 del transecto 8, el mínimo de 0.0043 uM en la estación 4 ubicada en el transecto 1 y el valor medio es de 0.486 uM.

En FIQUIMBI-I el valor mínimo encontrado es de 0.08 uM en la estación 65 del transecto 10 y el máximo de 13.20 uM en la estación 96 del transecto 14, la media alcanzada es de 4.463 uM. Para este parámetro los valores se presentan por encima de los estándar para el agua de mar (0.007-3.57), siendo más conspicuos en FIQUIMBI-I.

pH: En MIMAR-V los valores mínimos se encuentran frente a las Lagunas Superior e Inferior; el valor máximo de 8.41 se observa en la estación 79 en el transecto 7 y el mínimo de 7.304 en la estación 29 del transecto 3. El valor medio es de 7.97.

En FIQUIMBI-I también se localizan los valores mínimos en la zona delimitada por los transectos 6, 7 y 8 principalmente; el valor máximo es de 8.49 presentándose en la estación 11 del transecto 3 y el mínimo de 6.68 en la estación 55 del transecto 9. La media registra un valor de 7.74.

Ortofosfatos: Las concentraciones mayores son observadas durante la segunda campaña, presentando un valor máximo de 706.0 uM en la estación 44 del transecto 8 y un valor mínimo de 64.40 en la mayoría de los transectos; el valor medio es de 76.886 uM. Durante la primera campaña el máximo observado es de 10.1067 uM en la estación 10 del transecto 2 y el mínimo de 2.9774uM en la estación del transecto 1; el valor medio es de 4.0769 uM.

Oxígeno: En MIMAR-V el máximo valor 441.688 uM es determinado en la estación 104 del transecto 9, el mínimo 17.846 uM en la estación 29 del transecto 3 y el valor medio es de 230.895 uM. El FIQUIMBI-I el máximo 256.793 uM se observa en la estación 95 localizada en el transecto 14, el mínimo 3.948 uM en la estación 44 del transecto 8 y la media alcanza un valor de 98.213 uM.

Salinidad: En MIMAR-V los valores mínimos se observan en la zona afectada tanto por el río Tehuantepec como por las Lagunas Superior e Inferior. El mínimo mostrado 33.766 se localiza en la estación 16 en el transecto 2, el máximo 34.856 en la estación 44 en el transecto 5. El valor medio

es de 34.47. En FIQUIMBI-I la Salinidad es menor aún que la de la Campaña anterior siendo el mínimo de 32.363 en la estación 54 del transecto 9 y el máximo de 34.965 en la estación 94 del transecto 14. El valor medio obtenido es de 34.965. En general los valores son mínimos, dado que el valor promedio de salinidad para el agua de mar es de 35.

Silicatos: En MIMAR-V se observa un valor mínimo de <1.004 μM (límite de detección) en la estación 32 localizada en el transecto 3, un máximo de 159.709 μM en la estación 39 del transecto 4 y un valor medio de 25.624 μM .

En FIQUIMBI-I el mínimo es de <1.004 μM en la estación 70 del transecto 11, el máximo 142.165 μM en la estación 40 ubicada en el transecto 7 y la media registra un valor de 18.044 μM .

La concentración de silicato en disolución en el agua de mar varía más que la de cualquier otro elemento, sin embargo valores por encima de los 50 μM son relacionados con zonas de afloramiento.

Temperatura: En MIMAR-V las temperaturas mínimas se localizan frente a las costas de Salina Cruz, se observa una máxima de 29.5°C en la estación 50 del transecto 6 y una mínima de 12.8°C en la estación 10 del transecto 2. La temperatura media es de 21.54°C. En FIQUIMBI-I los valores mínimos de temperatura los encontramos en los cinco primeros transectos; la máxima temperatura es de 30.34°C en la estación 59 del transecto 10, la mínima 10.2°C en la estación 17 del transecto 5 y la media obtenida es de 20.066°C.

Tabla 1. Parámetros Estadísticos
Campaña MIMAR-V, mayo 1989.

	<i>Alc. total</i> <i>mmol/kg</i>	<i>pH</i>	<i>Salinidad</i>	<i>Temperatura</i> <i>oC</i>	<i>O2 disuelto</i> <i>uM</i>
Transecto 1					
Máx.	2.8590	8.291	34.724	26.500	374.7660
Mín.	2.4160	7.632	34.327	13.000	57.9990
Media	2.5309	7.986	34.516	20.168	209.1325
Var.	0.0186	0.072	0.021	34.781	20117.9195
D.E.	0.1364	0.269	0.144	5.898	141.8376
Transecto 2					
Máx.	2.5090	8.179	34.998	27.000	374.7660
Mín.	2.4000	7.541	33.766	13.000	29.0000
Media	2.4665	7.837	34.471	20.352	225.4839
Var.	0.0011	0.050	0.088	31.452	18227.9565
D.E.	0.0330	0.223	0.297	5.608	135.0109
Transecto 3					
Máx.	2.7590	8.219	34.815	29.000	383.6890
Mín.	2.3110	7.335	34.120	13.500	17.8460
Media	2.5513	7.763	34.557	20.972	208.7087
Var.	0.0249	0.095	0.042	30.195	19023.4113
D.E.	0.1578	0.308	0.206	5.495	137.9253
Transecto 4					
Máx.	2.4250	8.292	34.820	28.500	383.6890
Mín.	2.3460	7.466	34.019	13.000	40.1530
Media	2.3924	7.912	34.494	20.667	220.6435
Var.	0.0006	0.103	0.045	33.182	20058.5734
D.E.	0.0221	0.322	0.213	5.760	141.6282
Transecto 5					
Máx.	2.4350	8.343	34.856	28.000	374.7660
Mín.	2.3290	7.627	34.025	14.000	31.2300
Media	2.3874	8.004	34.450	21.667	227.5362
Var.	0.0010	0.084	0.072	24.095	16410.2539
D.E.	0.0323	0.289	0.269	4.909	128.1025
Transecto 6					
Máx.	2.4390	8.388	34.794	29.500	414.9190
Mín.	2.3610	7.610	34.060	13.000	35.6920
Media	2.3967	8.022	34.479	21.262	219.5375
Var.	0.0004	0.106	0.062	35.967	21085.0316
D.E.	0.0203	0.325	0.249	5.997	145.2068
Transecto 7					
Máx.	2.4210	8.410	34.829	29.000	423.8420
Mín.	2.3670	7.689	33.947	14.000	44.6150
Media	2.3869	8.134	34.392	23.000	248.7285
Var.	4.0779	0.085	0.097	32.667	17408.8918
D.E.	0.0201	0.291	0.312	5.715	131.9427
Transecto 8					
Máx.	2.4820	8.399	34.820	29.000	388.1500
Mín.	2.3790	7.651	33.857	14.000	26.7690
Media	2.4347	8.086	34.435	22.388	224.9248
Var.	0.0006	0.097	0.085	32.248	18849.3108
D.E.	0.0250	0.311	0.292	5.679	137.2927
Transecto 9					
Máx.	2.4820	8.378	34.790	28.500	441.6880
Mín.	2.3790	7.720	34.218	18.000	26.7680
Media	2.4604	8.134	34.432	24.293	236.8734
Var.	0.0003	0.080	0.024	16.424	20559.1301
D.E.	0.0168	0.283	0.156	4.053	143.3845

Tabla 2. Parámetros Estadísticos
Campaña FIQUIMBI-I, noviembre 1989.

		<i>Alc. total</i>	<i>pH</i>	<i>Salinidad</i>	<i>Temperatura</i>	<i>O2 disuelto</i>
		<i>mmol/kg</i>			<i>oC</i>	<i>uM</i>
Transecto 1						
Máx.	na	8.220	34.894		29.500	229.5470
Mín.	na	7.300	33.068		12.400	7.2380
Media	na	7.548	34.515		19.606	55.3182
Var.	na	0.096	0.409		45.810	6022.5047
D.E.	na	0.309	0.640		6.768	77.6047
Transecto 2						
Máx.	na	8.180	34.854		28.300	215.4090
Mín.	na	7.330	33.230		13.200	5.2690
Media	na	7.571	34.530		19.377	41.0896
Var.	na	0.081	0.365		29.080	3772.4273
D.E.	na	0.285	0.604		5.393	61.4200
Transecto 3						
Máx.	na	8.490	34.865		25.500	213.3220
Mín.	na	7.530	33.242		12.700	7.2310
Media	na	7.930	34.115		17.929	61.1650
Var.	na	0.105	0.531		23.127	6087.4024
D.E.	na	0.324	0.729		4.809	78.0218
Transecto 4						
Máx.	na	8.370	34.857		18.300	204.1180
Mín.	na	7.600	33.129		11.600	7.2260
Media	na	7.878	34.487		14.122	46.6998
Var.	na	0.056	0.358		8.397	3472.5226
D.E.	na	0.237	0.599		2.898	58.9281
Transecto 5						
Máx.	na	8.440	34.884		19.300	235.8410
Mín.	na	7.160	33.086		10.200	9.2120
Media	na	7.722	34.279		14.146	97.8028
Var.	na	0.178	0.600		7.311	8234.1239
D.E.	na	0.422	0.775		2.704	90.7420
Transecto 6						
Máx.	2.3260	7.850	34.878		27.700	223.8720
Mín.	2.2030	7.260	33.219		13.600	9.8370
Media	2.2779	7.586	34.187		23.175	124.3602
Var.	0.0018	0.048	0.464		30.134	6716.1486
D.E.	0.0428	0.219	0.681		5.489	81.9521
Transecto 7						
Máx.	2.2980	8.160	34.857		26.800	209.5610
Mín.	2.1920	7.300	33.531		12.800	95.8830
Media	2.2498	7.803	34.215		23.764	141.9462
Var.	0.0015	0.081	0.285		25.079	5667.0672
D.E.	0.0369	0.284	0.534		5.008	75.2799

na = no analizado

Tabla 2a. Parámetros Estadísticos
 Campaña FIQUIMBI-I, noviembre 1989.

	Alc. total mmol/kg	pH	Salinidad	Temperatura oC	O2 disuelto uM
Transecto 8					
Máx.	2.1870	8.160	34.900	28.900	206.4750
Mín.	2.0740	6.730	33.137	13.800	3.9480
Media	2.1513	7.573	34.308	24.704	123.4112
Var.	0.0011	0.130	0.403	29.308	5631.8914
D.E.	0.0337	0.361	0.635	5.414	75.0459
Transecto 9					
Máx.	2.3310	8.360	34.965	29.180	217.9840
Mín.	2.0350	6.680	33.046	11.800	7.6890
Media	2.2001	7.406	34.343	19.610	96.8998
Var.	0.0082	1.178	0.428	42.043	6798.2152
D.E.	0.0904	1.085	0.655	6.484	82.4512
Transecto 10					
Máx.	2.3100	8.400	34.965	30.340	215.8900
Mín.	2.1180	7.400	32.613	11.880	7.8850
Media	2.2071	7.820	34.190	21.638	85.2964
Var.	0.0035	0.112	0.661	61.659	7299.7829
D.E.	0.0589	0.335	0.813	7.852	85.4387
Transecto 11					
Máx.	2.0840	8.300	34.894	28.750	192.2020
Mín.	1.9850	7.470	33.115	11.400	7.7050
Media	2.0380	7.867	34.153	16.485	87.4151
Var.	0.0011	0.095	0.630	32.719	6582.8494
D.E.	0.0334	0.309	0.794	5.720	81.1347
Transecto 12					
Máx.	2.2480	8.180	33.349	24.800	na
Mín.	2.2460	8.100	33.283	24.000	na
Media	2.2470	8.145	33.317	24.425	na
Var.	0.0000	0.002	0.001	0.123	na
D.E.	0.0014	0.041	0.028	0.350	na
Transecto 13					
Máx.	2.2880	8.290	33.622	21.300	206.7980
Mín.	2.2070	7.960	32.670	20.500	168.9420
Media	2.2480	8.138	33.266	20.867	194.6126
Var.	0.0010	0.021	0.126	0.091	177.0143
D.E.	0.0314	0.144	0.356	0.301	13.3046
Transecto 14					
Máx.	2.2050	8.420	34.855	26.500	256.7930
Mín.	1.9800	7.450	32.363	13.300	15.3770
Media	2.0648	7.976	33.645	21.094	135.8923
Var.	0.0065	0.126	0.809	17.448	6943.2190
D.E.	0.0808	0.355	0.899	4.177	83.3259

na = no analizado

Tabla 3. Parámetros Estadísticos
Campaña MIMAR-V, mayo 1989.

	N-NO2 UM	N-NO3 UM	NH3 UM	P-PO4 UM	SI-SIO2 UM
Transecto 1					
Máx.	1.1780	35.7680	89.5581	4.2355	5.9739
Mín.	0.0043	1.6280	23.8497	2.9774	4.6284
Media	0.2530	16.7667	59.7497	3.4491	5.0769
Var.	0.1322	183.3920	33.6463	0.1209	0.1097
D.E.	0.3636	13.5422	18.2659	0.3477	0.3312
Transecto 2					
Máx.	1.1851	39.5520	93.2542	10.1067	5.4357
Mín.	0.0086	0.3230	52.5971	2.9774	4.6284
Media	0.2908	17.8235	69.8127	3.7070	4.9311
Var.	0.1184	196.3551	161.6980	1.8947	0.0711
D.E.	0.3442	14.0126	12.7160	1.3765	0.2666
Transecto 3					
Máx.	1.2137	37.1240	73.7226	4.3683	10.5487
Mín.	0.0171	0.1740	18.3220	3.1870	4.0902
Media	0.4747	22.3806	41.5194	3.7310	5.6965
Var.	0.2094	190.2374	220.7172	0.1283	1.7654
D.E.	0.4576	13.7926	14.8565	0.3582	1.3287
Transecto 4					
Máx.	1.0138	39.5520	75.3169	4.7481	10.4704
Mín.	0.0271	0.3420	5.1694	3.4186	4.7372
Media	0.3813	17.7934	43.4316	4.0517	6.4745
Var.	0.0841	228.6728	236.0079	0.1029	2.8114
D.E.	0.2900	15.1219	15.3625	0.3208	1.6767
Transecto 5					
Máx.	2.2560	27.6290	49.0116	4.8529	12.5827
Mín.	0.0129	0.3420	12.7362	3.657	5.0921
Media	0.5781	10.6681	26.9809	4.2364	7.2565
Var.	0.6518	129.1911	120.1214	0.1267	3.3754
D.E.	0.8073	11.3662	10.9599	0.3559	1.8372
Transecto 6					
Máx.	1.9776	29.3420	64.3695	4.6137	8.9189
Mín.	0.0064	0.2260	5.0088	3.4178	4.8529
Media	0.3608	13.7255	29.9082	4.0202	7.0143
Var.	0.3482	142.3342	270.4680	0.1204	0.7369
D.E.	0.5901	11.9303	16.4459	0.3470	0.8584
Transecto 7					
Máx.	1.2065	31.1990	70.3407	5.8096	12.1633
Mín.	0.1656	0.2080	5.0088	3.6570	6.5271
Media	0.4579	9.0568	38.7010	4.6043	7.6128
Var.	0.1379	121.8372	392.2900	0.4322	1.6467
D.E.	0.3714	11.0379	19.8063	0.6574	1.2832
Transecto 8					
Máx.	6.8609	25.7730	69.3823	5.1666	10.2796
Mín.	0.2663	0.2740	12.9824	4.0902	6.243
Media	1.9643	10.8571	38.7901	4.5699	7.4427
Var.	6.0305	106.2609	267.8454	0.0787	0.6988
D.E.	2.4557	10.3082	16.3659	0.2805	0.8359
Transecto 9					
Máx.	1.4279	20.4900	45.7416	5.4357	7.5885
Mín.	0.5226	0.1630	12.9824	4.3593	6.5121
Media	0.8836	6.5986	31.7502	4.7245	7.031
Var.	0.2256	67.3073	120.4922	0.1181	0.1165
D.E.	0.4750	8.2041	10.9768	0.3437	0.3414

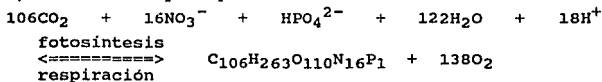
Tabla 4. Parámetros Estadísticos
 Campaña FIQUIMBI-I, noviembre 1989.

	N-NO2 uM	N-NO3 uM	NH3 uM	P-PO4 uM	SI-SIO2 uM
Transecto 6					
Máx.	19.8000	811.0000	53.4901	108.0000	57.0358
Mín.	0.0900	116.0000	0.0505	72.8000	7.2257
Media	2.5064	414.0000	7.8856	97.0454	23.2684
Var.	28.0345	46821.0909	190.6846	127.9257	198.1586
D.E.	5.2947	216.3818	13.8088	11.3104	14.0768
Transecto 7					
Máx.	13.1000	114.0000	143.4937	88.4000	142.1658
Mín.	0.0900	3.2000	5.6757	67.6000	6.7729
Media	3.7928	34.7142	27.3729	74.7428	29.6079
Var.	39.1443	2896.7714	2630.2430	89.0995	2501.8145
D.E.	6.2565	53.8216	51.2858	9.4392	50.0181
Transecto 8					
Máx.	16.8000	706.0000	73.1784	706.0000	52.4899
Mín.	0.0900	3.2000	0.0505	64.4000	3.6032
Media	4.3976	141.8384	11.4436	167.0000	19.3657
Var.	42.5590	19602.8992	536.8573	46280.2974	279.2777
D.E.	6.5237	140.0103	23.1701	215.1285	16.7116
Transecto 9					
Máx.	7.7900	180.0000	61.9660	116.0000	42.7033
Mín.	0.0900	3.2000	0.0505	64.4000	3.1315
Media	1.1848	200.8020	6.6540	91.6906	21.8661
Var.	3.8443	31244.7276	188.4948	335.1382	116.1754
D.E.	1.9606	176.7617	13.7293	18.3067	10.7784
Transecto 10					
Máx.	10.9000	999.0000	94.2730	121.0000	55.4684
Mín.	0.0900	3.2000	0.0505	64.4000	2.7060
Media	1.0690	121.0000	5.6721	91.0724	24.8081
Var.	6.5950	59389.5759	287.0481	410.9342	188.3914
D.E.	2.5680	243.6997	16.9424	20.2715	13.7255
Transecto 11					
Máx.	6.1300	401.0000	54.8964	107.0000	13.5652
Mín.	0.0900	3.2090	0.0505	64.4000	1.0040
Media	1.1400	213.7538	7.9474	84.4571	6.2887
Var.	2.7375	25316.1476	234.8639	338.1995	15.1068
D.E.	1.6545	159.1104	15.3252	18.9902	3.8867
Transecto 13					
Máx.	6.6200	43.1000	15.5199	72.8000	6.3201
Mín.	0.0900	3.2000	0.0505	64.4000	2.6975
Media	2.2616	14.6000	3.8006	69.5500	3.9050
Var.	11.3188	324.9000	37.7082	16.4900	2.5152
D.E.	3.3643	18.0249	6.1407	4.0607	1.5859
Transecto 14					
Máx.	169.0000	310.0000	1.4568	116.0000	16.2821
Mín.	0.0900	3.2000	0.0505	64.4000	3.6032
Media	11.8817	100.2747	0.2159	80.1764	7.8117
Var.	1677.0820	18575.8456	0.2181	383.0706	24.9070
D.E.	40.9521	136.2932	0.4670	19.5721	4.9906

D I S C U S I O N

Alcalinidad total: Los valores obtenidos durante la campaña MIMAR-V resultan ser más altos al valor reportado para el agua de mar estándar (2.410 mmol/kg, UNESCO 1987), en contraste a los valores obtenidos para la campaña FIQUIMBI-I que son menores a los reportados para el agua de mar estándar (tablas 1, 2 y 2a); estas diferencias se deben probablemente a los siguientes procesos biológicos que incrementan a la alcalinidad (Stumm y Morgan, 1981):

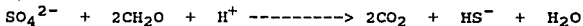
1) Fotosíntesis y respiración:



2) Desnitrificación:

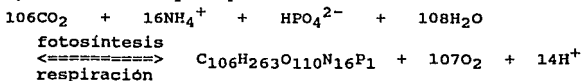


3) Reducción de sulfatos:

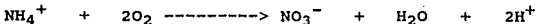


Y a los siguientes procesos que disminuyen a la alcalinidad (Stumm y Morgan, 1981):

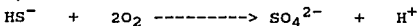
4) Fotosíntesis y respiración:



5) Nitrificación:



6) Oxidación de sulfuros:



Esto es reforzado por el aumento de nitratos y la disminución de amoníaco durante la campaña de noviembre (tabla 4); por el contrario en la campaña de mayo se presenta una menor concentración de nitratos con respecto al amonio, siendo preponderantes los procesos representados por las ecuaciones (1) a (3).

En las figuras 4 a 9 se comparan los valores obtenidos de la alcalinidad total mediante la representación de transectos verticales; en la figura 4 el transecto 2 de la primera campaña y el 7 de la segunda campaña muestran claramente, la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos. Se observa un incremento en la concentración con el aumento de la profundidad y la distancia hacia la costa (Sverdrup, 1942). La diferencia promedio en los valores de alcalinidad es de 0.2581 mmol/kg, la cual se debe a los procesos biológicos principalmente; dichos procesos se acentúan más durante la época de Tehuanos (Campaña Oceanográfica FIQUIMBI-I).

En la distribución horizontal se observa la formación de la "lengua" de altas concentraciones, producto de la surgencia de aguas profundas; esto es causado en parte por la disminución en la temperatura lo que origina un aumento en la capacidad de disolución del CO_2 , aumentando así a la alcalinidad. Asimismo se observa que prevalecen las corrientes hacia el oeste (figuras 108 a 111), desplazando a éstas aguas con altas concentraciones. El efecto de los ríos no es preponderante como puede observarse en dichas figuras.

Amonio: Se le observa con valores superiores a los generalmente reportados para el agua de mar ($<0.0714-3.571$ μM ; Riley y Chester, 1989) tanto en la campaña de mayo como en la de noviembre (tablas 3 y 4). Sin embargo, la relación entre N-NO_3^- y NH_3 no fue similar para ambas campañas, resultando mayor la cantidad de amonio con respecto a

nitratos en MIMAR-V y por el contrario mayor la de nitratos con respecto a la de amonio en FIQUIMBI-I, lo cual reafirma lo anterior acerca de los posibles procesos biológicos causantes del incremento o disminución en la alcalinidad (reacciones 1 y 4).

En las figuras 10 a 15 se muestran los valores obtenidos de NH_3 para ambas campañas, mediante la representación de transectos verticales, en los cuales se registran giros anticiclónicos preponderantemente aunque también se presentan giros ciclónicos en menor cantidad; asimismo se observa en la segunda campaña un incremento en la concentración con la profundidad principalmente por debajo de la termoclina, contrario a lo que sucede durante la primera campaña. En dichos transectos se observa también que no sólo son máximas las concentraciones encontradas en MIMAR-V sino que presenta un mayor número de giros y gradiente de concentración, de manera evidente en los transectos 2 y 3 (figuras 10 y 11).

La diferencia promedio es de 33.4196 μM la cual posiblemente se debe a los procesos de nitrificación (ecuación 5), primordialmente durante la época de Tehuanos. La distribución vertical en la campaña de mayo es más compleja comparandola con la efectuada durante los Tehuanos; valores mayores en uno y dos ordenes de magnitud son encontrados, lo cual hace suponer que los organismos prefieren metabolizar el amonio (figuras 75 a 78).

Nitratos: Durante la campaña MIMAR-V resultan estar dentro del intervalo de valores reportados para el agua de mar (0.07142-35.7 μM ; Riley y Chester, 1989) lo cual no ocurre durante FIQUIMBI-I, donde los valores obtenidos son mayores a los reportados para el agua de mar (tablas 3 y 4); los cambios de concentración de una campaña a otra son de un

orden de magnitud. El efecto de los vientos es notorio principalmente a los 5 m de profundidad (figura 80).

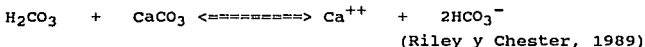
Mediante transectos verticales se comparan los valores obtenidos de $N-NO_3^-$ en ambas campañas, lo cual puede observarse en las figuras 19 a 23. En todos los transectos se aprecia la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos principalmente; no obstante las concentraciones son más elevadas durante la época de Tehuanos, fundamentalmente en los transectos 9 y 11 (figuras 21 y 23); en general se presenta un incremento en la concentración conforme aumenta la profundidad y la distancia hacia la costa (Sverdrup, 1942), asimismo se observa con claridad el efecto de la termoclina (Lavin et al., 1992). La diferencia promedio entre ambas campañas para este nutrimento es de 141.1595 μM .

Su distribución horizontal en la superficie durante la época de Tehuanos es parecida a la seguida por la alcalinidad en la misma época, no así durante la primera campaña donde las máximas concentraciones se presentan en el lado este (figuras 79 y 80). El efecto de los vientos vuelve a ser notorio hasta los 50 m de profundidad en la campaña MIMAR-V, sufriendo una desviación hacia el este durante la época de Tehuanos (figuras 81 y 82).

Oxígeno: Los valores superficiales para FIQUIMBI-I se observan menores a los de saturación (figura 84), mostrando un cambio pronunciado en su concentración a una profundidad alrededor de los 50 m; registrando valores de O.D. menores a los 20 μM (figura 86), lo cual indica la presencia de una zona anóxica somera, principalmente en la zona comprendida de Huatulco a Salina Cruz (figuras 24 a 26). Durante MIMAR-V los valores de O.D. son mayores comparandolos con los de FIQUIMBI-I tanto en superficie como a 50 m de profundidad, donde también se presentan menores a los valores de saturación (figuras 83 y 85).

pH: Su valores son menores a los reportados para el agua de mar (7.8-8.2; Millero y Sohn, 1992), sobre todo en la campaña FIQUIMBI-I. De igual forma se aprecia un cambio en 0.6 unidades de pH en menos de 50 m de profundidad. Lo anterior debido a la actividad biológica, acrecentada durante esta época y reforzado por las bajas concentraciones de oxígeno encontradas.

Tales deferencias de pH ocurren en el océano a pesar de la acción buffer del sistema del ácido carbónico. Estas diferencias están enteramente inducidas por los cambios en la concentración de CO₂ disuelto. Así se tiene que las especies químicas que intervienen en la regulación del pH del agua de mar son: CO₂, H₂CO₃ y CaCO₃. Cuando el CO₂ se disuelve en el agua forma H₂CO₃ disminuyendo el pH, este H₂CO₃ reacciona con el CaCO₃, produciendo un aumento del pH. La reacción que se desarrolla es:



En la representación mediante transectos verticales se aprecia el ascenso de aguas más profundas (figuras 33 y 34), en la horizontal se observa que durante la época de Tehuanos el pH superficial es menor que durante la época en calma, prevaleciendo este comportamiento hasta los 50 m de profundidad (figuras 87 y 90); registrandose la formación de una "lengua" de bajas concentraciones, la cual es desplazada por las corrientes hacia el oeste.

Ortofosfatos: Se le encuentra con valores elevados durante la campaña de noviembre, coincidiendo con un mínimo de oxígeno y un máximo de CO₂ y alcalinidad total (figuras 44 a 48). Dado que la concentración de fósforo depende del intercambio de aguas superficiales con aguas profundas, se asume que estas altas concentraciones se deben a la

surgencia que se desarrolla durante FIQUIMBI-I, donde también es preponderante el efecto de los vientos, notorio a los 5 m de profundidad. Los cambios se presentan más homogéneos a 50 m de profundidad, igualmente se observa que los valores de $P-PO_4$ son mayores por debajo de la termoclina durante la época de Tehuanos; mostrando además la presencia de giros anticiclónicos, los cuales son mayores durante esta época que durante MIMAR-V, siendo dicha diferencia en más de dos ordenes de magnitud (figuras 91 a 94). La concentración promedio para la primera campaña fue de 3.5 μM y de 450 μM para la segunda.

Salinidad: Se observan valores menores al promedio del agua de mar (35; Riley y Skirrow, 1975) en ambas campañas, pero sobre todo durante FIQUIMBI-I se registran valores superficiales de 33 en la mayoría de los transectos verticales (figuras 49 y 50). Lo anterior debido a que dicha campaña se desarrolla inmediatamente después de la temporada de lluvias, lo que influye en un abatimiento de la salinidad; así como también se aprecia un efecto de dilución por aportes fluviales en la zona oriental. Durante MIMAR-V los valores observados son mayores en comparación con la época de Tehuanos, prevaleciendo tal comportamiento hasta los 50 m de profundidad (figuras 95 a 98).

Silicatos: Se aprecia una disminución en la concentración durante la segunda campaña con respecto a la primera, debido probablemente a la utilización del silíceo por el fitoplancton en la construcción de sus esqueletos.

Temperatura: Se observa un descenso considerable en las temperaturas superficiales durante la época de Tehuanos principalmente en la zona comprendida de Huatulco a Salina Cruz (figuras 65 a 67), lo cual es uno de los efectos primordiales que provocan los Tehuanos sobre la superficie del mar (Roden, 1961); por otra parte en el transecto 5

(figura 67) es evidente el ascenso de aguas profundas, y por lo tanto de la pycnoclina.

Además es importante resaltar la presencia de una permanente termoclina somera, lo cual es de gran importancia ya que el intercambio de propiedades tales como temperatura, nutrimentos, oxígeno disuelto, etc. entre la capa superficial mezclada y las aguas más profundas es inhibido casi completamente por la presencia de dicha termoclina (Lavin et al., 1992). Lo anterior es evidente en las gráficas de temperatura (figuras 103 a 107).

En su representación horizontal, durante la campaña FIQUIMBI-I se observa un agudo gradiente térmico, principalmente en la zona cercana a Salina Cruz, Oaxaca; no así durante la campaña MIMAR-V donde la distribución es más uniforme (figuras 99 a 102).

Un modelo hidrodinámico para explicar los cambios en dirección y velocidad de la corriente se propone (figura 112). Este modelo debido a que fue hecho a gran escala no precisa con claridad los giros ciclónicos y anticiclónicos; no obstante se observa un desplazamiento de agua hacia el oeste (de Campeche hacia Oaxaca). La formación de giros se observa en la figura 113. Este modelo nos permitirá a corto plazo predecir el comportamiento de los diversos parámetros de la calidad del agua. Ya que actualmente se están incorporando ecuaciones para cada parámetro estudiado (nutrimentos, O.D., etc) sólo se presenta el modelo hidrodinámico.

CONCLUSIONES

Las mayores concentraciones de NH_3 se presentan durante MIMAR-V en el área cercana a Salina Cruz, Oaxaca y las lagunas Superior e Inferior, en cambio durante FIQUIMBI-I son menores debido a la actividad biológica.

El N-NO_3 se observa con valores más elevados en la época de Tehuanos, en el área frente a Salina Cruz, el efecto de los vientos es preponderante ya que se aprecia un desplazamiento hacia el sur de éstas altas concentraciones, asimismo son desplazadas hacia el oeste, lo que indica la dirección prevaleciente de las corrientes en dicha zona.

La relación entre NH_3 y N-NO_3 es diferente en las dos campañas, prevaleciendo el NH_3 durante la primera campaña y el N-NO_3 en la segunda, debido a su utilización preferencial por parte de los organismos.

El P-PO_4 se presenta con valores elevados, mayores durante FIQUIMBI-I en comparación con MIMAR-V, principalmente por debajo de la termoclina. De igual manera que para el N-NO_3 los vientos mueven las altas concentraciones hacia el sur y las corrientes las mueven hacia el oeste.

En general las concentraciones de nutrimentos son mayores a las reportadas para otras áreas oceánicas, aún a las de otras zonas de surgencia (Oregon, noroeste de Africa, etc.), lo que hace suponer entre otras cosas que la surgencia es permanente, aunque varía en su intensidad durante la época de Tehuanos, donde se presenta con mayor amplitud.

Los valores de O.D. se muestran menores a los de saturación durante las dos campañas, los cuales en FIQUIMBI-I decrecen rápidamente con la profundidad, resultando en una zona anóxica somera en el área comprendida de Huatulco a Salina Cruz principalmente.

El pH también se registra con valores menores a los reportados para el agua de mar, sobre todo en la segunda campaña, de igual manera el cambio con la profundidad es muy agudo. Los valores más bajos se localizan frente a Salina Cruz.

La salinidad se muestra con valores menores al promedio del agua de mar, principalmente durante la segunda campaña, donde es notorio el efecto diluyente de los aportes fluviales en la zona oriente.

Las temperaturas superficiales son menores durante la época de Tehuanos, evidente frente a las costas de Salina Cruz, lo cual es uno de los principales efectos de los fuertes vientos sobre la superficie del mar, se observa un agudo frente térmico en el área comprendida de Huatulco a Salina Cruz. En las dos campañas se aprecia una termoclina somera, menor a los 50 m de profundidad.

El efecto de los vientos (Tehuanos) sobre la oceanografía del Golfo de Tehuantepec es uno de los fenómenos más interesantes y espectaculares que suceden en mares mexicanos, además de ser diferente al de la mayoría de las zonas de surgencia; por lo que es conveniente que se realicen otros estudios inter y multidisciplinarios para poder comprender la dinámica de dicho evento y aprovechar mejor los recursos de la zona.

B I B L I O G R A F I A

ALVAREZ, L.G., BADAN-DANGON A. y VALLE, A., 1989. On Coastal Currents off Tehuantepec., Estuarine Coastal and Shelf Science., 29:89-96.

BACH-LIEN HUA y THOMASSET FRANCOIS, 1983. A numerical Study of the Effects of Coastline Geometry on Wind-Induced Upwelling in the Gulf of Lions, Journal of Physical Oceanography, 13:678-694.

BAILEY G. W. y CHAPMAN P., 1985, The Nutrient Status of the St. Helena Bay Region in february 1979, South African Colour and Upwelling Experiment, Shanon, L. V. (Ed.) Cape Town; Sea Fisheries Research Institute:125-145.

BENSCHNEIDER, K. y ROBINSON, R. J., 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water., J. Mar. Res. 11:87-96.

CODISPOTI L. A., 1981. Temporal Nutrient Variability in three Different Upwelling Regions, Richards A. F. (Ed.). Coastal Upwelling (Coastal and Estuarine Sciences I), American Geophysical Union:209-220, Washington D. C.

DEGOBBIS, D., 1973. On the storage of sea water samples for ammonia determination., Limnol. Oceanogr., 18:146-150.

CUSHING, D. H. y WALSH, J. J., 1976. The Ecology of the Seas., 1st. edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

ENFIELD B. D. y ALLEN J. S., 1980. On the Structure and Dynamics of Monthly Mean Sea Level Anomalies along the

Pacific Coast of North and South America, Journal of Physical Oceanography, 10:557-578.

ENFIELD B. D. y ALLEN J. S., 1983. The Generation and Propagation of Sea Level Variability along the Pacific Coast of Mexico, Journal of Physical Oceanography, 13:1012-1033.

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-VAZQUEZ, 1978. Estudio químico de la zona costera del sur del Golfo de México: frente a la Laguna de Términos, río Grijalva, río Coatzacoalcos y la Laguna de Alvarado., Fac. Quím., U.N.A.M., Tesis Profesional.

GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M. y KREMLING, K,m 1983. Methods of sea water analysis., 2nd. edition, Verlag Chemie, Republic of Germany.

HURD, W., 1929. Northers of Gulf of Tehuantepec., Mon. Weath. Rev. May:192-194.

KINNE OTTO, 1970. Marine Ecology, A Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters, Vol. I Environmental Factors, Part 1, Wiley-Interscience a division of John Wiley and Sons Ltd, Great Britain.

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.

McCREARY J.O., Jr., LEE, H.S. y ENFIELD, D.B., 1989. The response of the coastal ocean to strong offshore winds: with

application to circulations in the gulf of Tehuantepec and Papagayo. Journal of Marine Research, 47:81-109.

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

NEILS CHRISTENSEN, Jr., RENE DE LA PAZ V. y GUILLERMO GUTIERREZ V., 1983. A study of sub-inertial waves off the west coast of Mexico, Deep Sea Research, 30:835-850.

ODUM, P.E., 1971. Ecología, 3a. edición, Interamericana, México, D.F.

OKUDA TAIZO, 1981. Water Exchange and the Balance of Phosphate in the Gulf of Cariaco, Venezuela, Richards A.F. (Ed.). Coastal Upwelling (Coastal and Estuarine Sciences I), American Geophysical Union:274-281, Washington, D.C.

PARSONS, R.T., YOSHIKI, M. y LALLI, C.M., 1984. A manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis, 1st. edition, Pergamon Press, U.S.A.

RESECK, JOHN, JR., 1988. Marine Biology, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 2nd. edition.

RILEY, J.P. y CHESTER, R., 1989. Introducción a la Química Marina, 1^a. edición en español, AGT Editor S.A., México, D.F.

RILEY, J. P. y SKIRROW G., 1975. Chemical Oceanography, 2nd ed., Vols. 1 y 2, Academic Press, New York.

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

SIMMONS, I.G., 1982. Ecología de los Recursos Naturales., Omega, Barcelona, España.

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

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

STRIKLAND, J.D.H. y PARSONS, A., 1977. A practical handbook of seawater analysis., 2nd. edition. The Alger Press Ltd, Otawa.

STUMPF, H.G., 1975. Satellite detection of upwelling in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. Journal of Physical Oceanography, 5:383.

STUMPF, H.G., y LEHECKIS, V.R., 1977. Satellite Observations of Mesoscale Eddy Dynamics in the Eastern Tropical Pacific Ocean, Journal of Physical Oceanography, 7:648-658.

SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. y FLEMING, H.R., 1942. The Oceans, their physics, chemistry and general biology., Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.

SZOEKE, R.A., DE, y RICHMAN, J.G., 1981. The Role of Wind-Generated Mixing in Coastal Upwelling, Journal of Physical Oceanography, 11:1534-1547.

THIEDE, J., y SUESS, E., 1983. Coastal upwelling. Its sediment record. Par a: response of the sedimentary regime to present coastal upwelling., A Division of Plenum Publishing Corporation, New York.

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.

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

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.

VAZQUEZ, G.F., ALEXANDER, V.H., TURNER, G.M., LENKA, G.A., 1989. Parámetros Físicoquímicos del Golfo de Tehuantepec. MIMAR-V. Arturo Carranza Edwards. U.N.A.M. Reporte Técnico.

VAZQUEZ, G.F., ALEXANDER, V.H., TURNER, G.M., LENKA, G.A., 1990. Estudio Físicoquímico del Golfo de Tehuantepec. In: Memorias del Primer Foro Nacional de la Investigación Científica y Humanística del Edo de Chiapas. Noviembre 29 y 30, diciembre 1 de 1989. Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

VAZQUEZ FELIPE, TURNER MAGDALENA, GUTIERREZ ALFONSO, ALEXANDER HECTOR, 1990. Chemical Parameters Before a Red Tide Bloom, Gulf of Tehuantepec, Mexico. In: The Seventh Symposium on Coastal and Ocean Management. July 8-12, 1991., Long Beach California.

WEIHAUPT, G.J., 1984. Exploración de los Océanos., 1ª edición, 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, Japan.

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.

A P E N D I C E I
(Isolneas verticales)

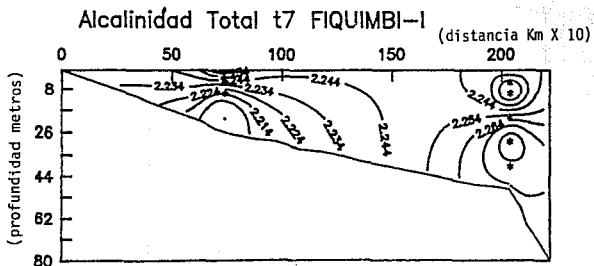
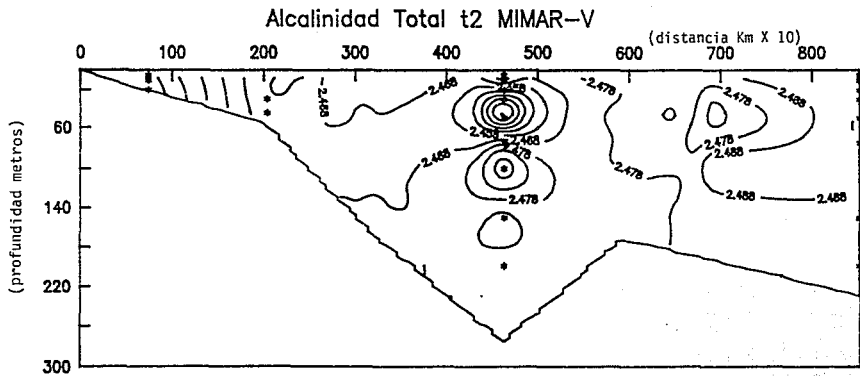


Figura. 4

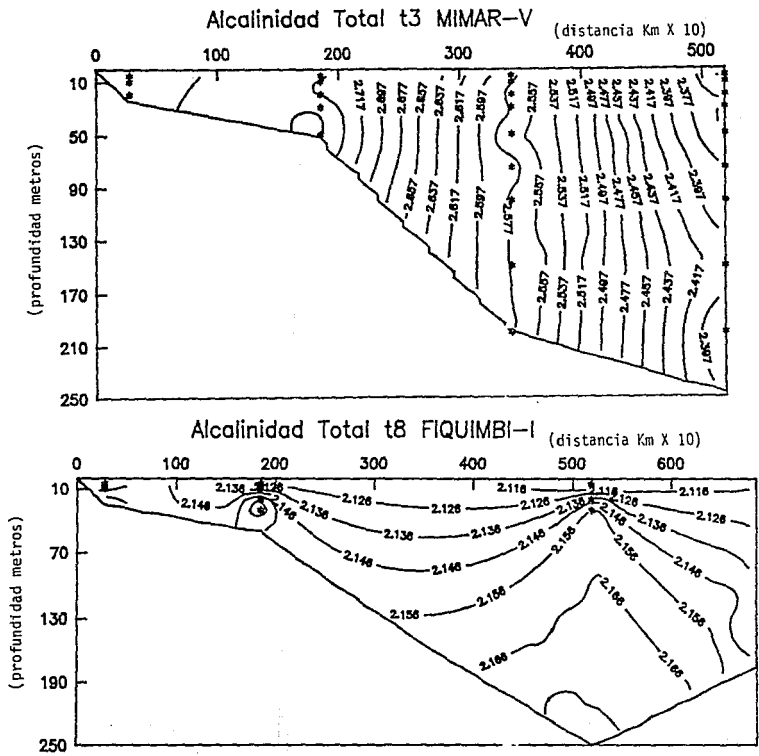


Figura. 5

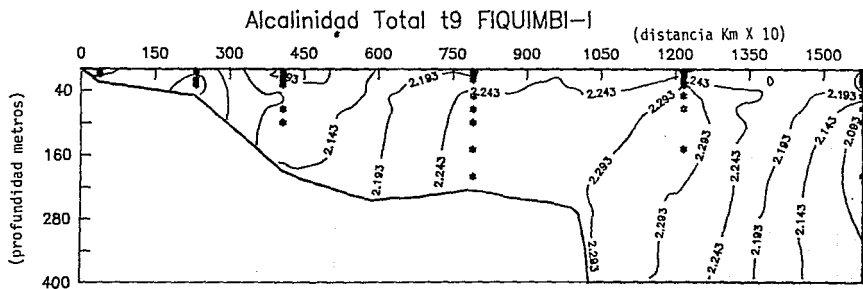
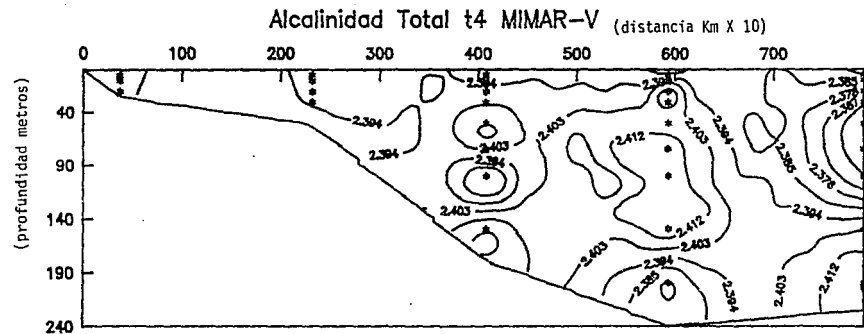


Figura. 6

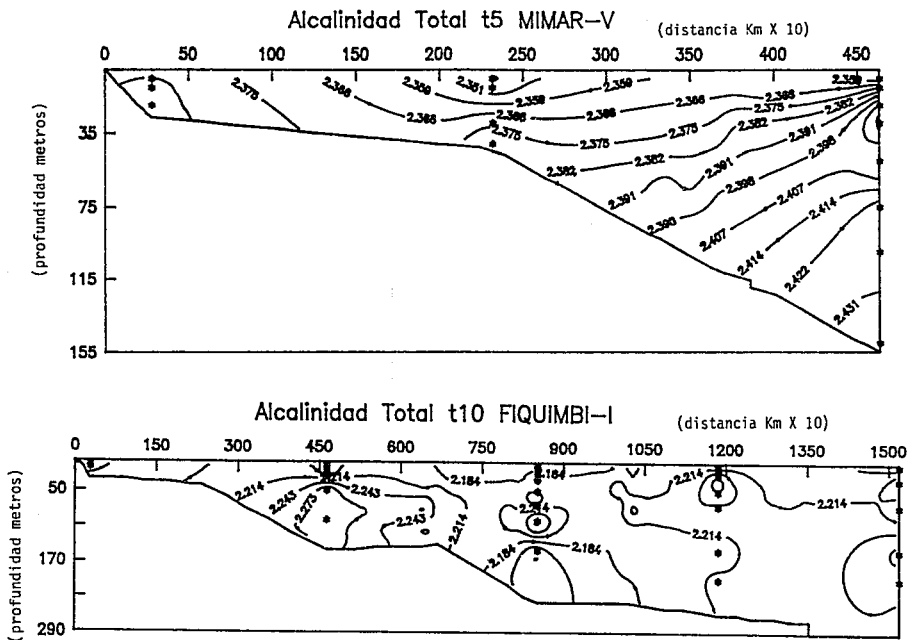


Figura. 7

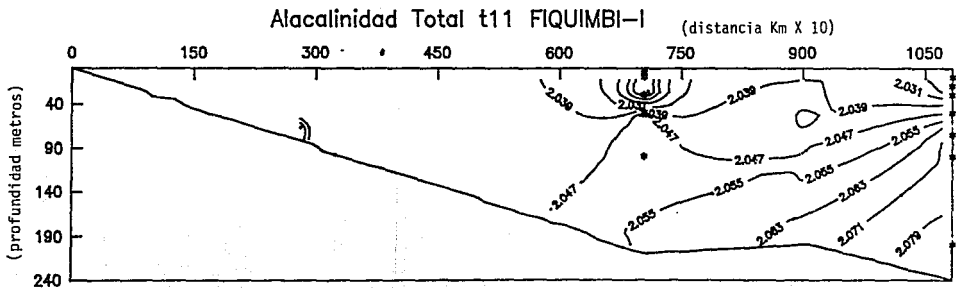
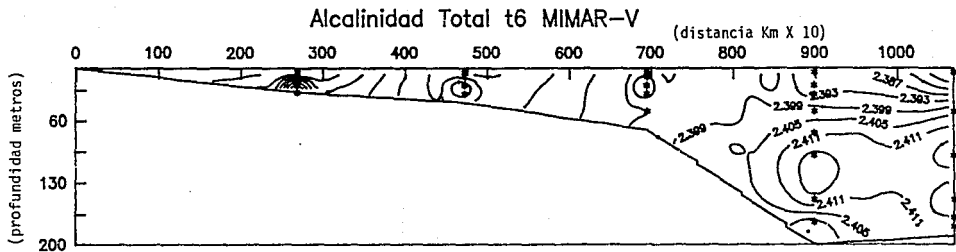


Figura. 8

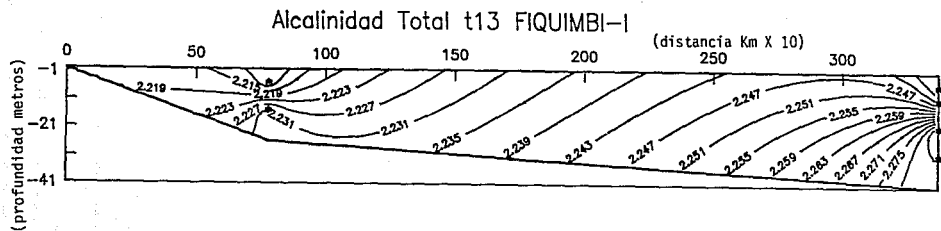
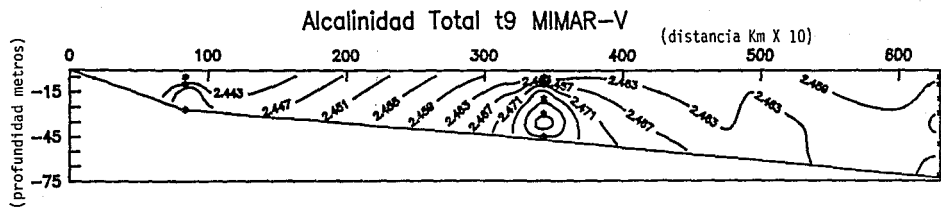


Figura. 9

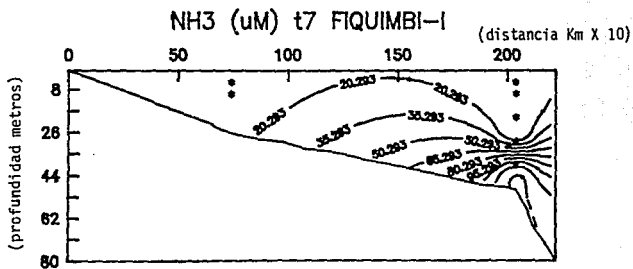
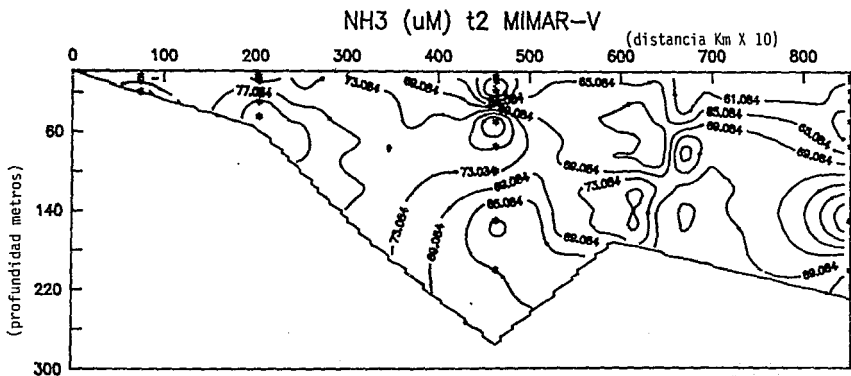


Figura. 10

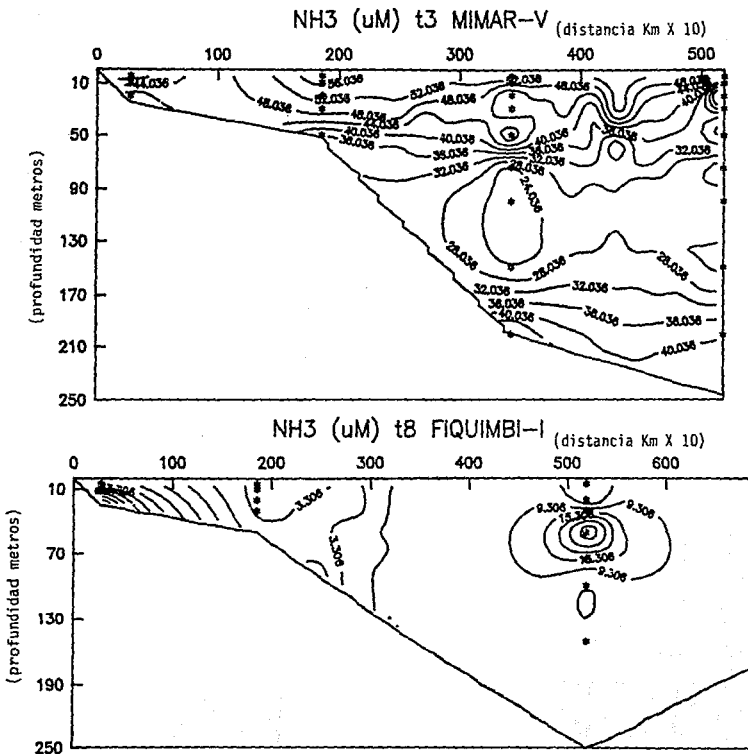


Figura. 11

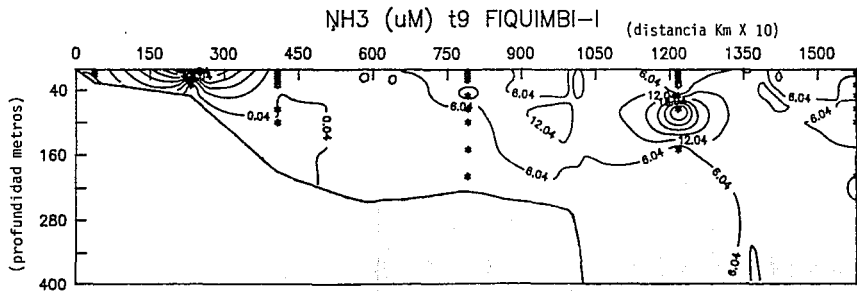
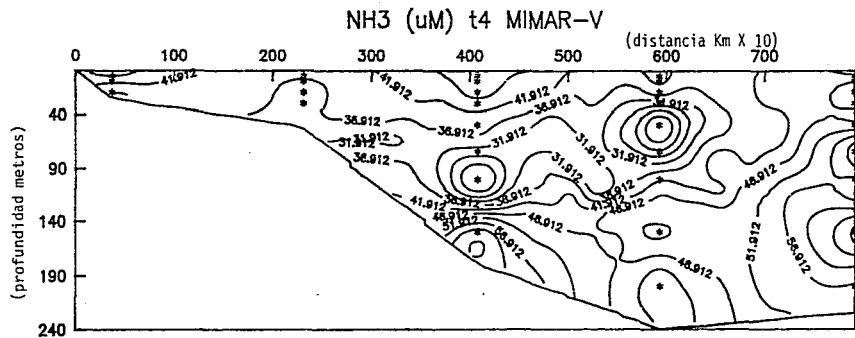


Figura. 12

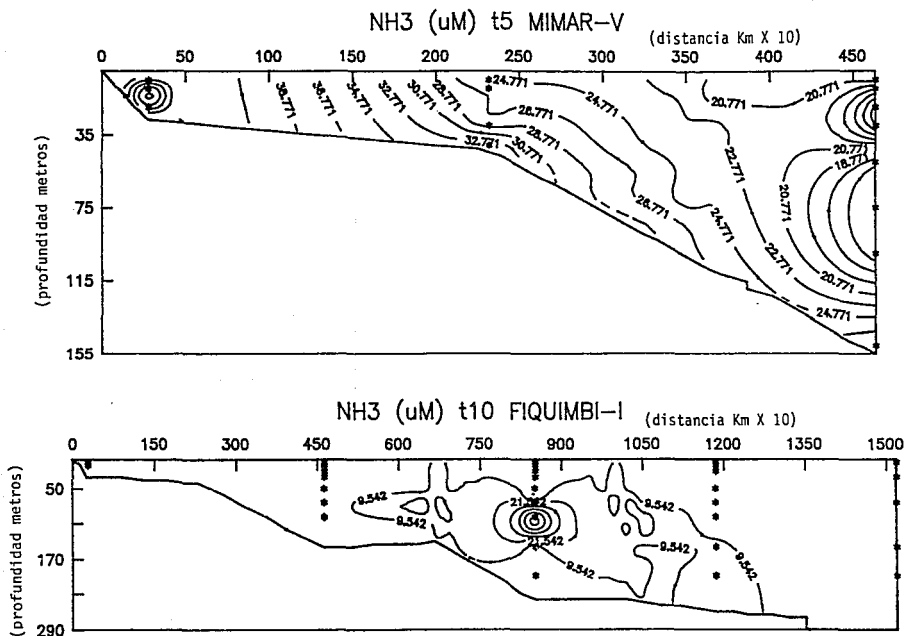
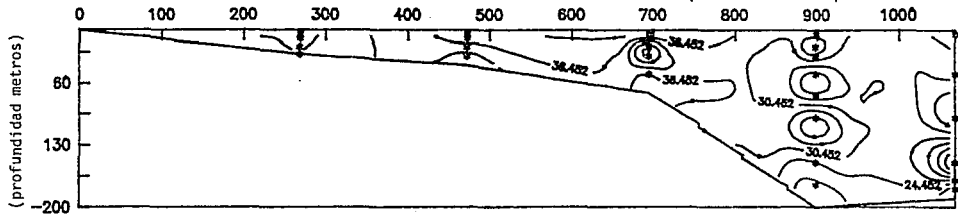


Figura. 13

NH3 (uM) t6 MIMAR-V

(distancia Km X 10)



NH3 (uM) t11 FIQUIMBI-I

(distancia Km X 10)

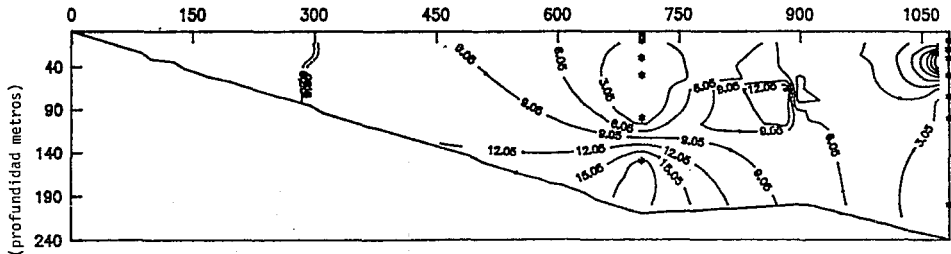


Figura. 14

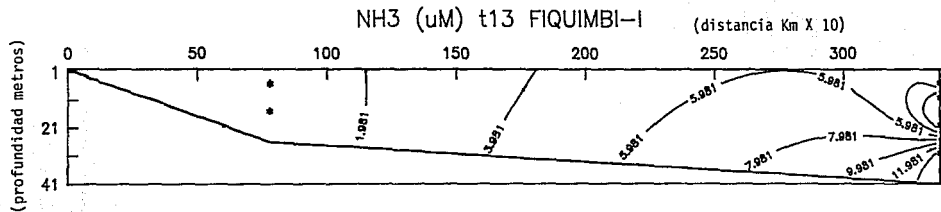
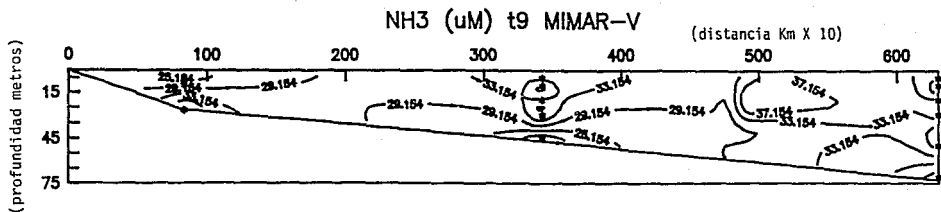


Figura. 15

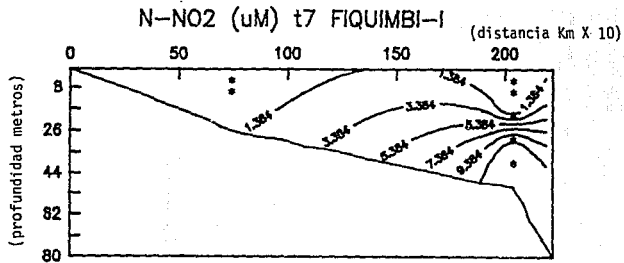
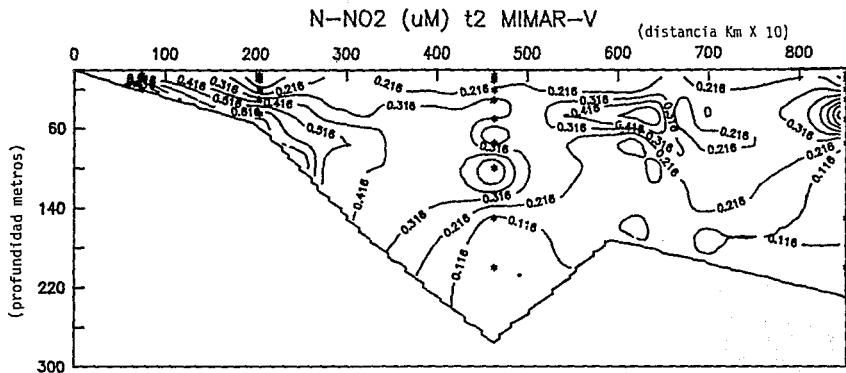


Figura. 16

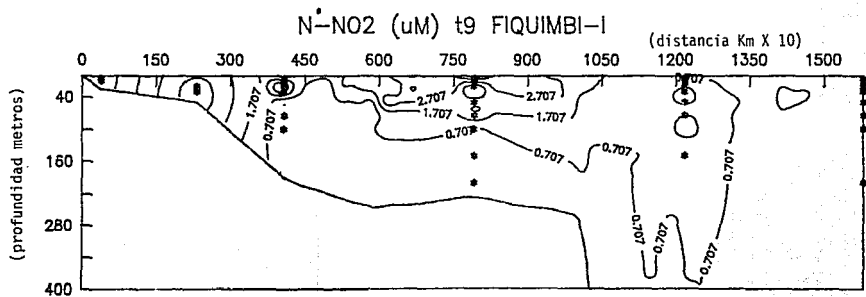
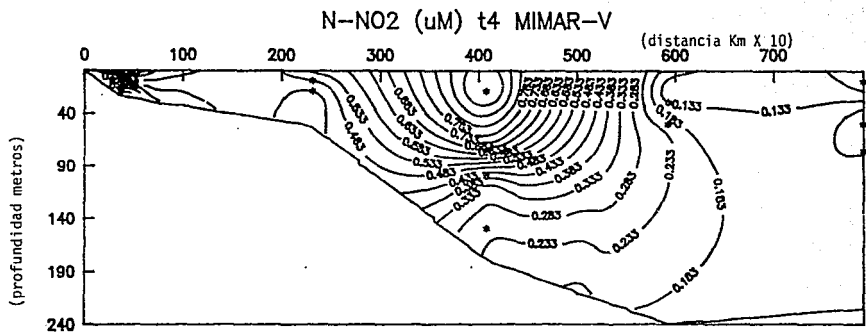


Figura. 17

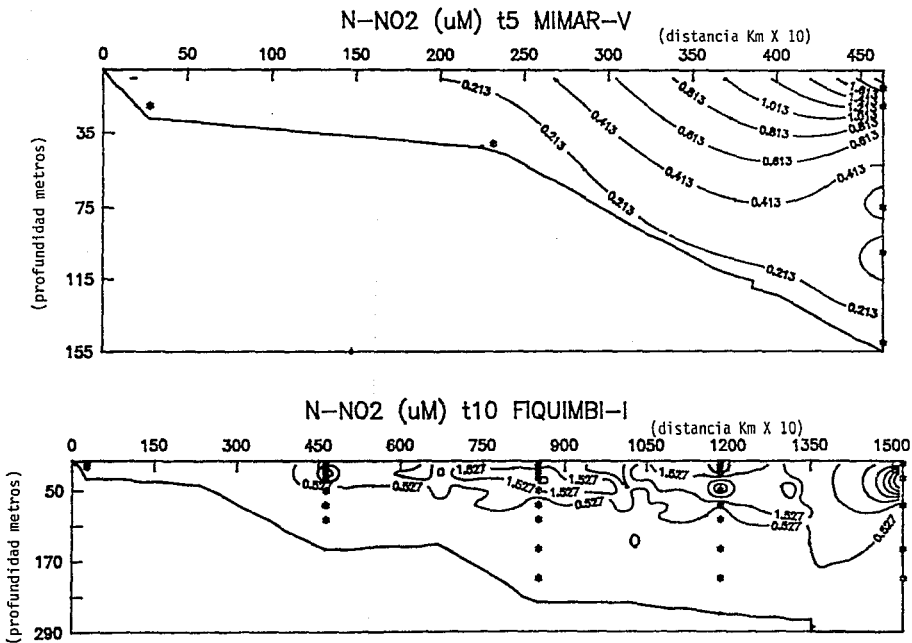


Figura. 18

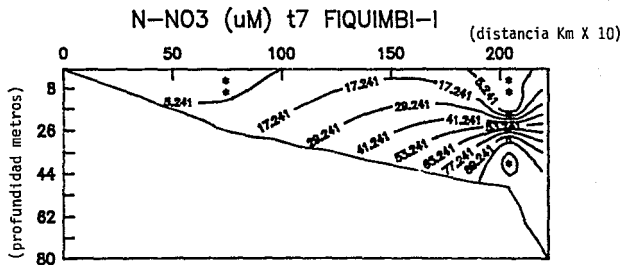
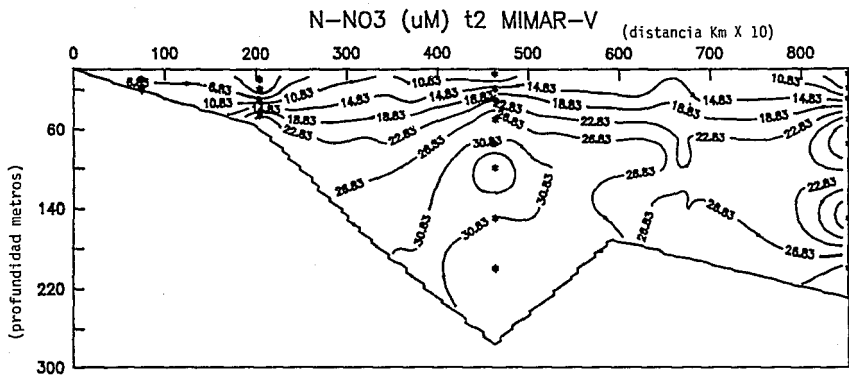


Figura. 19

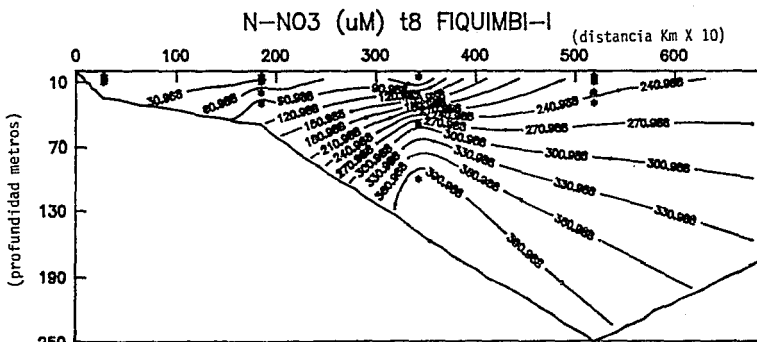
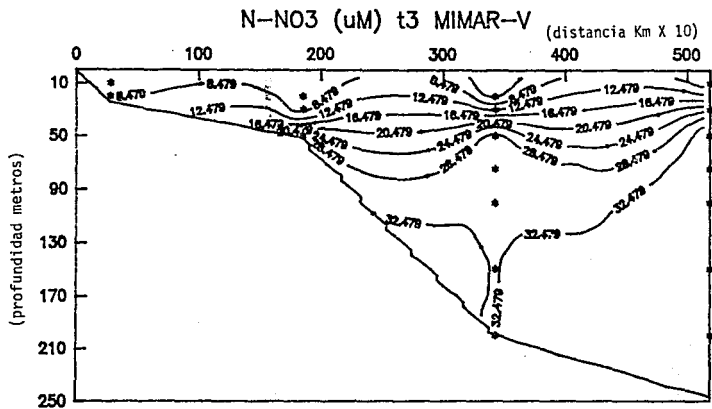


Figura. 20

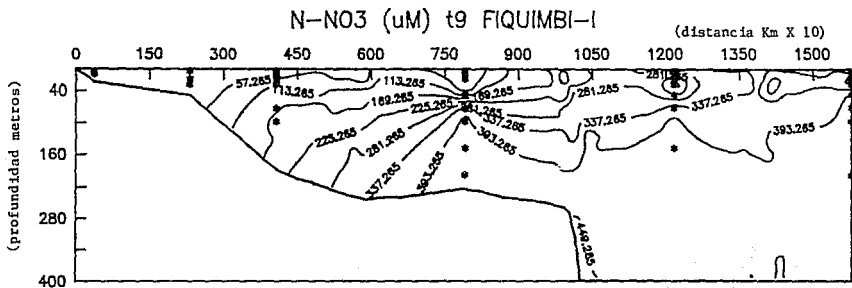
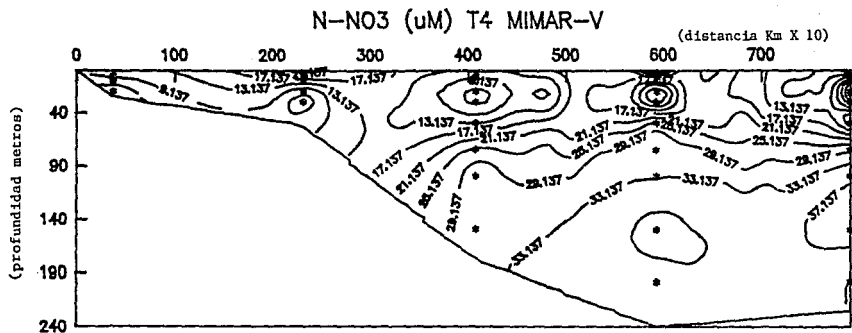
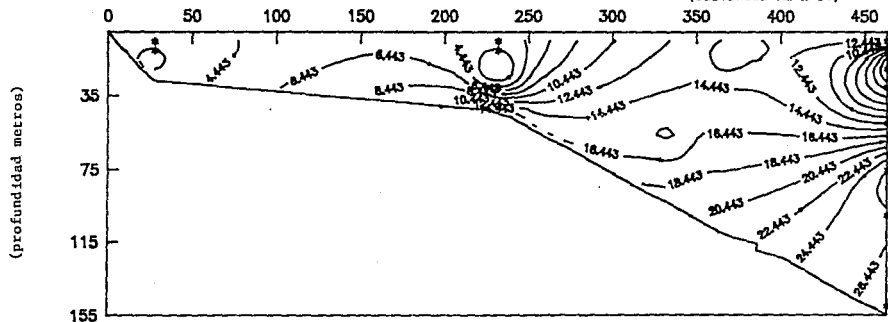


Figura. 21

N-NO₃ (μM) t5 MIMAR-V

(distancia Km X 10)



N-NO₃ (μM) t10 FIQUIMBI-I

(distancia Km X 10)

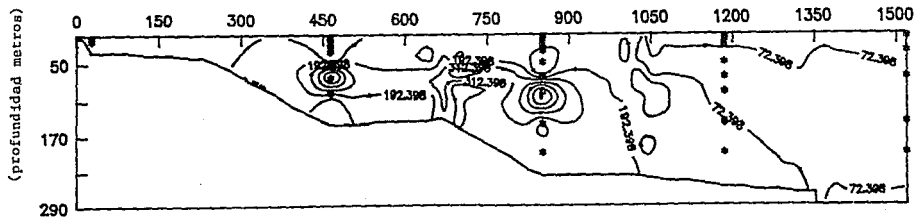


Figura. 22

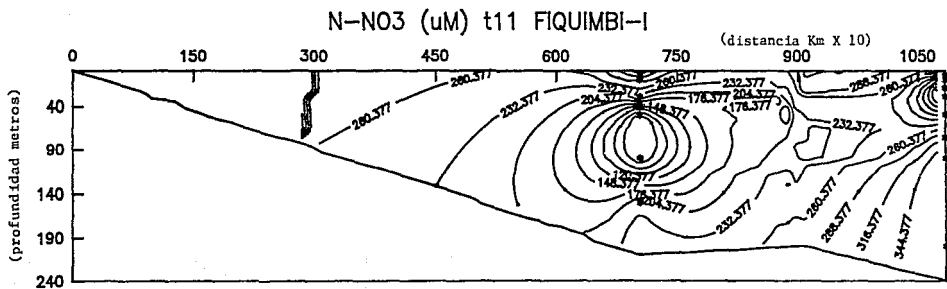
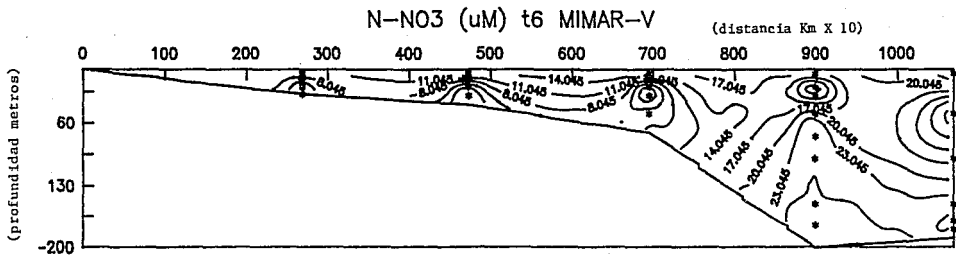


Figura. 23

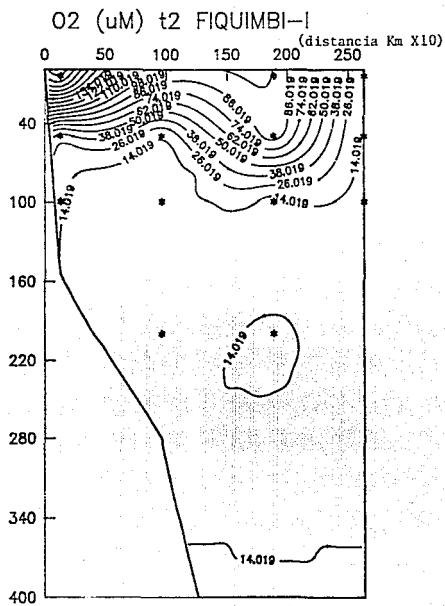
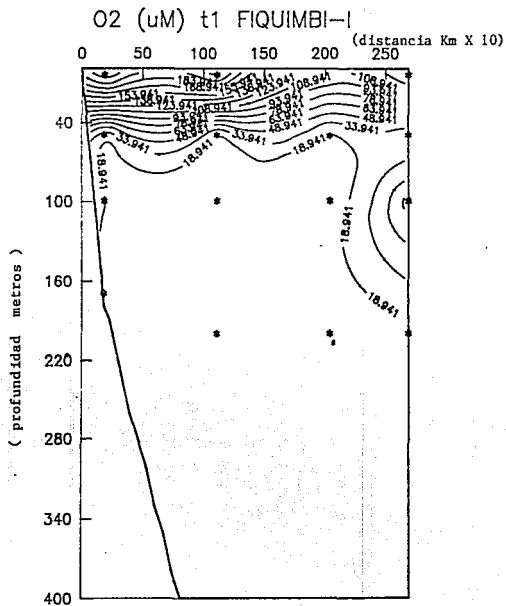


Figura. 24

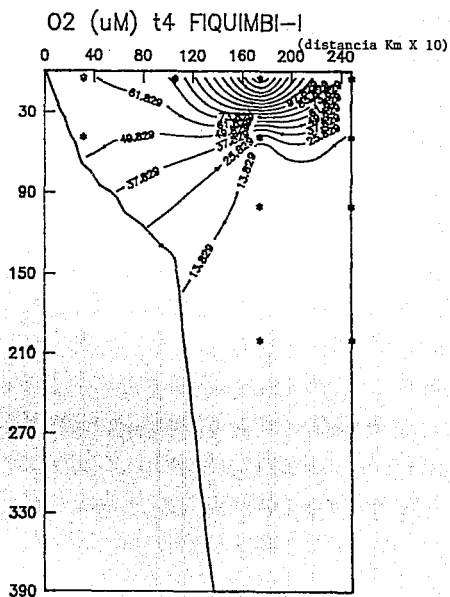
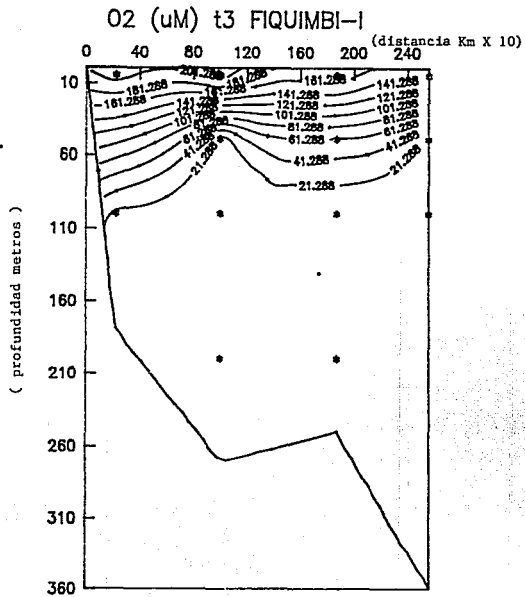


Figura. 25

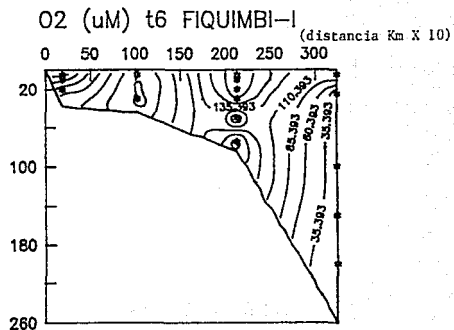
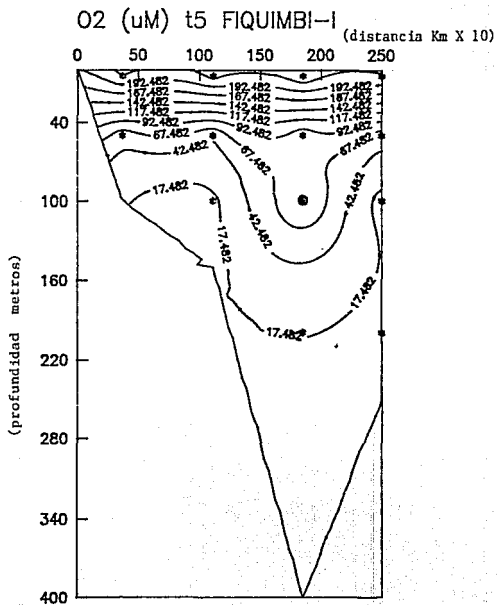
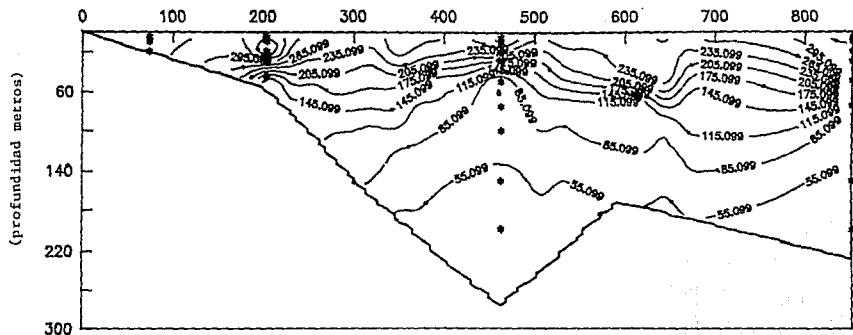


Figura. 26

O₂ (μM) t2 MIMAR-V (distancia Km X 10)



O₂ (μM) t7 FIQUIMBI-I

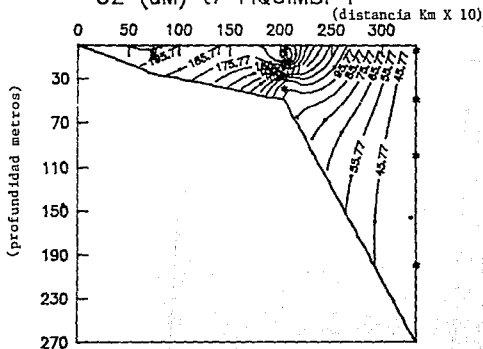


Figura. 27

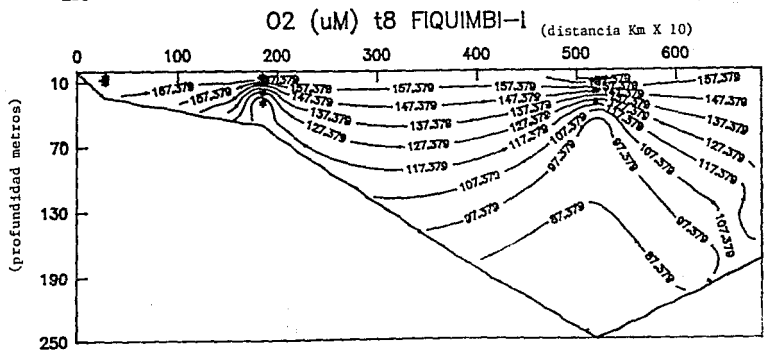
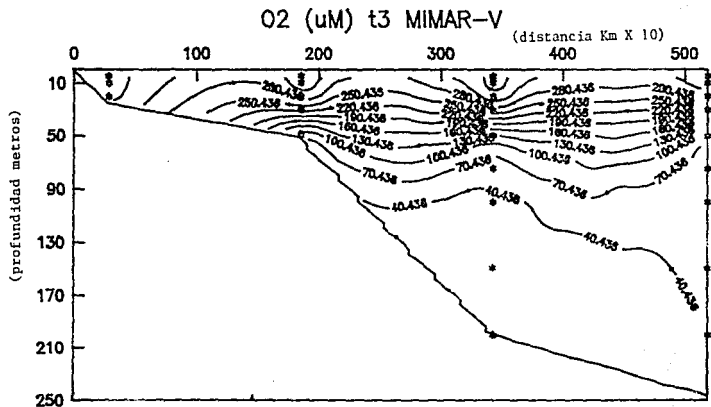


Figura. 28

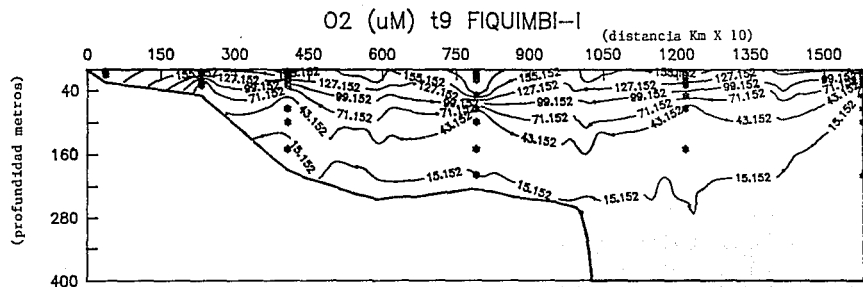
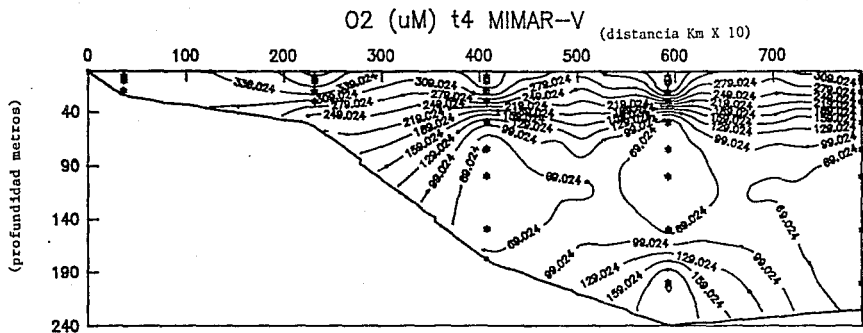


Figura. 29

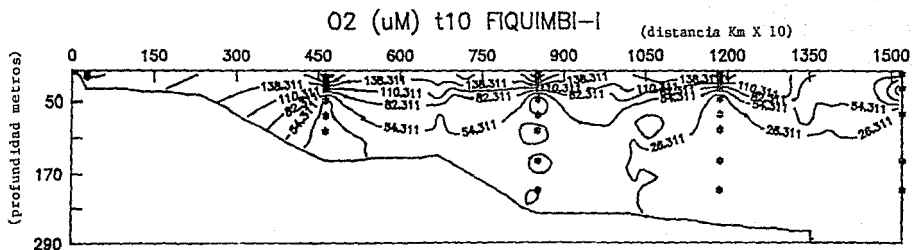
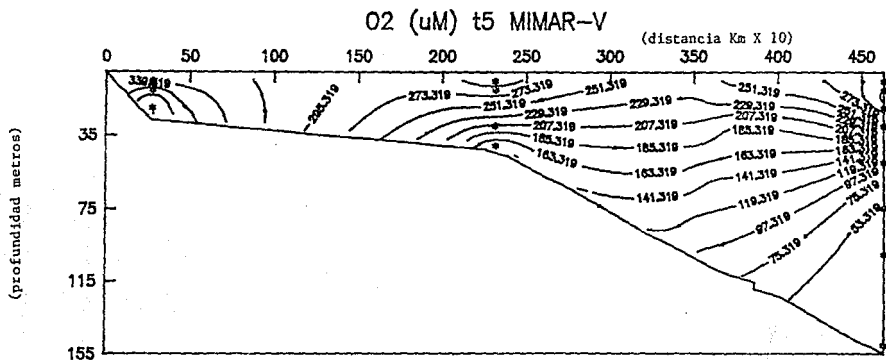


Figura. 30

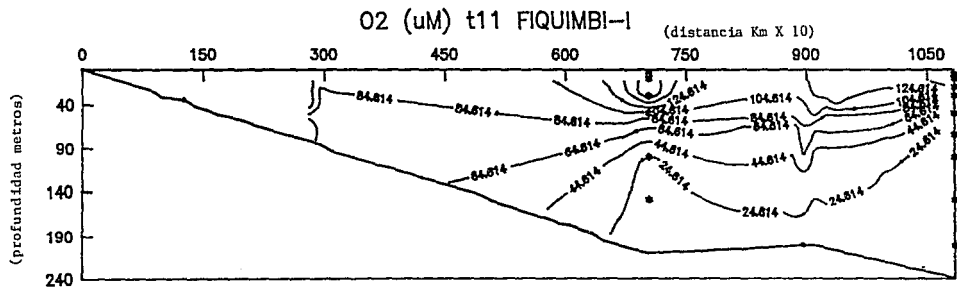
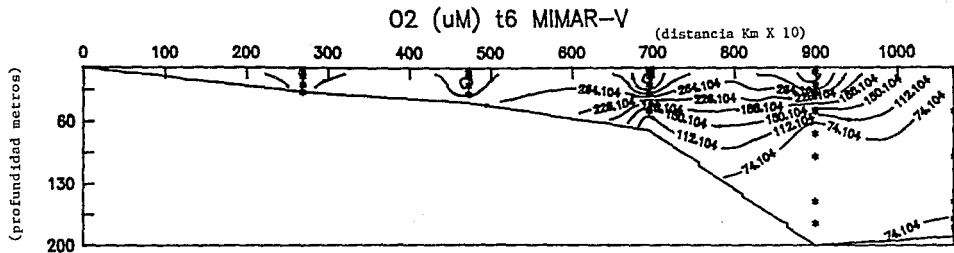


Figura. 31

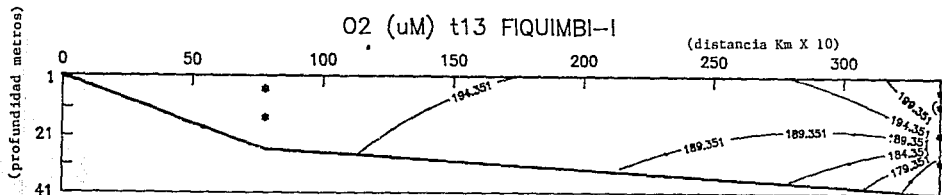
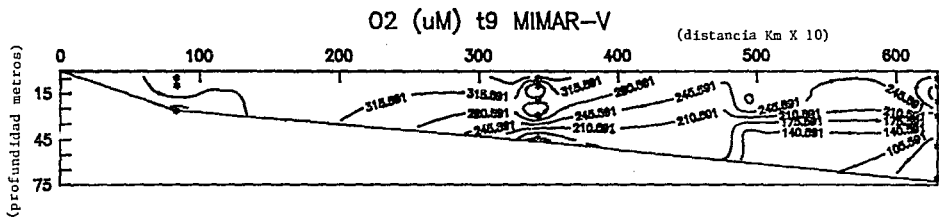


Figura. 32

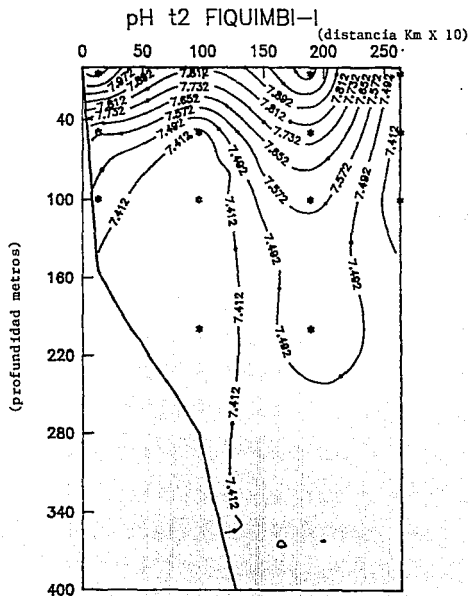
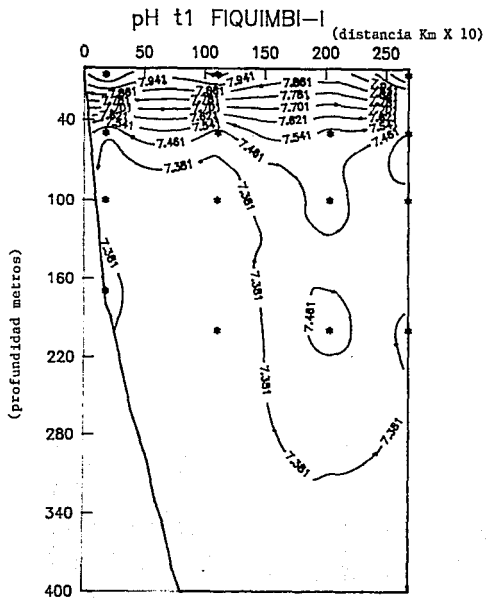


Figura. 33

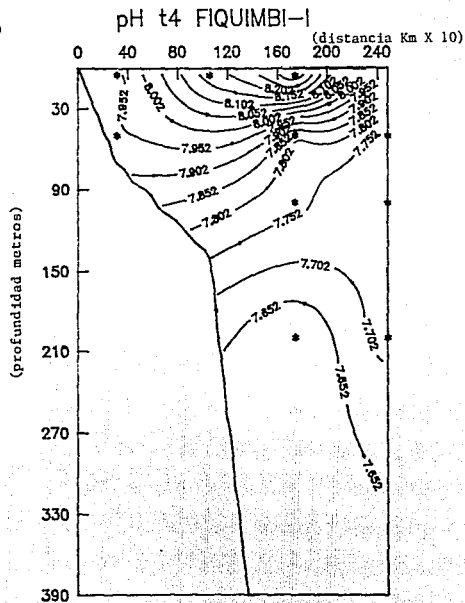
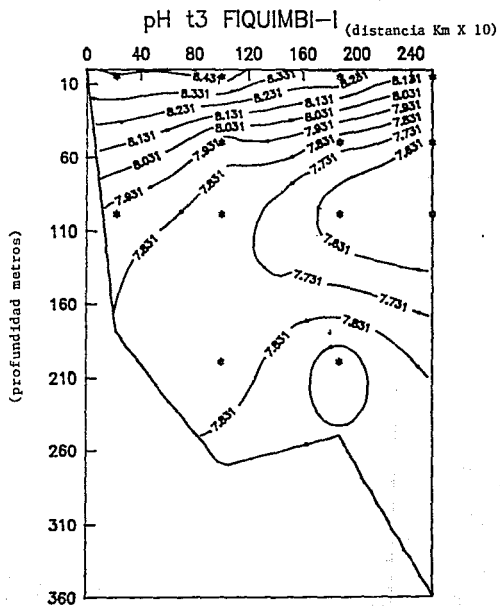


Figura. 34

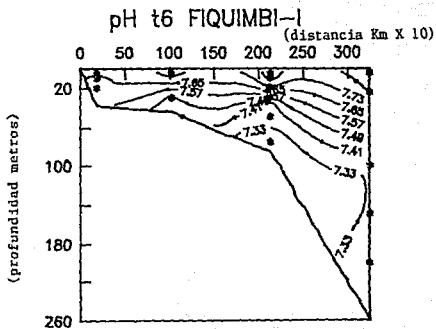
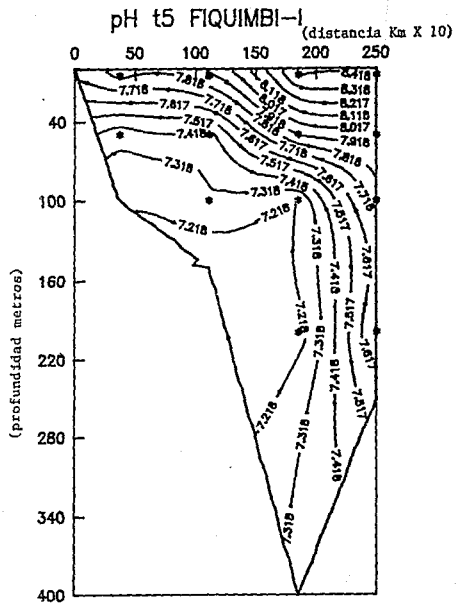


Figura. 35

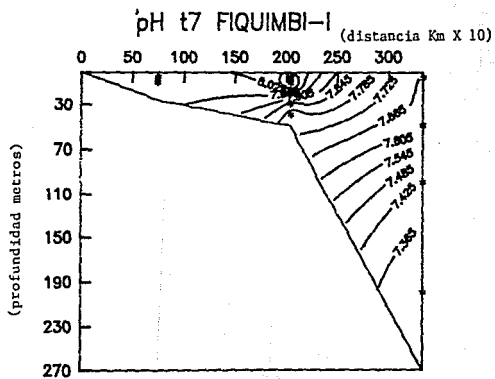
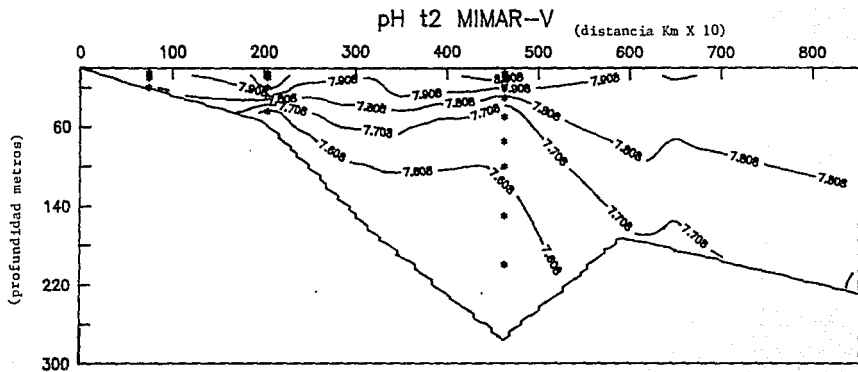


Figura. 36

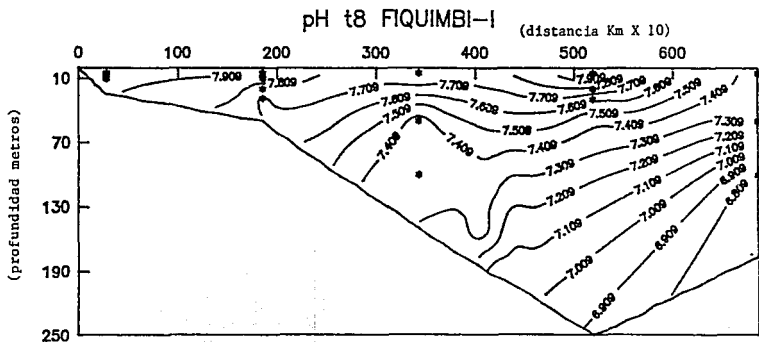
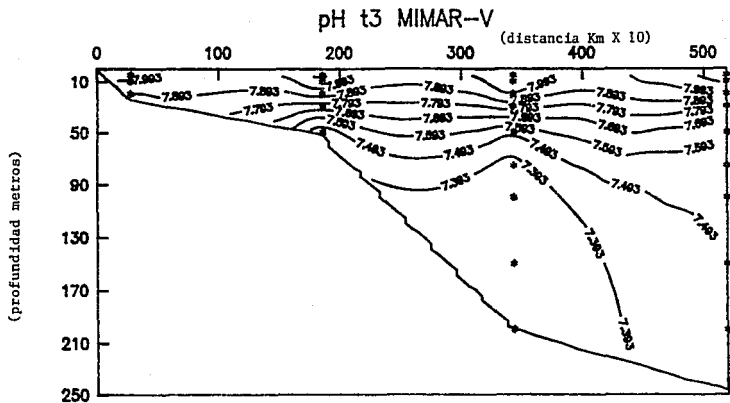


Figura. 37

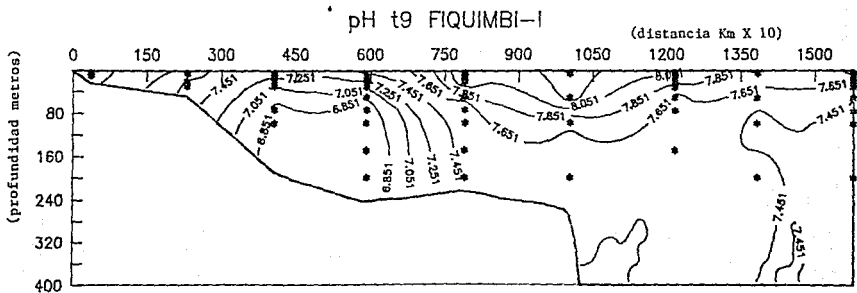
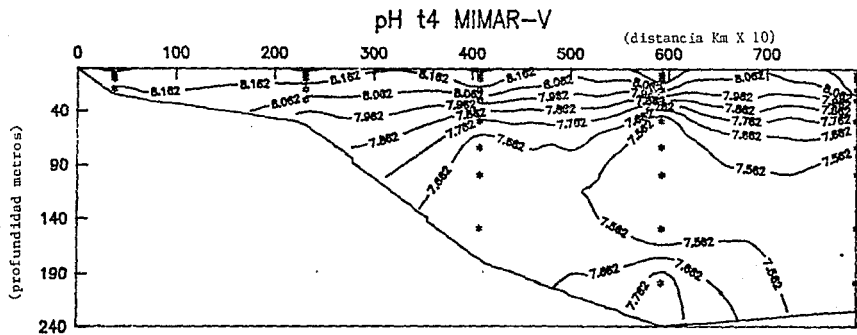
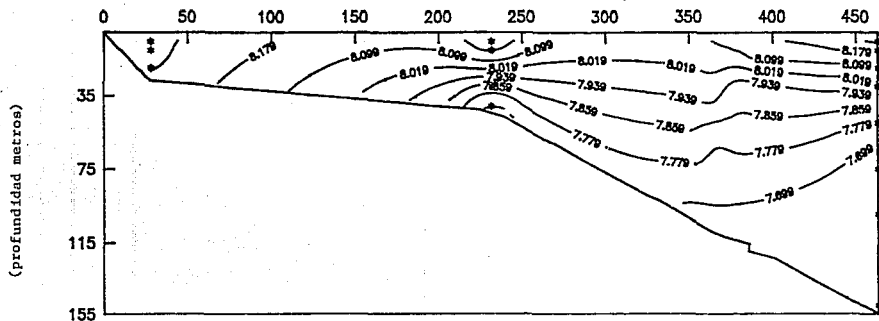


Figura. 38

pH t5 MIMAR-V

(distancia Km X 10)



pH t10 FIQUIMBI-I

(distancia Km X 10)

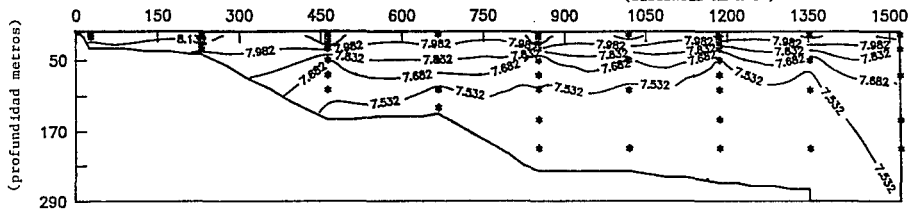


Figura. 39

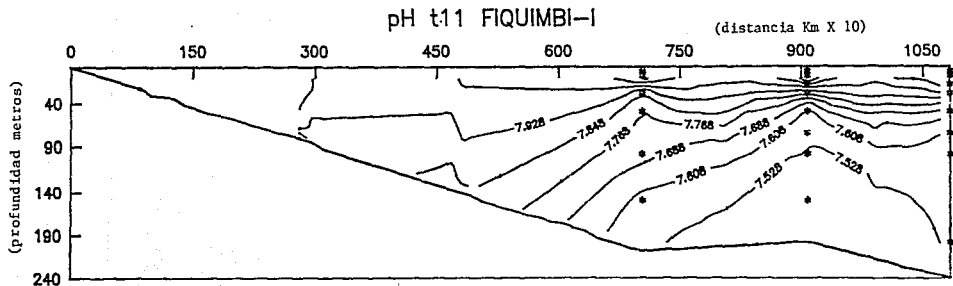
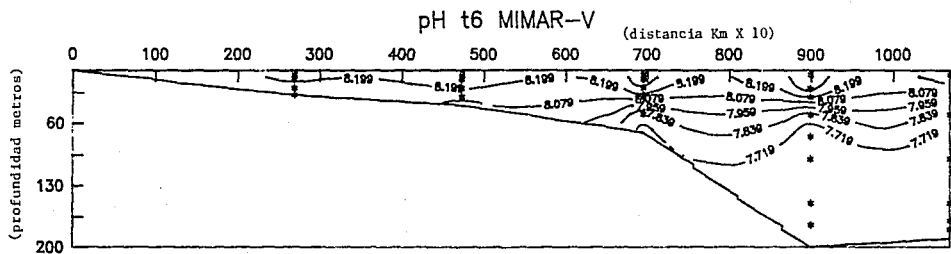


Figura. 40

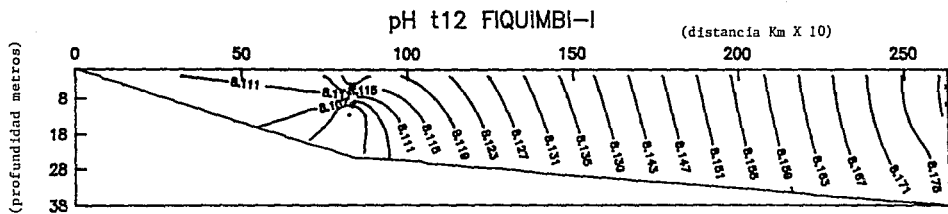
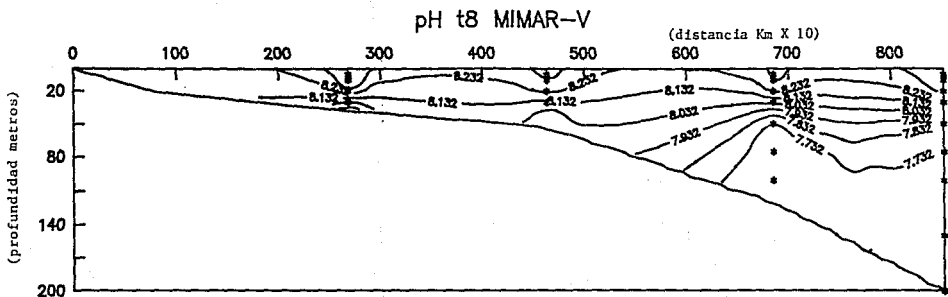
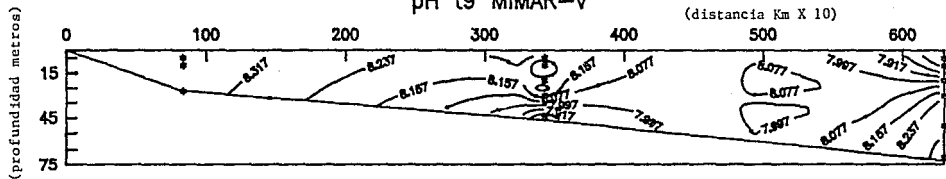


Figura. 41

pH t9 MIMAR-V



pH t13 FIQUIMBI-I

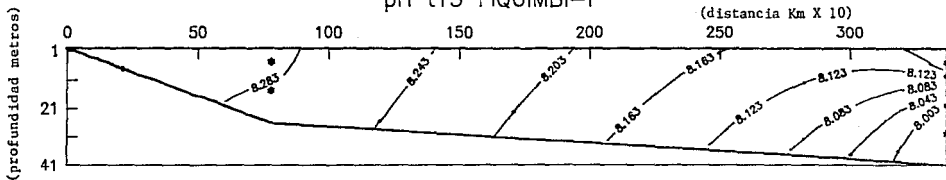


Figura. 42

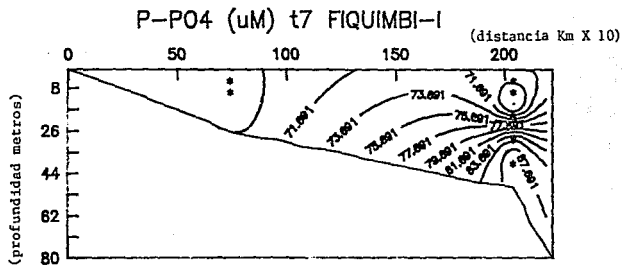
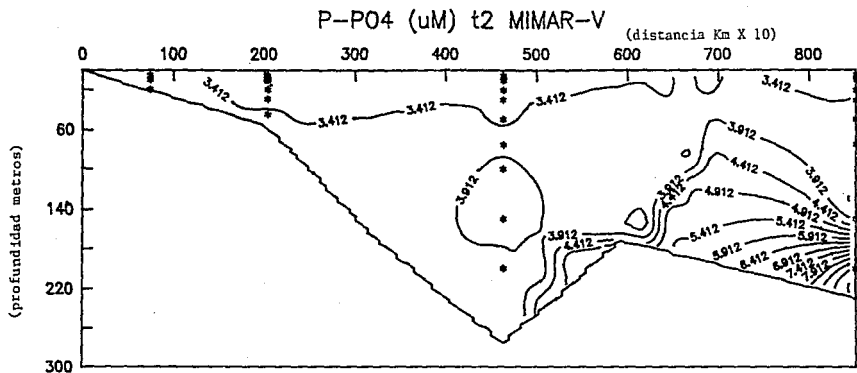


Figura. 43

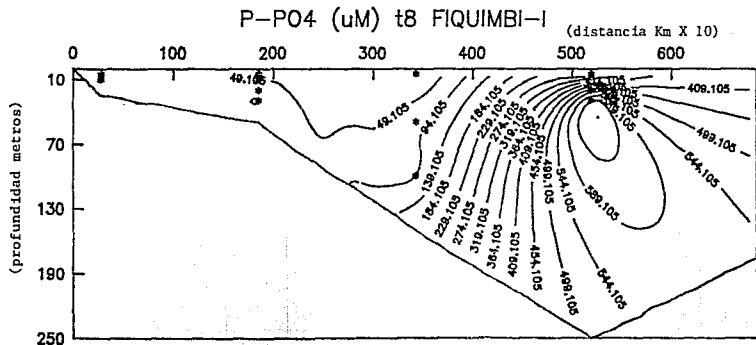
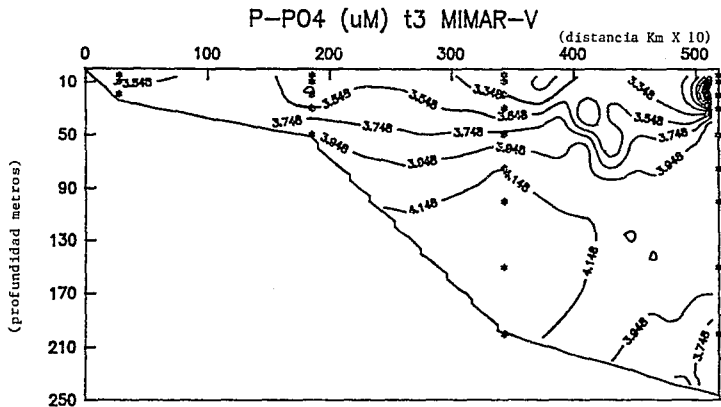


Figura. 44

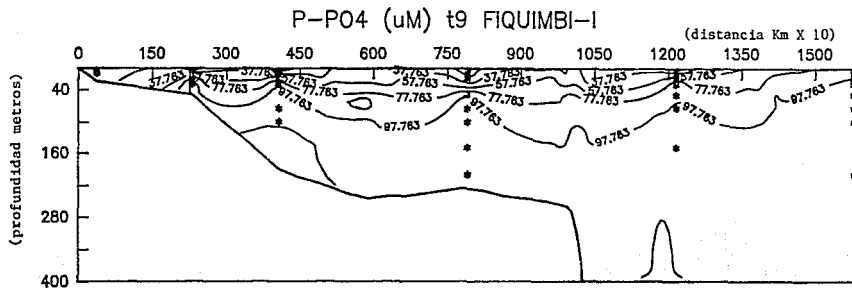
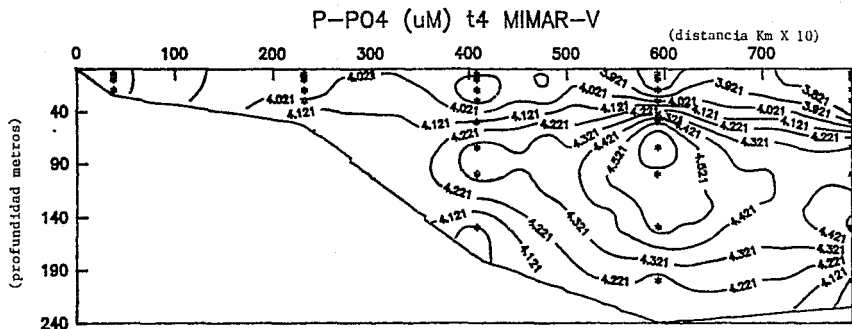


Figura 45

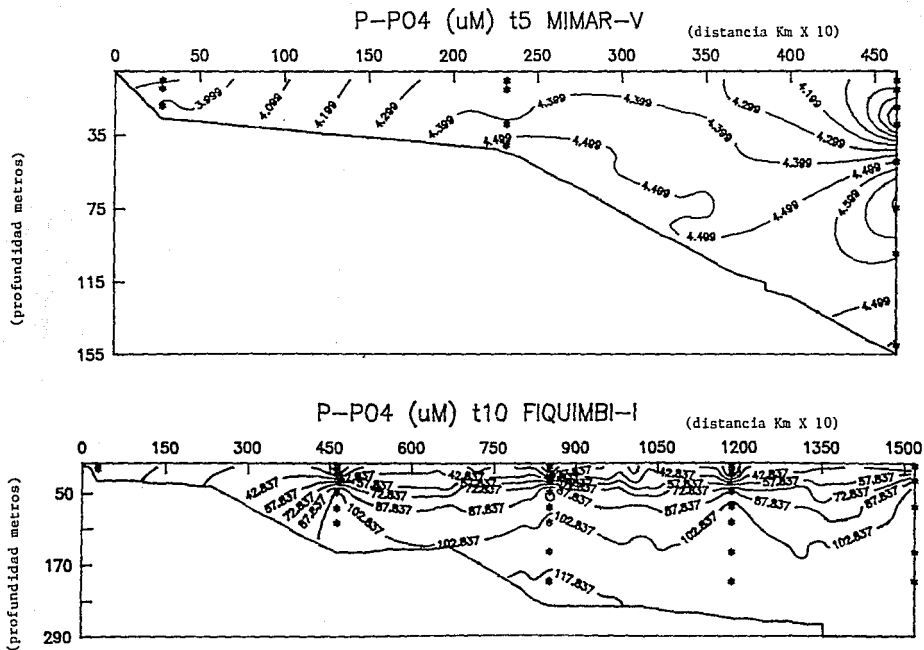


Figura 46

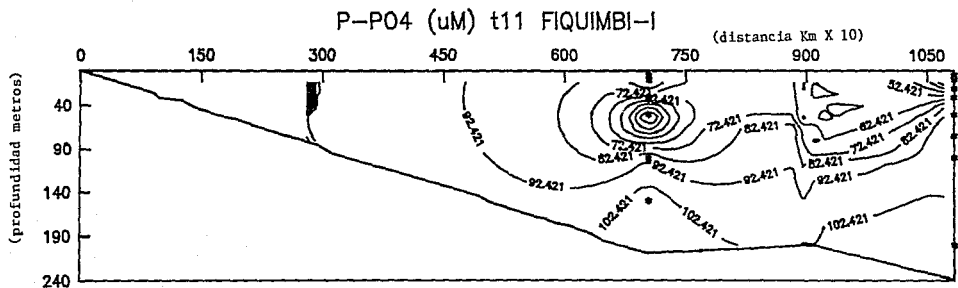
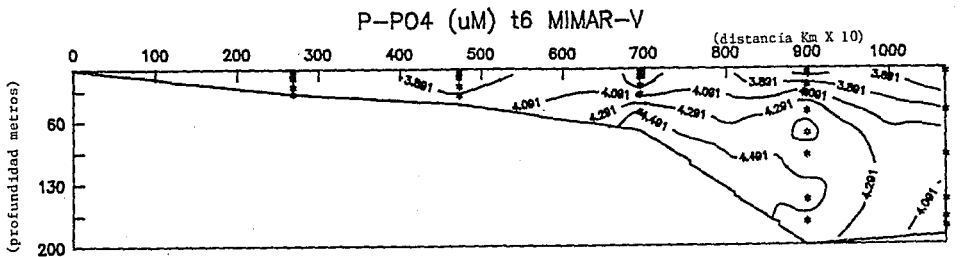
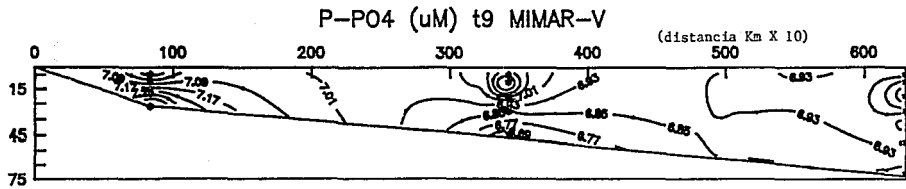


Figura 47

(profundidad metros)



(profundidad metros)

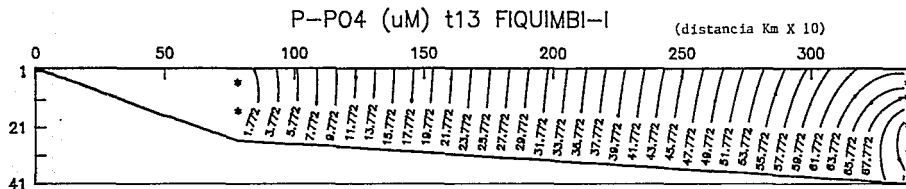


Figura 48

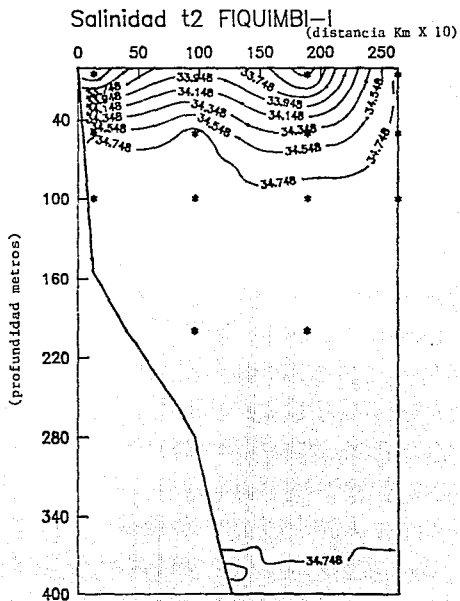
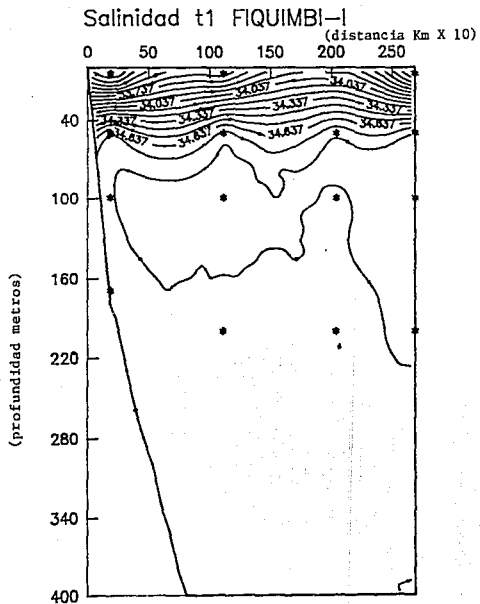


Figura 49

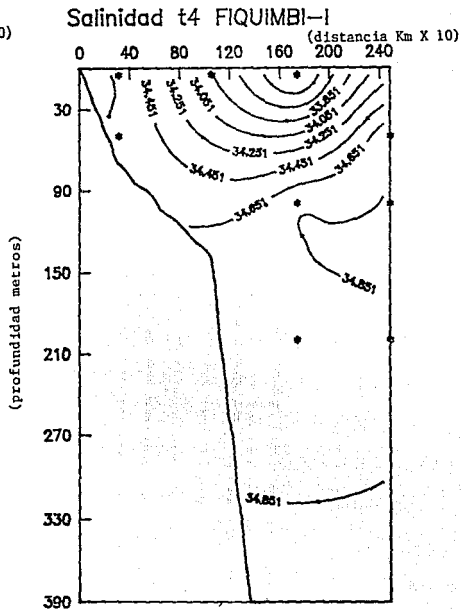
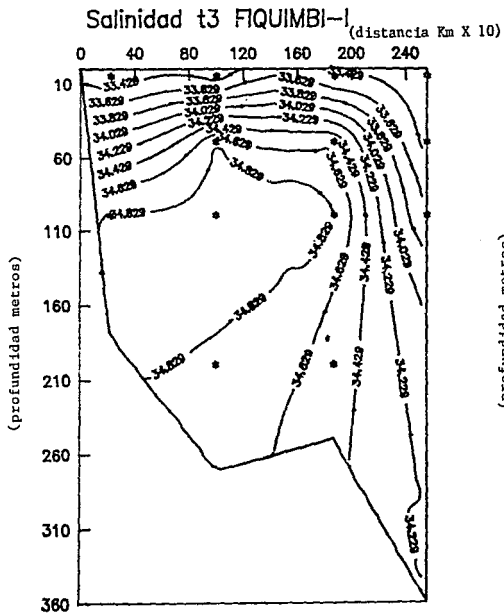


Figura 50

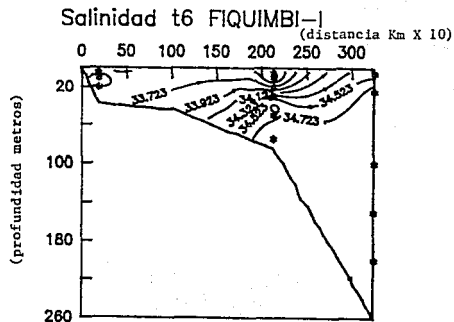
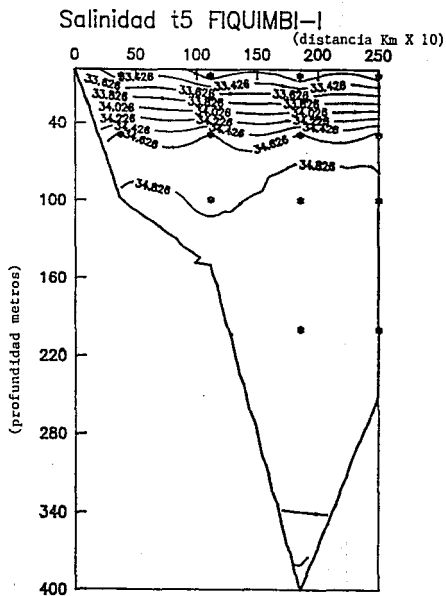


Figura 51

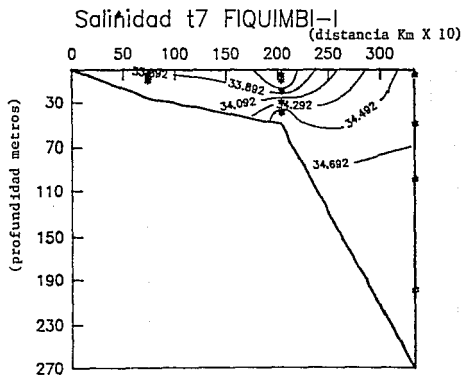
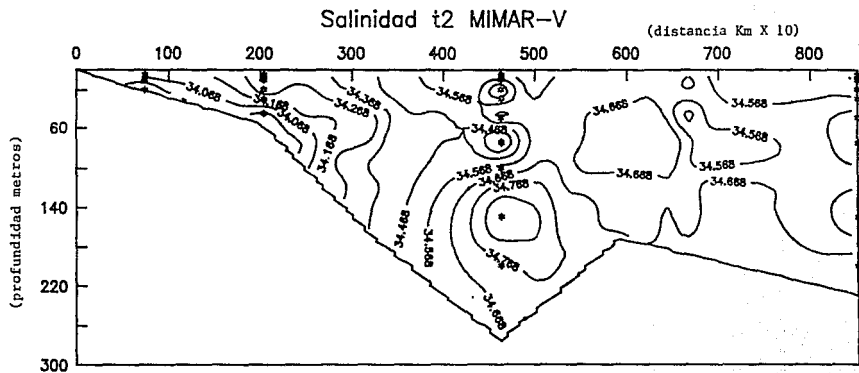


Figura 52

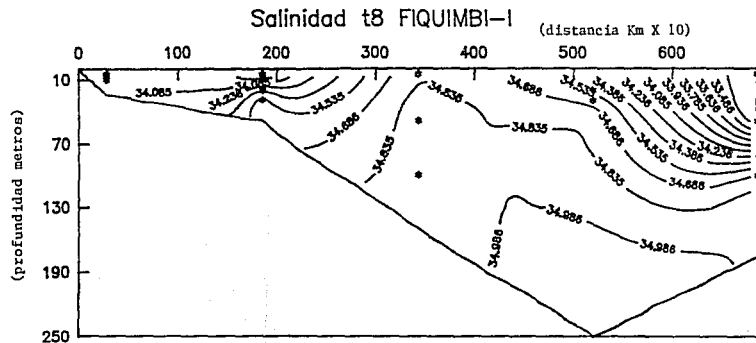
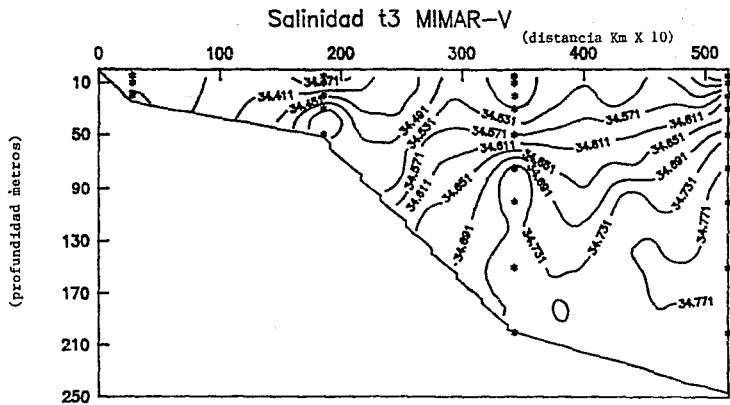


Figura 53

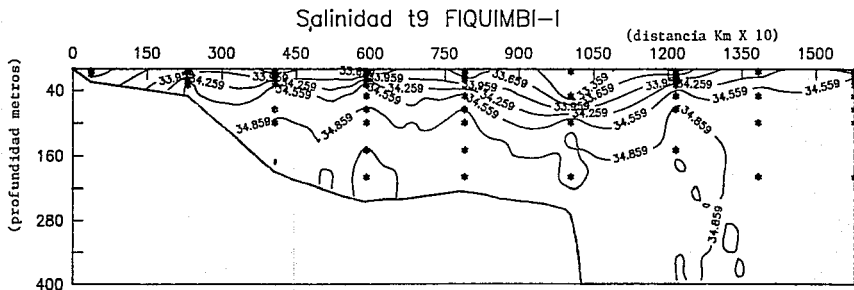
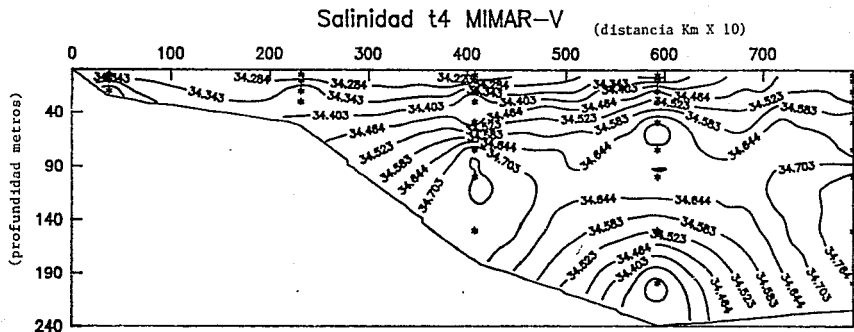
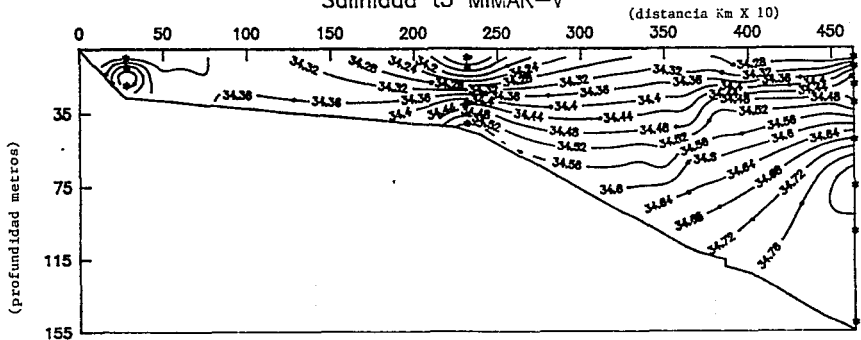


Figura 54

Salinidad t5 MIMAR-V



Salinidad t10 FIQUIMBI-I

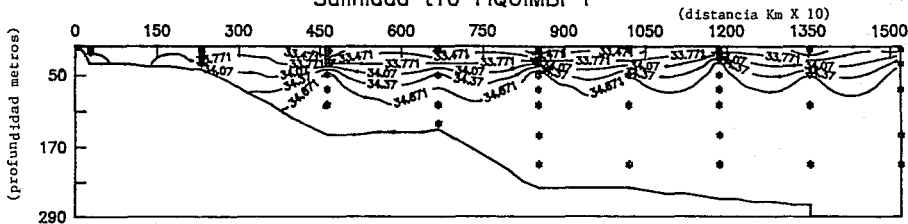
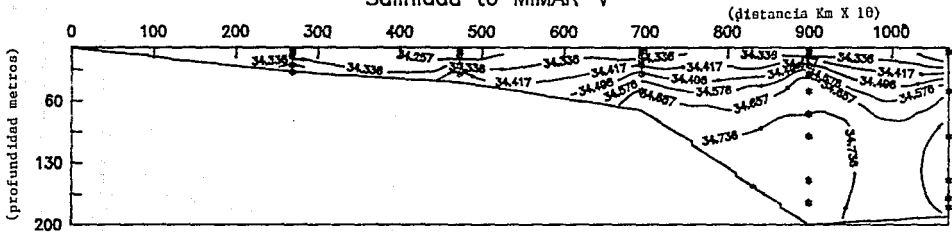


Figura 55

Salinidad t6 MIMAR-V



Salinidad t11 FIQUIMBI-I

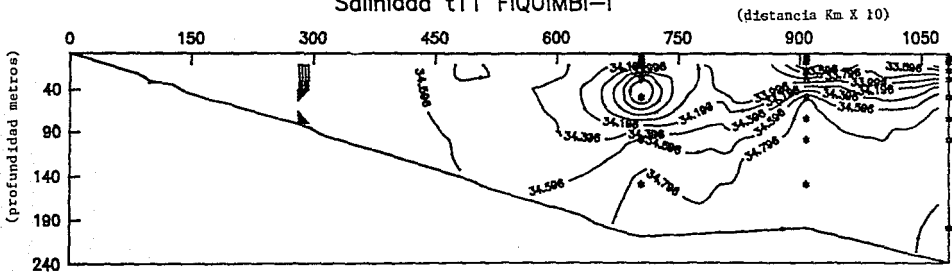


Figura 56

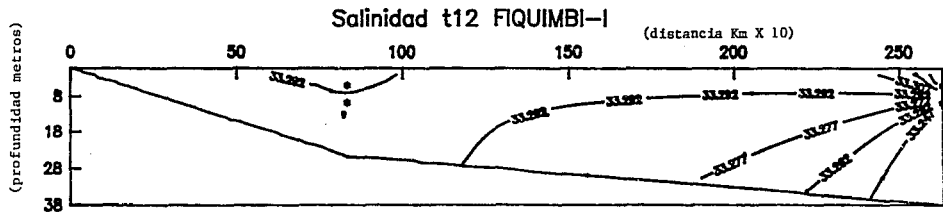
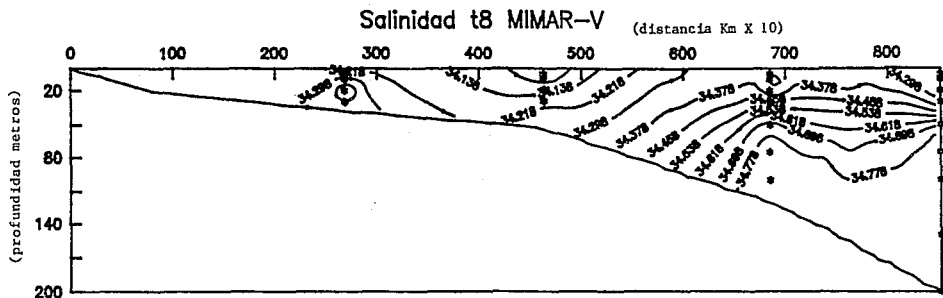


Figura 57

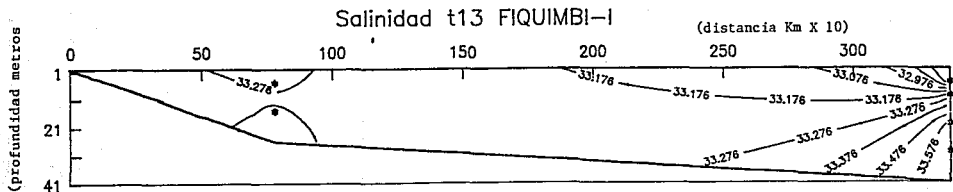
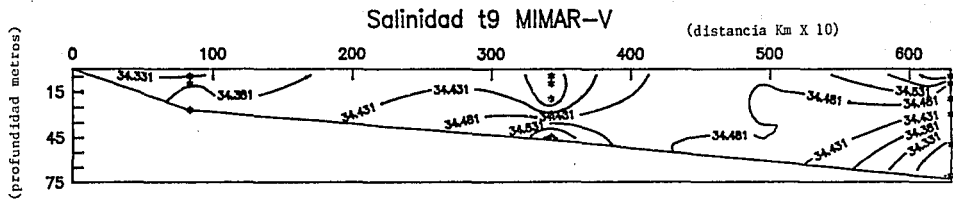


Figura 58

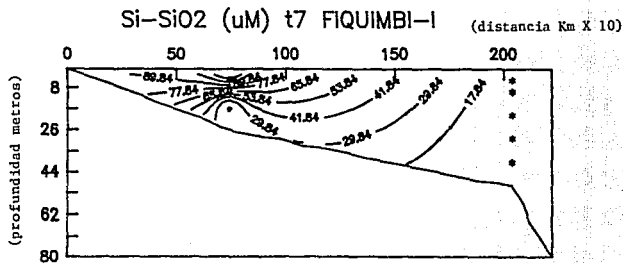
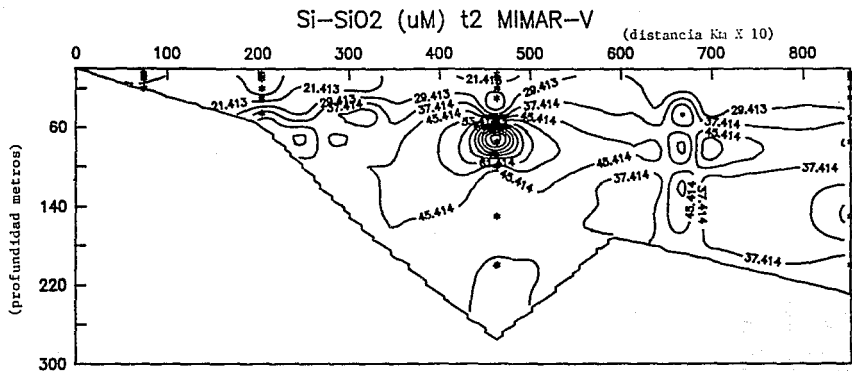


Figura 59

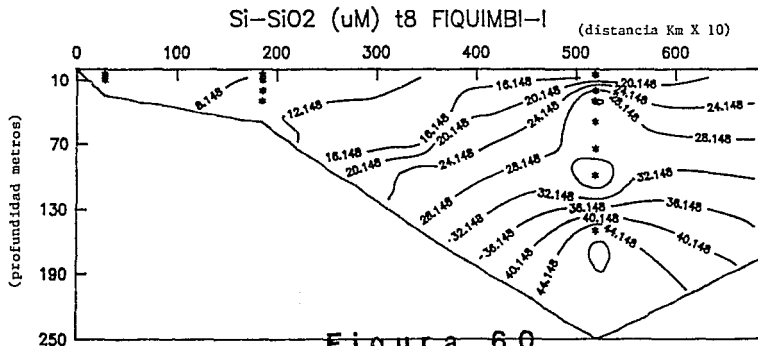
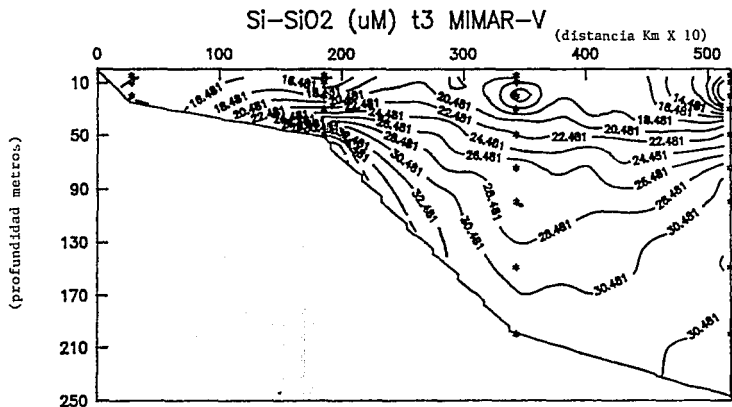


Figura 60

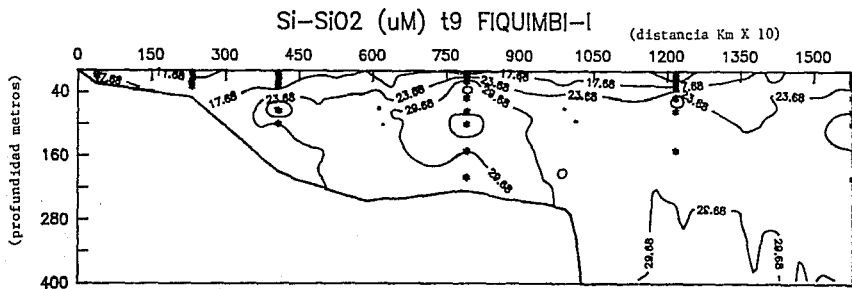
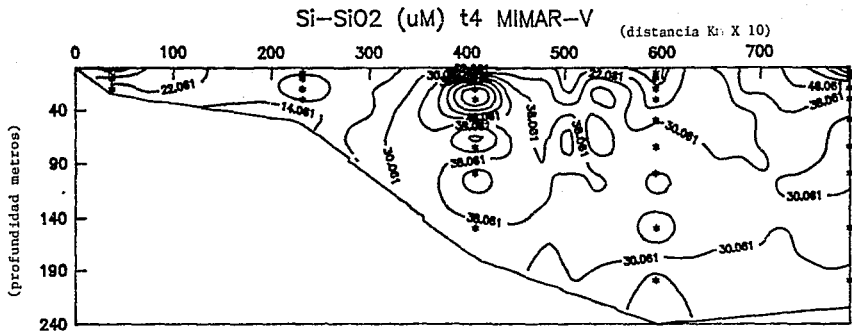


Figura 61

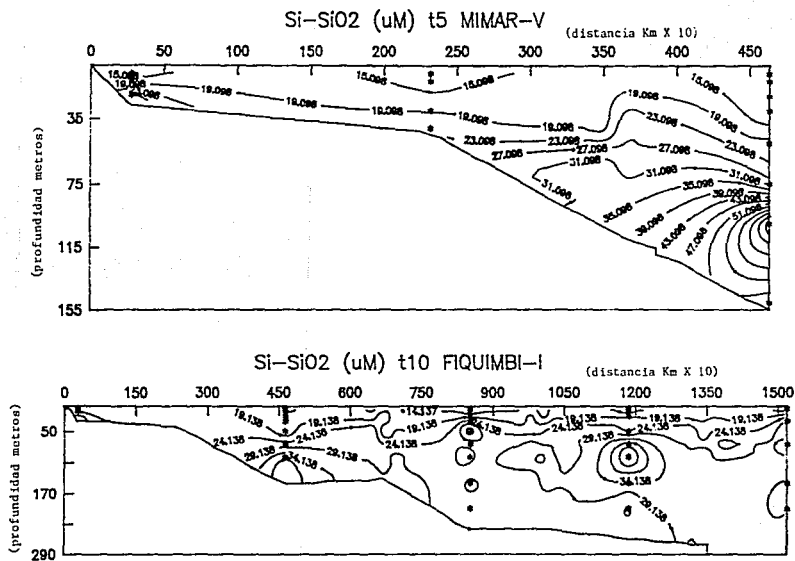


Figura 62

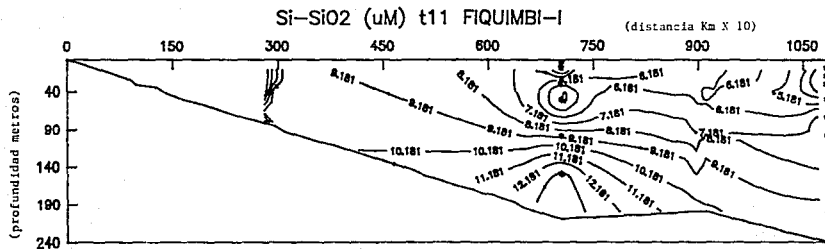
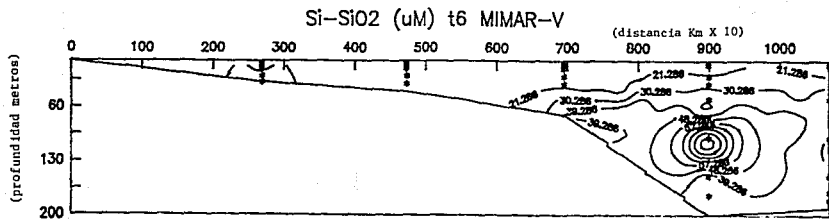


Figura 63

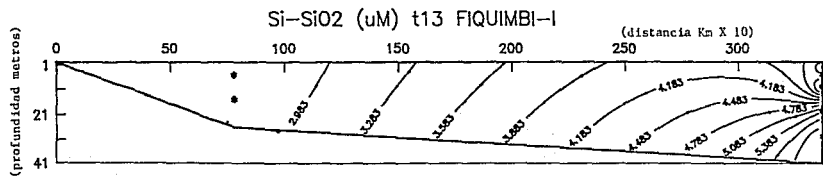
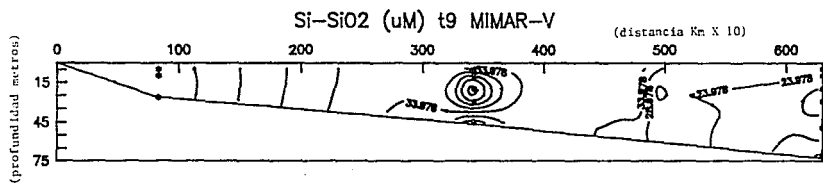
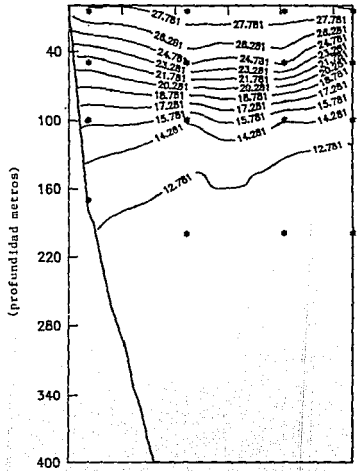


Figura 64

Temperatura (*C) t1 FIQUIMBI-I
(distancia Km X 10)



Temperatura (*C) t2 FIQUIMBI-I
(distancia Km X 10)

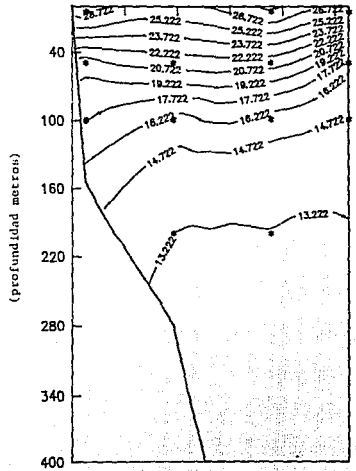


Figura 65

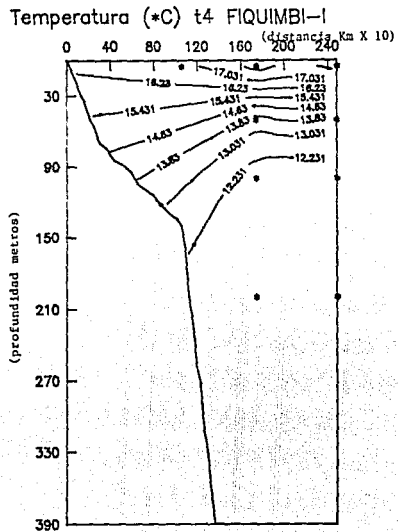
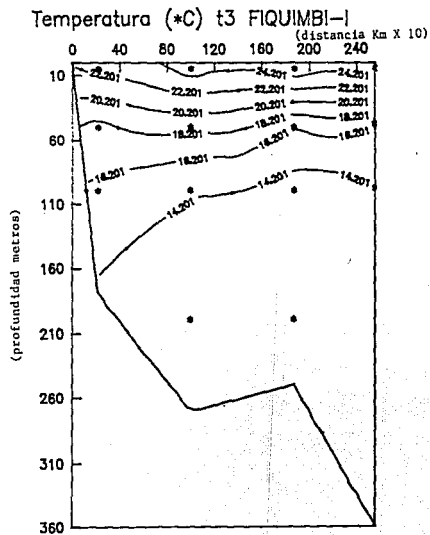
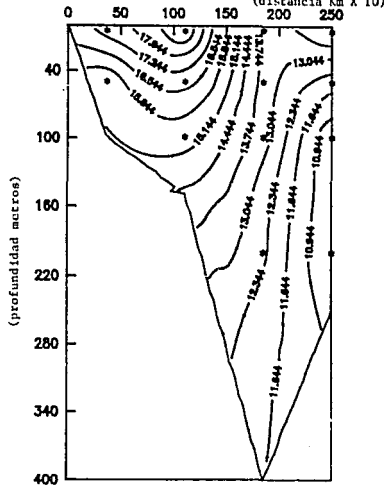


Figura 66

Temperatura (*C) t5 FIQUIMBI-I
(distancia Km X 10)



Temperatura (*C) t6 FIQUIMBI-I
(distancia KM X 10)

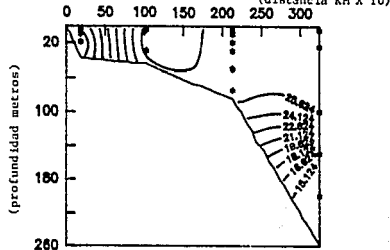


Figura 67

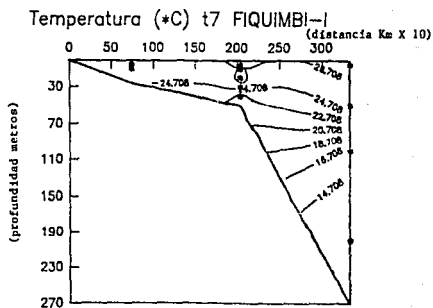
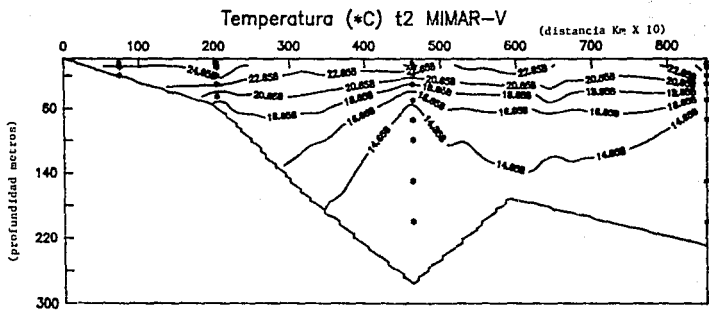


Figura 68

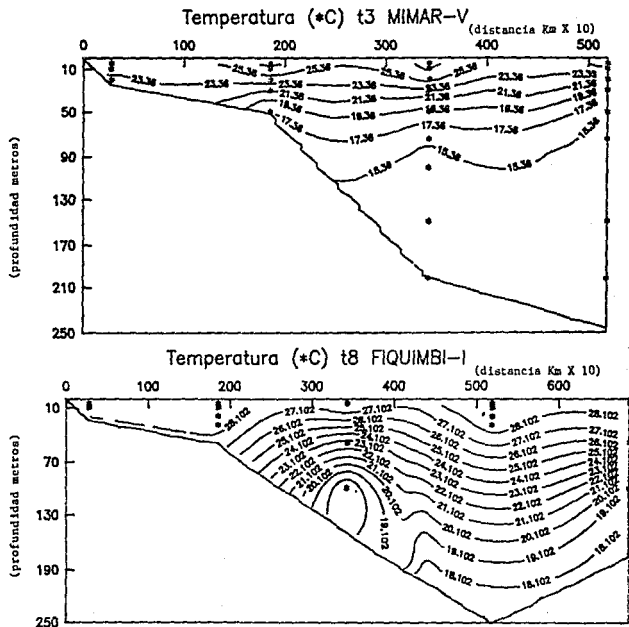


Figura 69

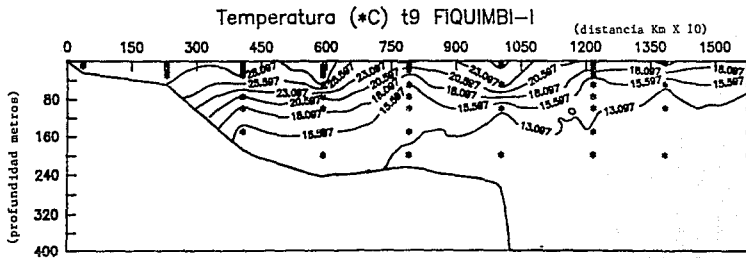
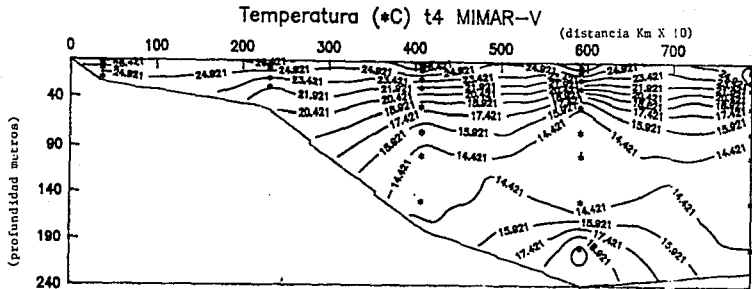


Figura 70

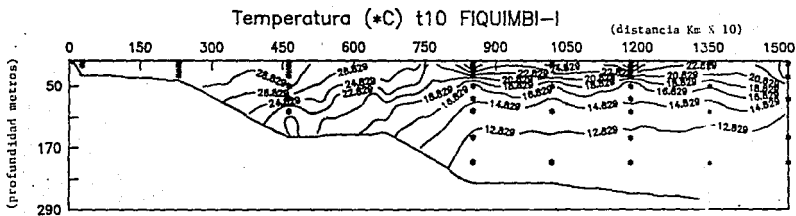
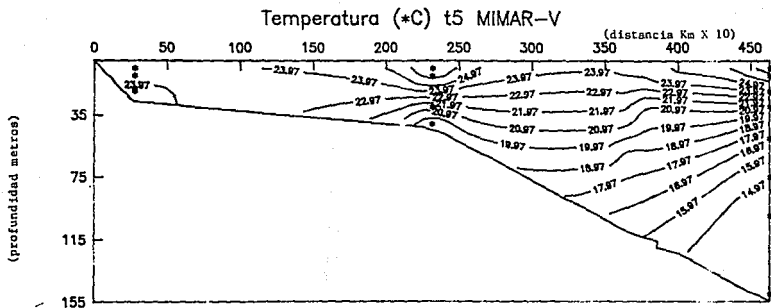


Figura 71

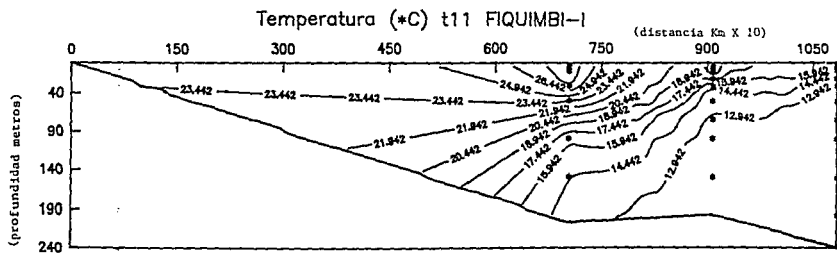
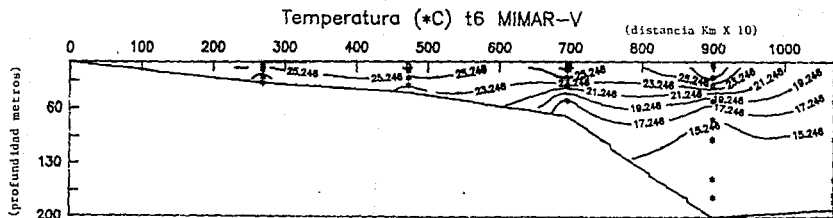


Figura 72

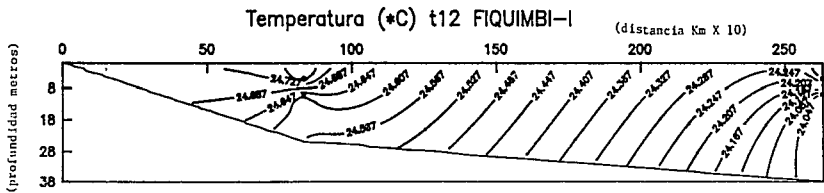
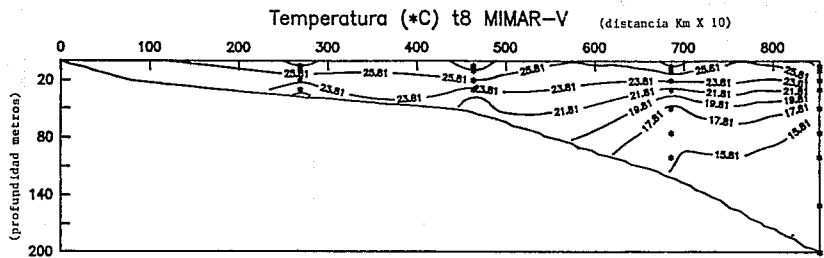
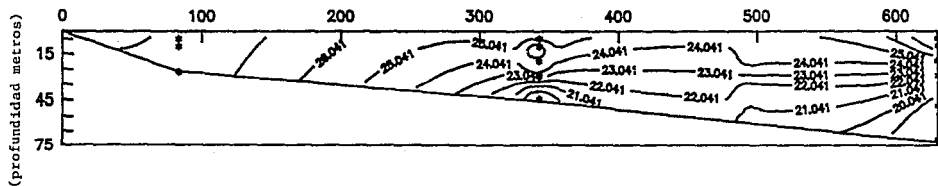


Figura 73

Temperatura (*C) t9 MIMAR-V

(distancia Km X 10)



Temperatura (*C) t13 FIQUIMBI-I

(distancia Km X 10)

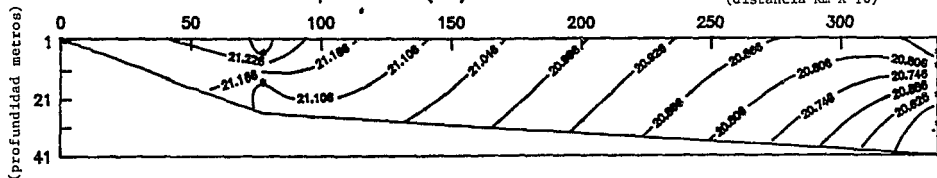


Figura 74

A P E N D I C E II
(Isolneas horizontales)

NH3 (uM) 5m MIMAR-V

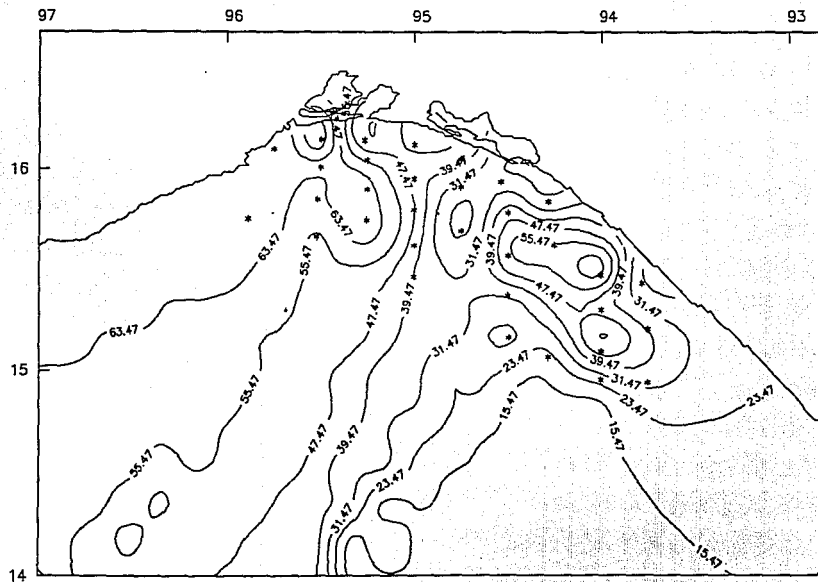


Figura 75

NH₃ (μM) 5m FIQUIMBI-1

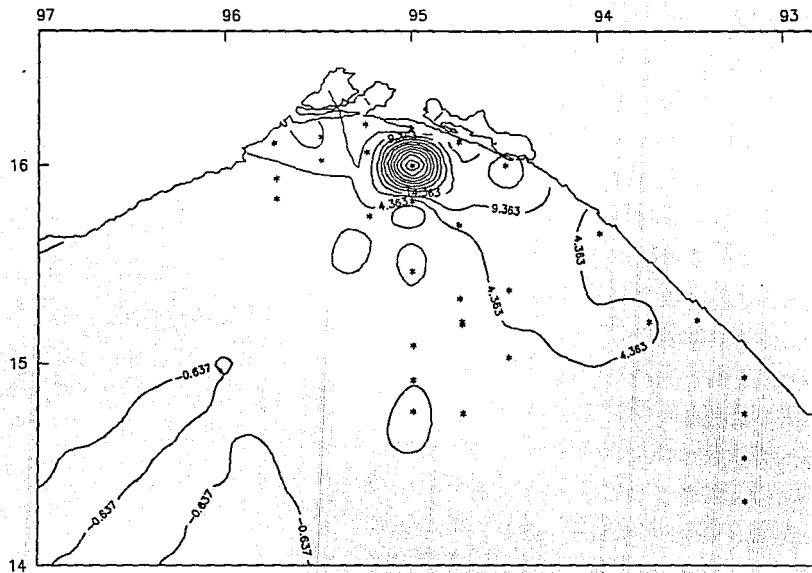


Figura 76

NH₃ (uM) 50m MIMAR-V

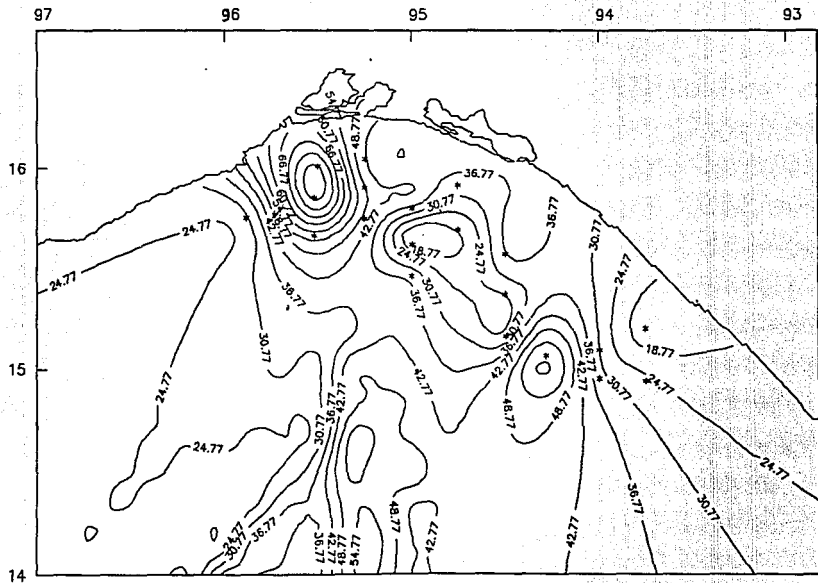


Figura 77

NH₃ (μM) 50m FIQUIMBI-I

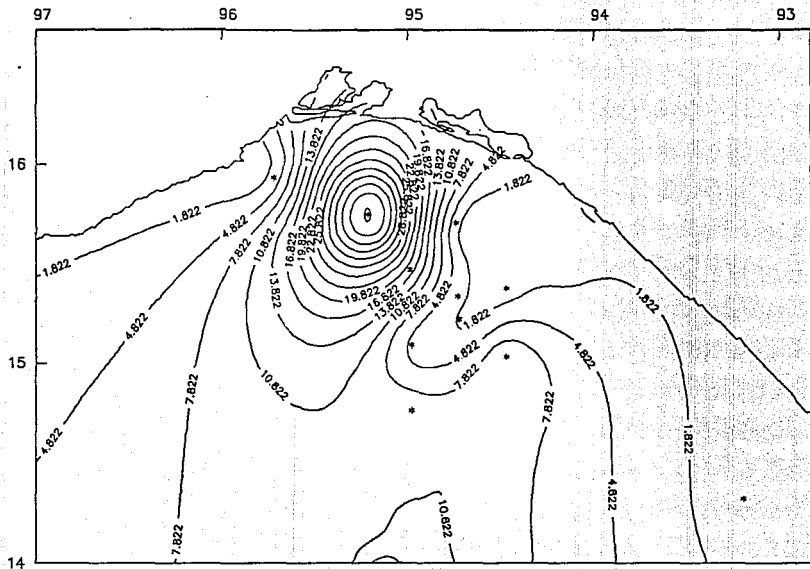


Figura 78

N-NO₃ (μM) 5m MIMAR-V

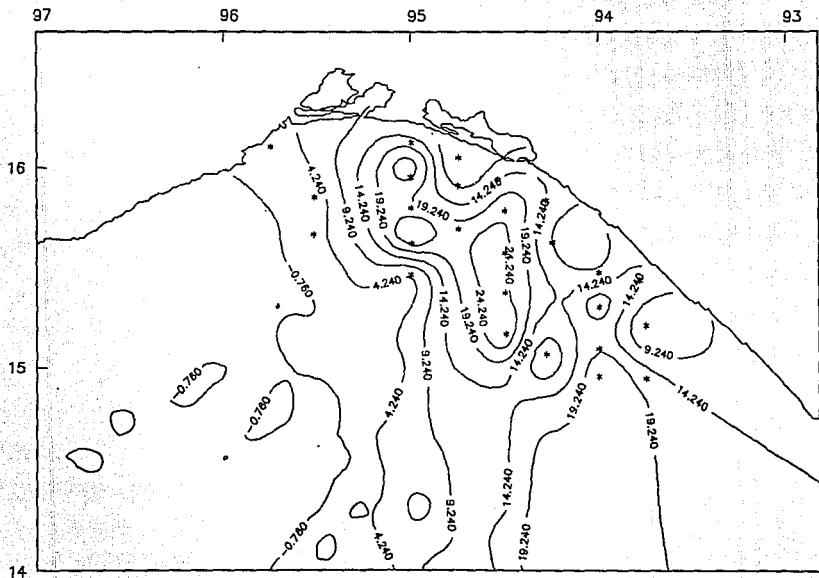


Figura 79

N-NO₃ (µM) 5m FIQUIMBI-I

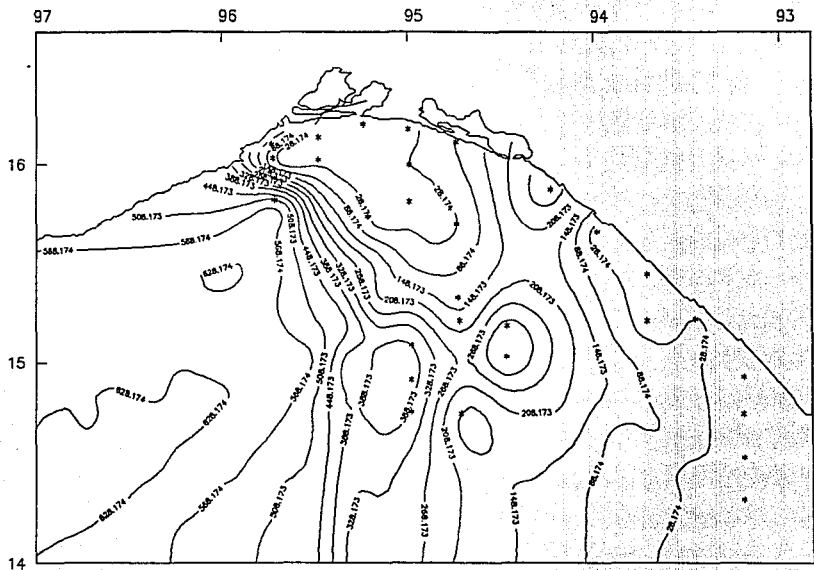


Figura 80

N-NO₃ (uM) 50m MIMAR-V

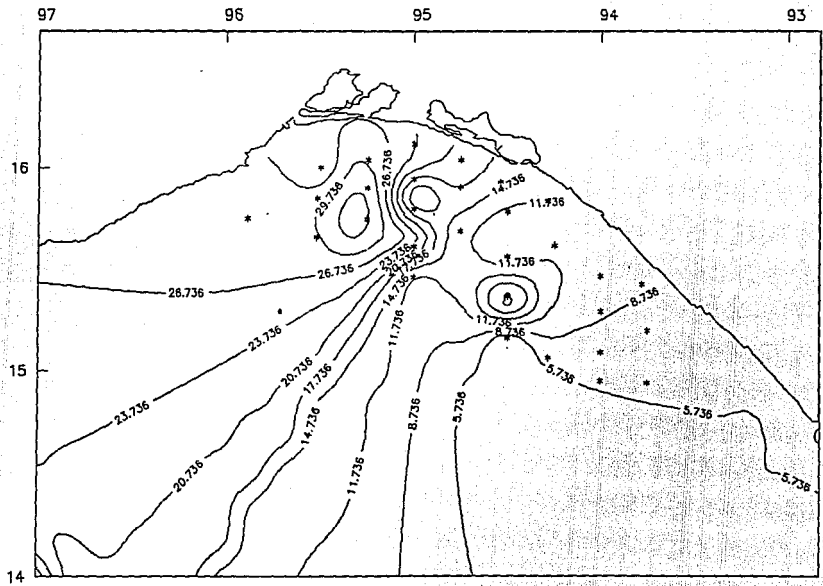


Figura 81

N-NO₃ (uM) 50m FIQUIMBI-I

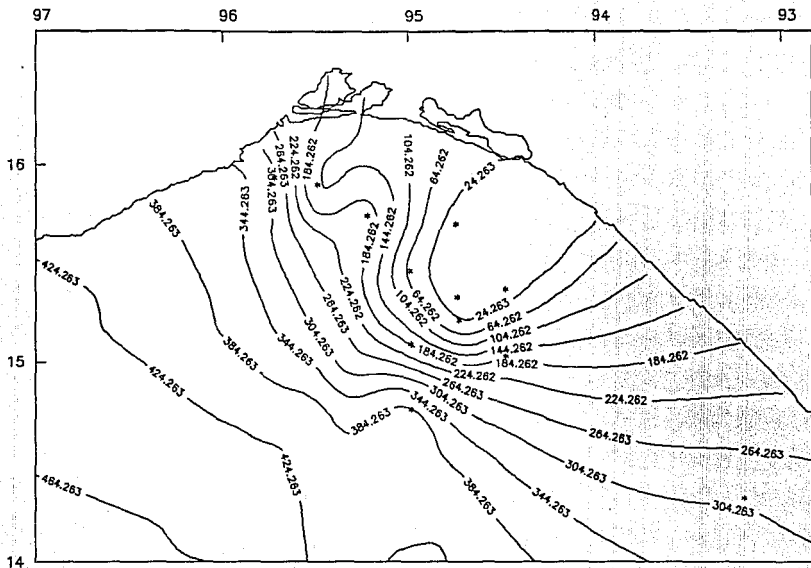


Figura 82

O₂ (μm) 5m MIMAR-V

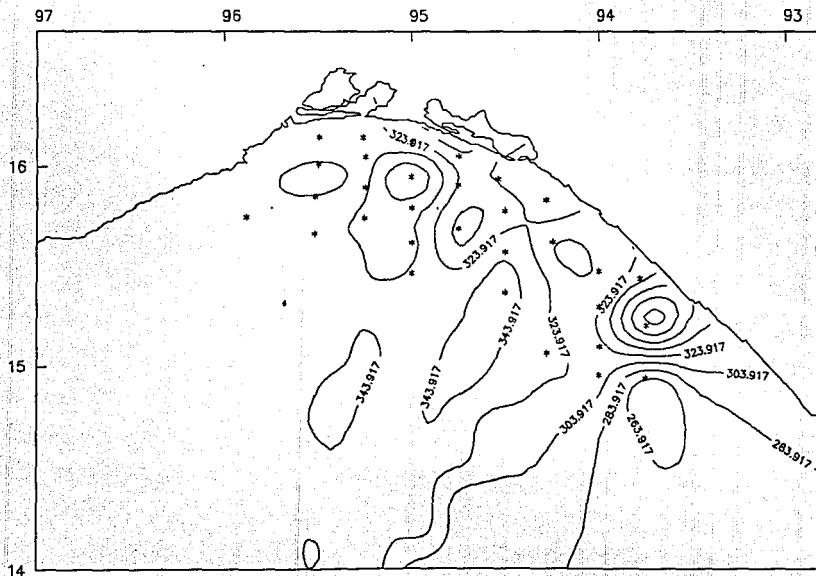


Figura 83

O₂ (uM) 5m FIQUIMBI-1

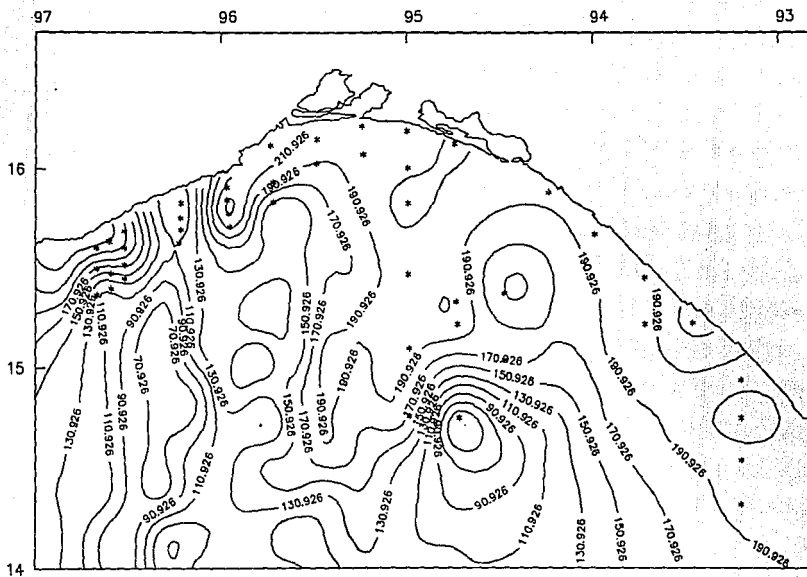


Figura 84

O₂ (μM) 50m MIMAR-V

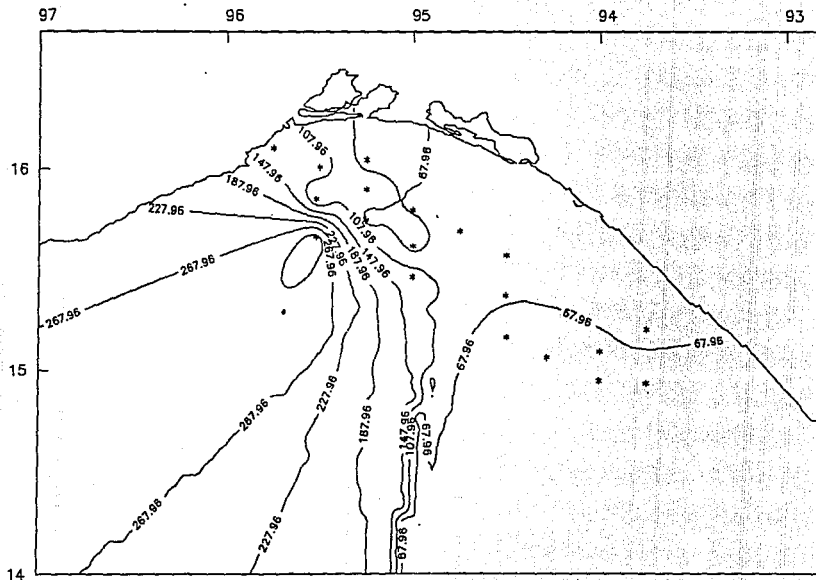


Figura 85

O₂ (μM) 50m FIQUIMBI-I

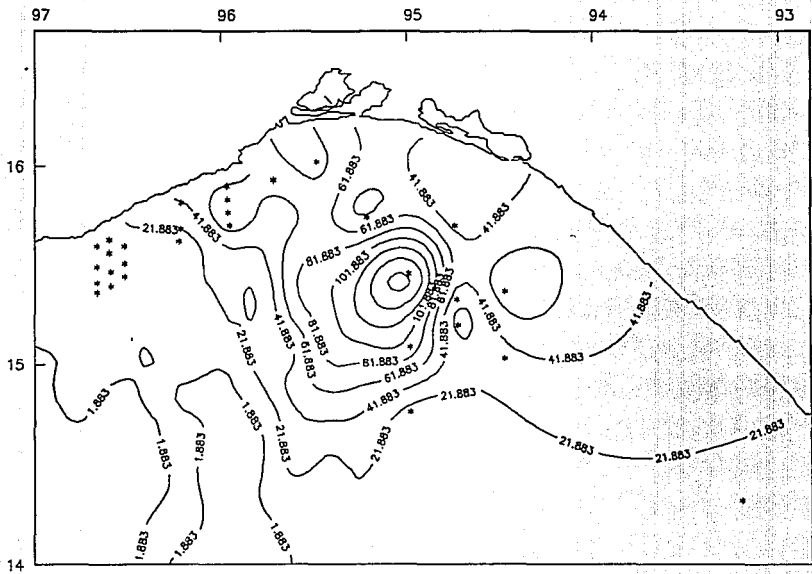


Figura 86

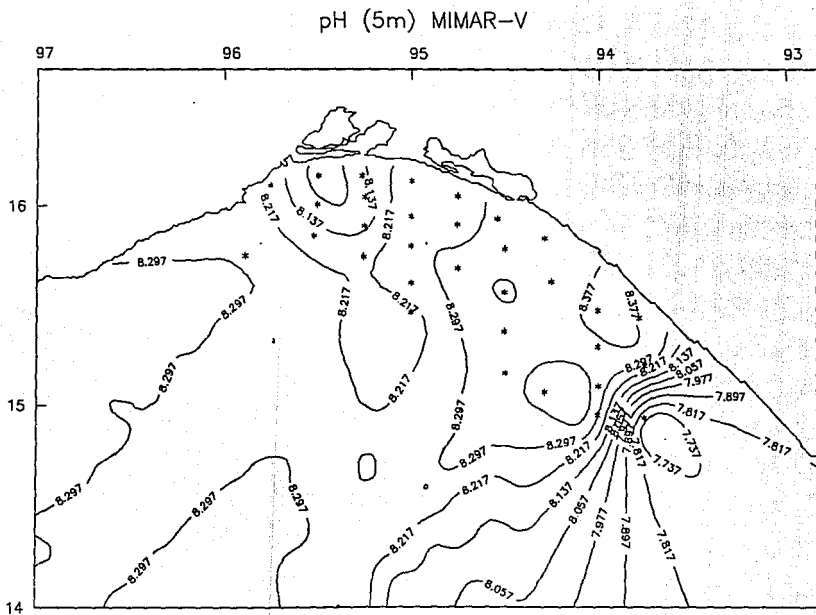


Figura 87

pH (5m) FIQUIMBI-I

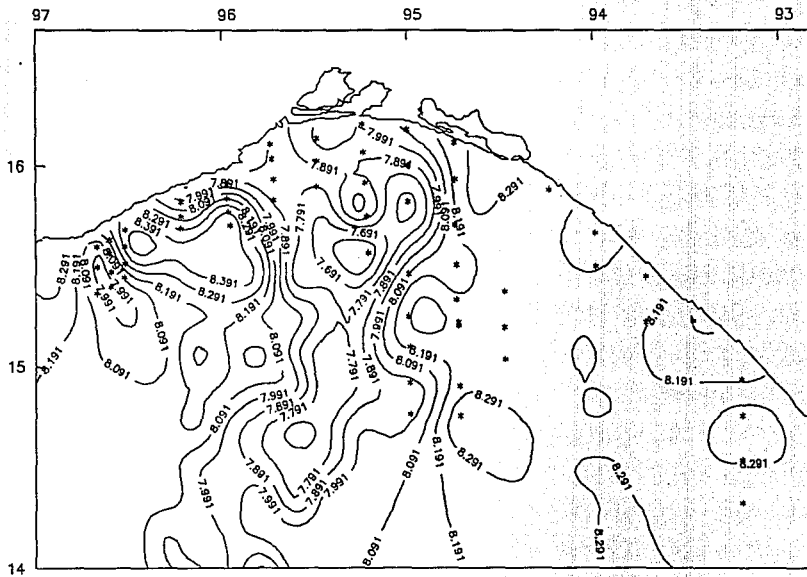


Figura 88

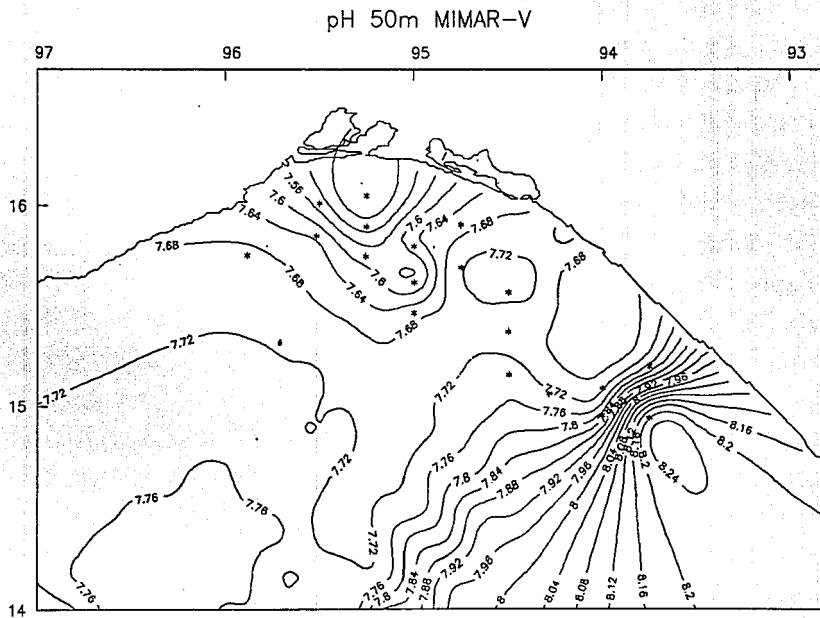


Figura 89

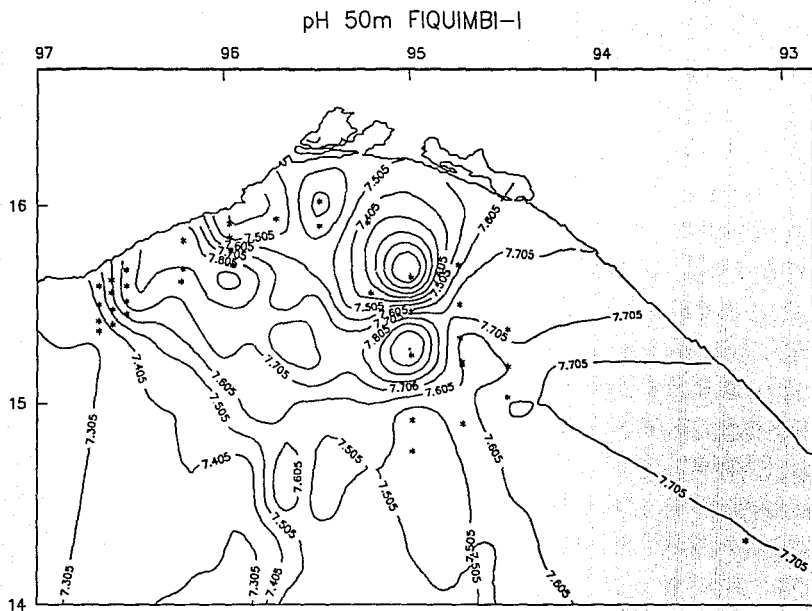


Figura 90

P-P04 (μM) 5m MIMAR-V

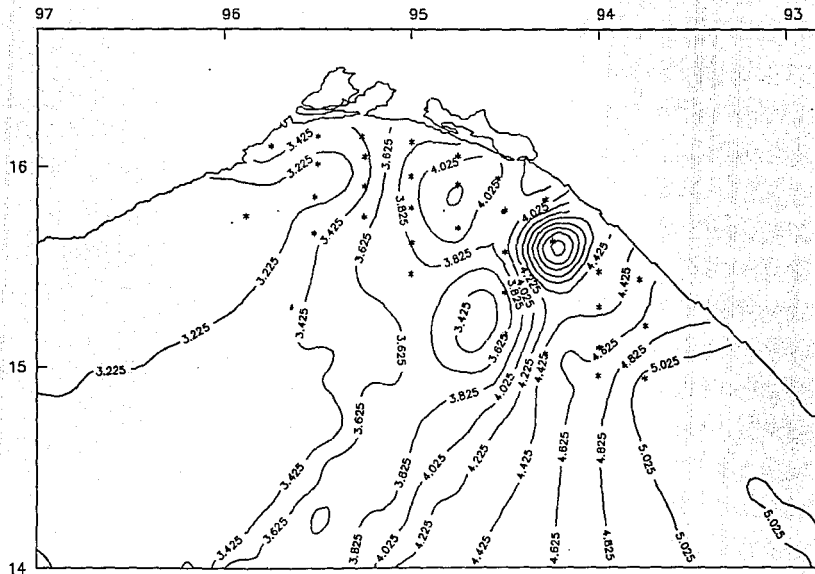


Figura 91

P-P04 (μM) 5m FIQUIMBI-I

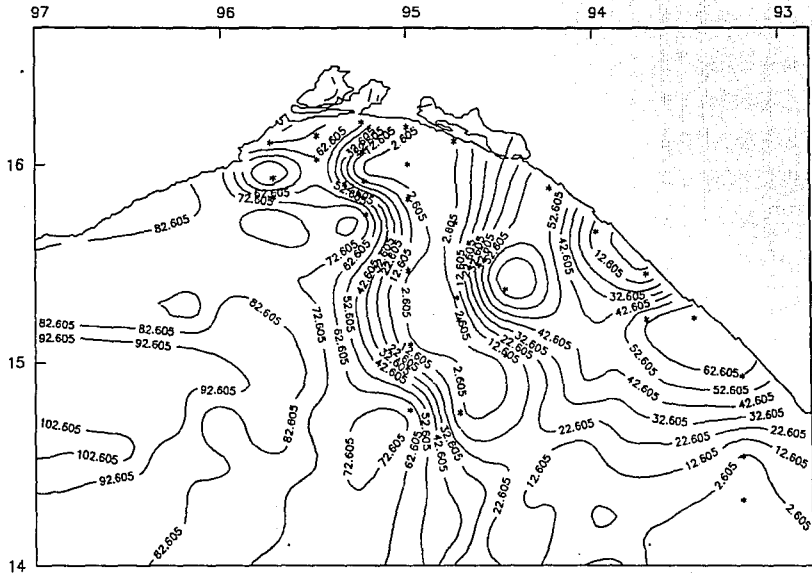


Figura 92

P-PO4 (μM) 50m MIMAR-V

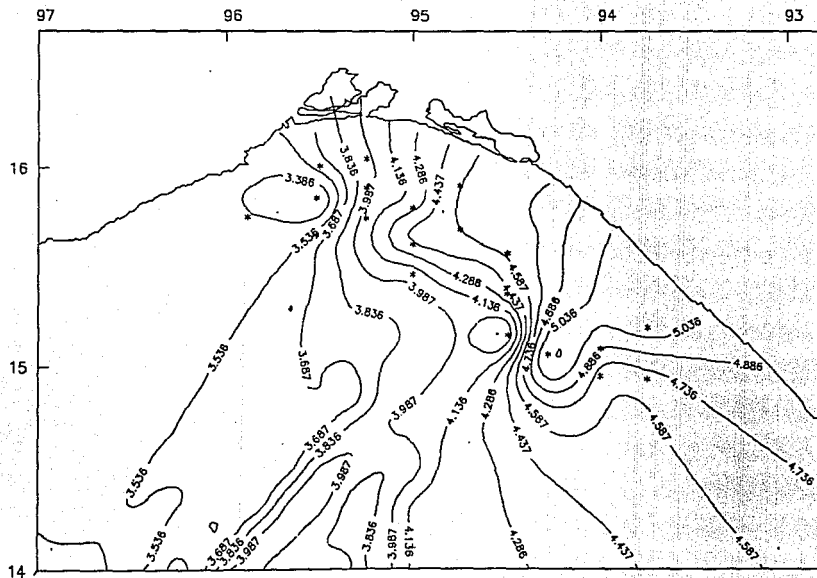


Figura 93

P-P04 (μM) 50m FIQUIMBI-I

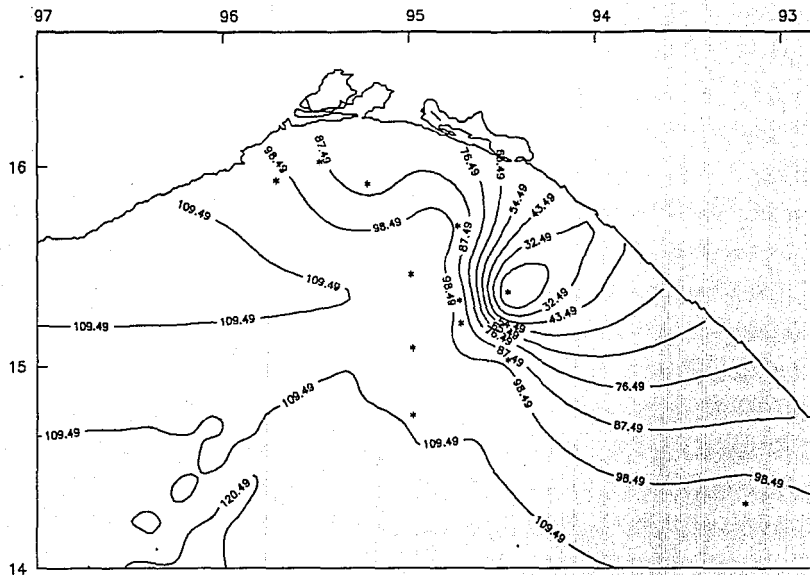


Figura 94

Salinidad 5m MIMAR-V

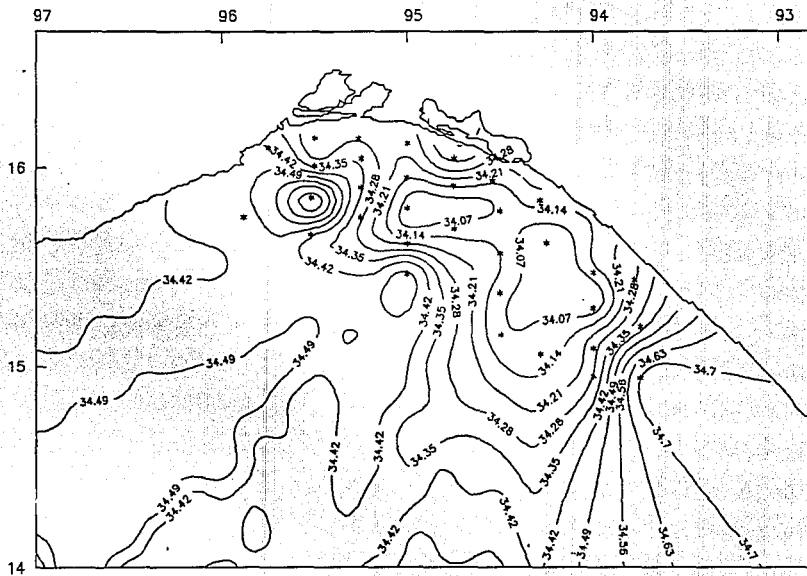


Figura 95

Salinidad 5m FIQUIMBI-I

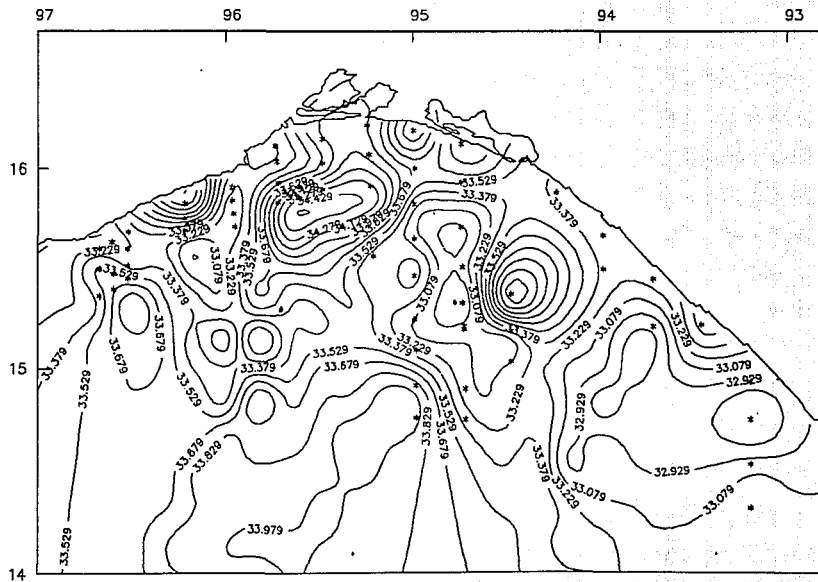


Figura 96

Salinidad 50 m MIMAR-V

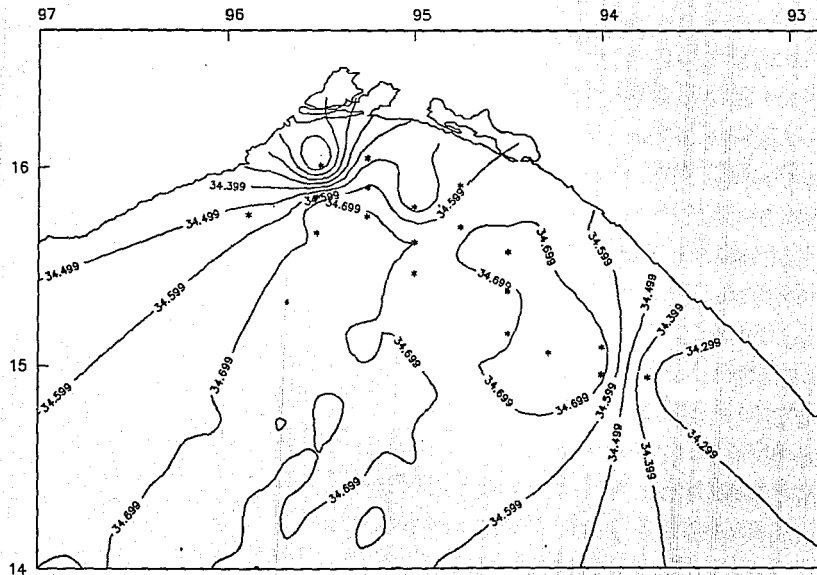


Figura 97

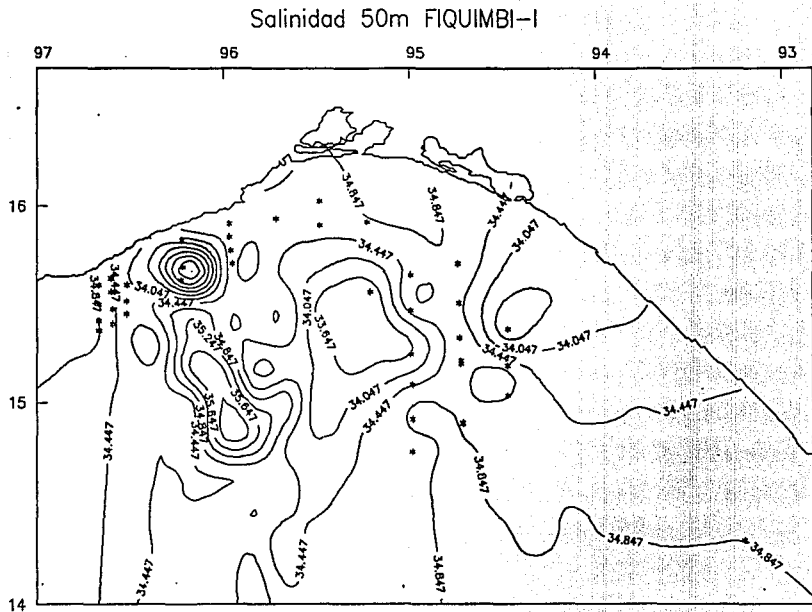


Figura 98

Temperatura (*C) 5m MIMAR-V

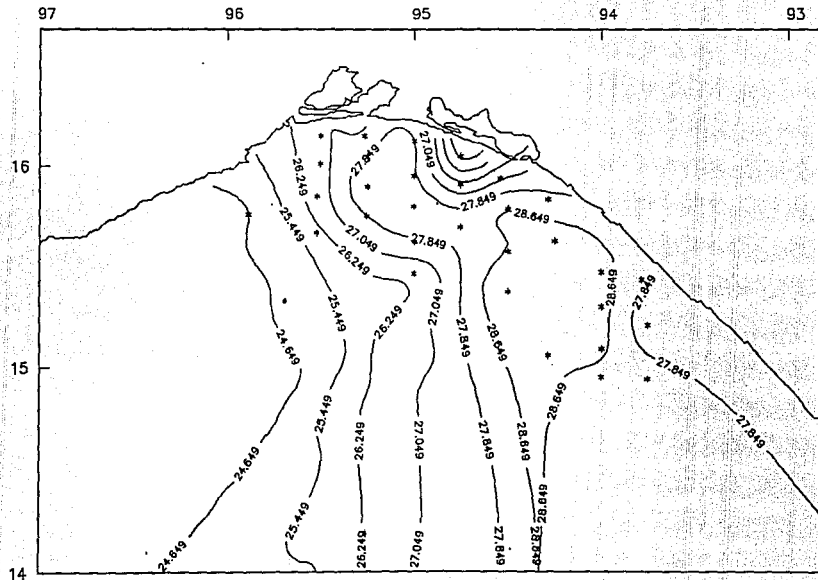


Figura 99

Temperatura (*C) 5m FIQUIMBI-I

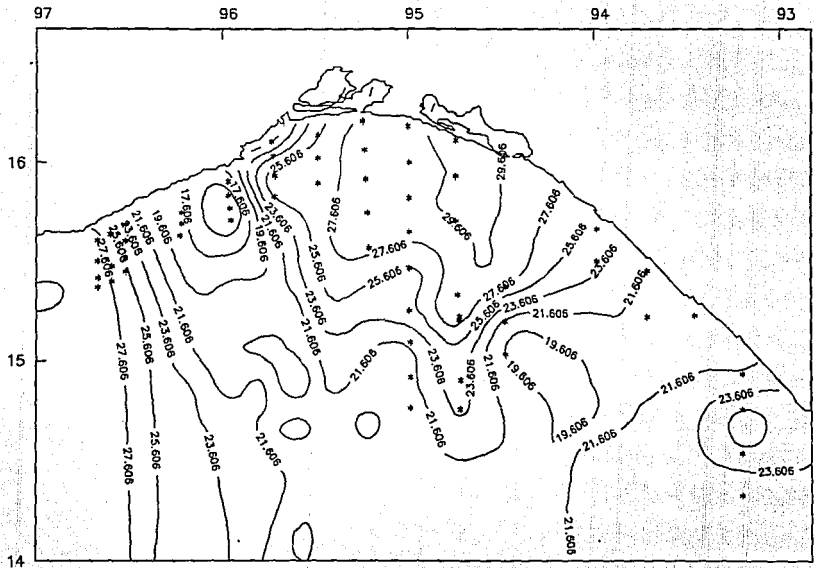


Figura 100

Temperatura (*C) 50m MIMAR-V

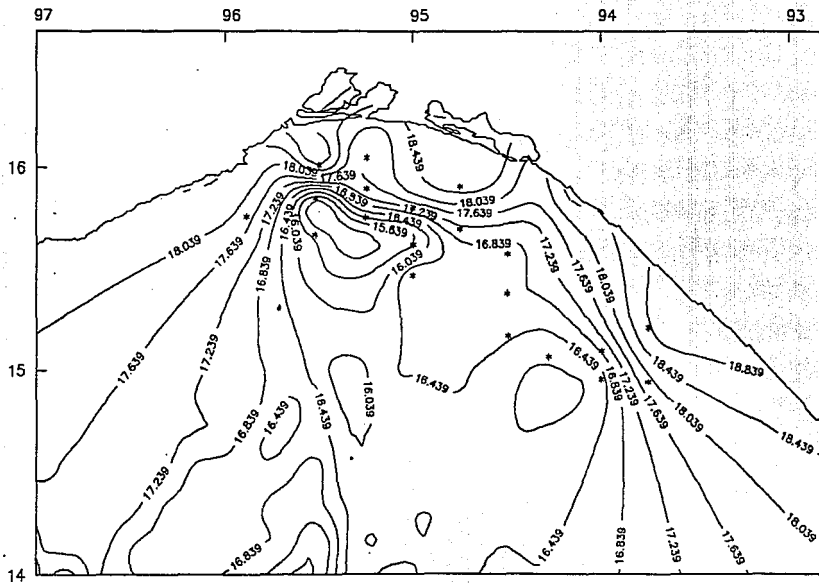


Figura 101

Temperatura (+C) 50m FIQUIMBI-I

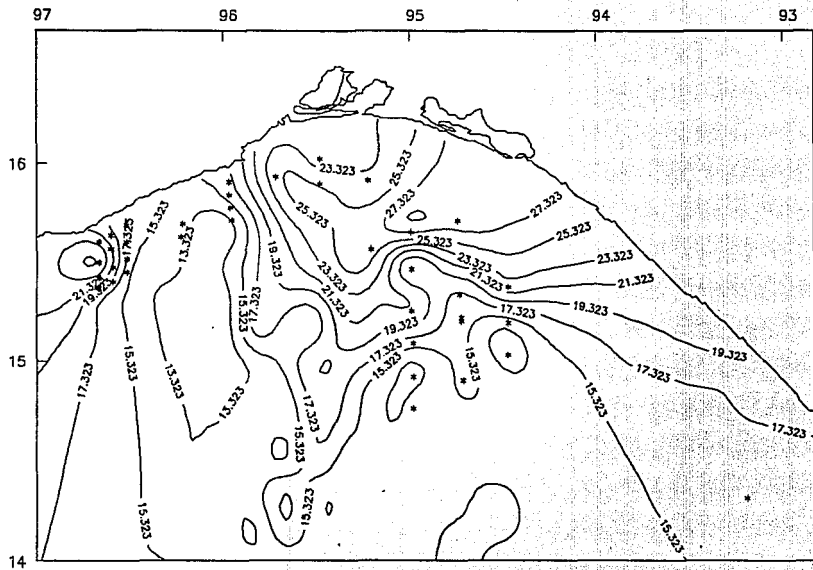
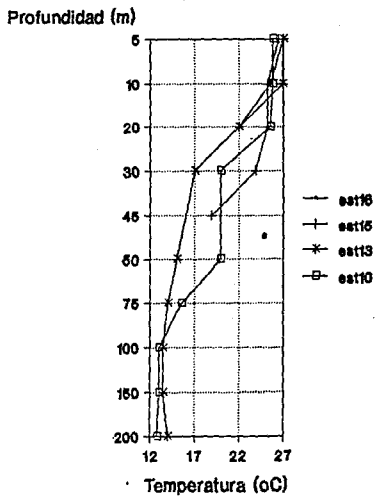


Figura 102

t2 MIMAR-V



t7 FIQUIMBI-I

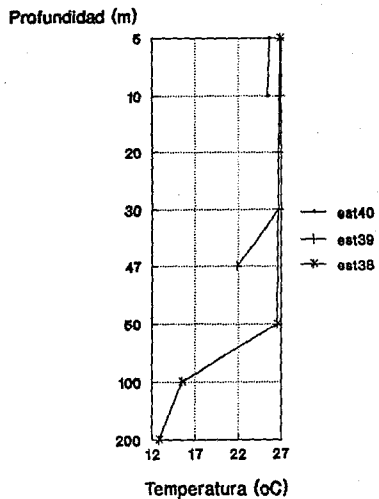
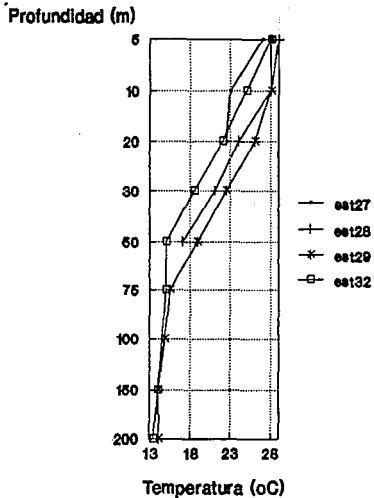


Figura 103

t3 MIMAR-V



t8 FIQUIMBI-I

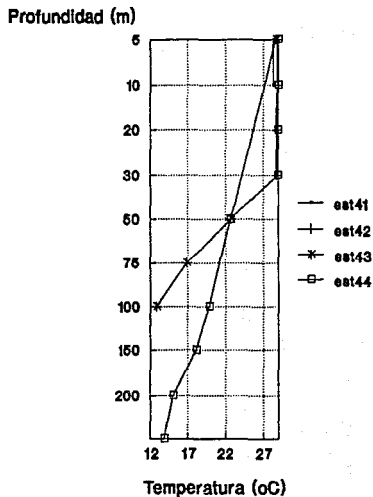
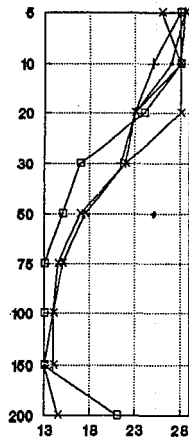


Figura 104

t4 MIMAR-V

Profundidad (m)

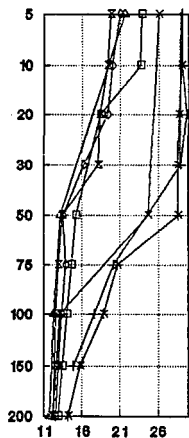


est41
est40
est39
est38
est37
est37

Temperatura (oC)

t9 FIQUIMBI-I

Profundidad (m)

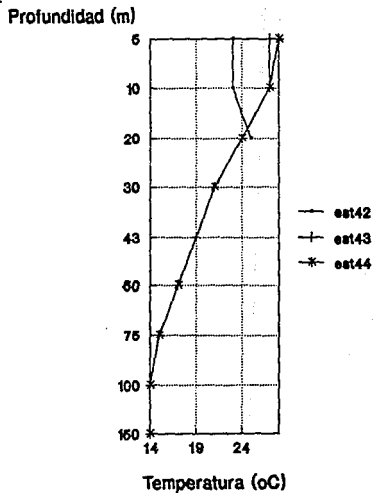


est57
est56
est55
est54
est53
est52
est51
est50

Temperatura (oC)

Figura 105

t5 MIMAR-V



t10 FIQUIMBI-I

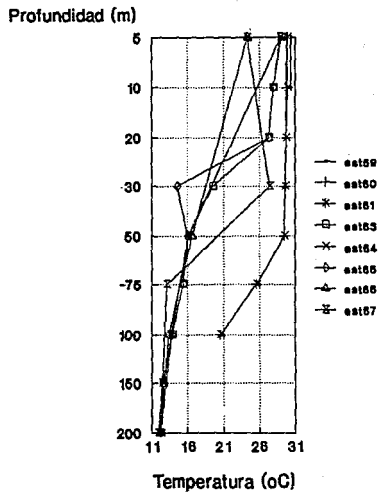
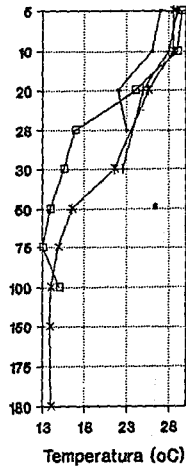


Figura 106

t6 MIMAR-V

Profundidad (m)



t11 FIQUIMBI-I

Profundidad (m)

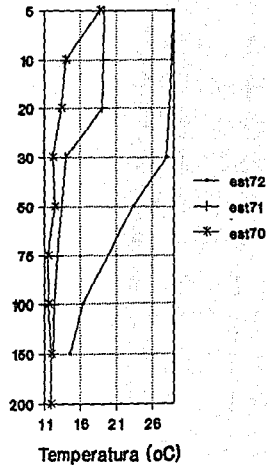


Figura 107

Alcalinidad total 5m MIMAR-V

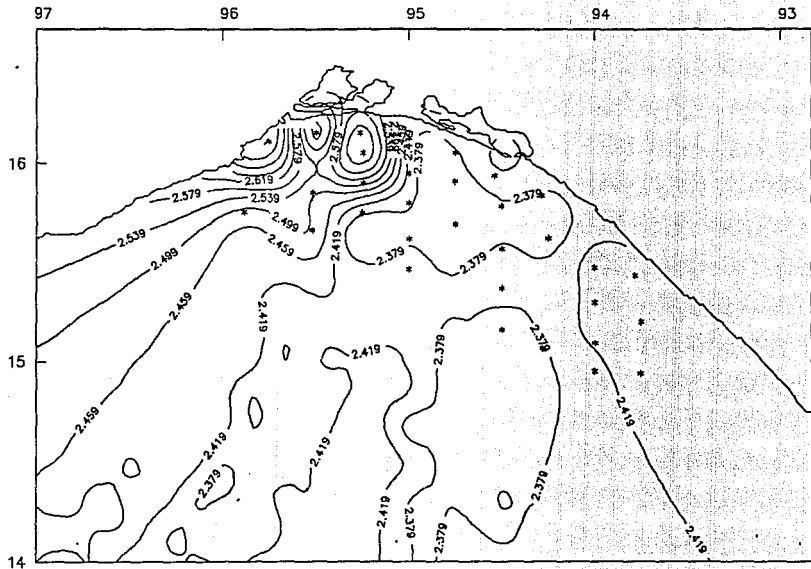


Figura 108

Alcalinidad total 5m FIQUIMBI-I

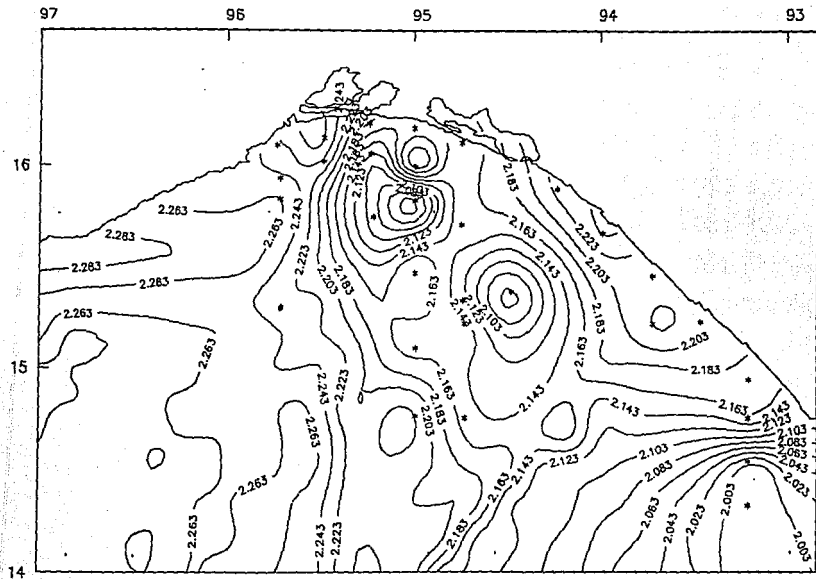


Figura 109

Alcalinidad total 50m MIMAR-V

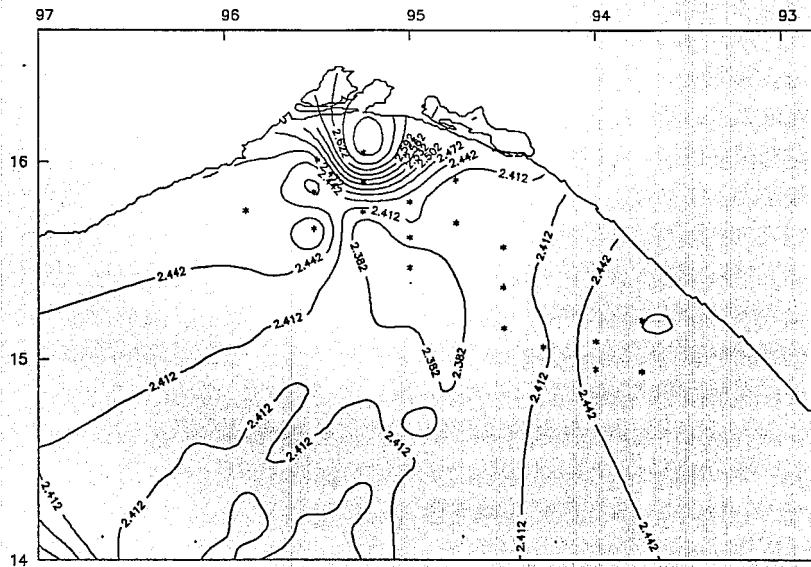


Figura 110

Alcalinidad total 50m FIQUIMBI-I

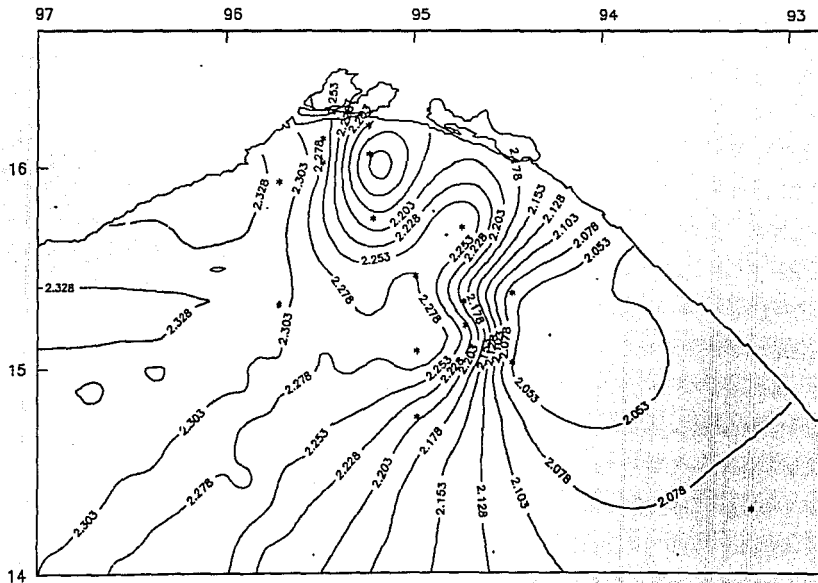
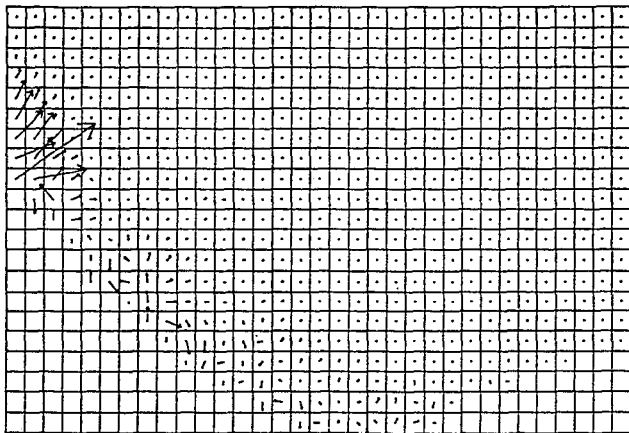


Figura 111

A P E N D I C E I I I
(Modelo hidrodinámico)



→ 1.00 cm/seg

Escala 1 : 40000

Figura 112

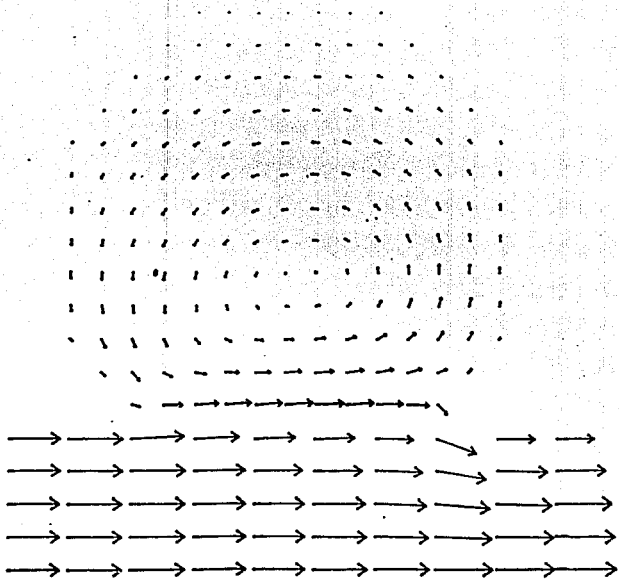


Figura 113

→ 20.00 cm/seg