

207



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

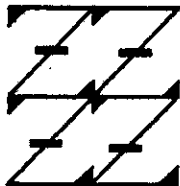
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA  
LABORATORIO DE FISICOQUIMICA MARINA

OCEANOGRAFIA QUIMICA: CALIDAD DE AGUA  
EN EL GOLFO DE TEHUANTEPEC EN EL MES  
DE JULIO DE 1992

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
**B I O L O G O**  
P R E S E N T A :  
**JOSE ALFREDO RAMIREZ ALVAREZ**

ASESOR: DR. FELIPE VAZQUEZ GUTIERREZ

UNAM  
FES  
ZARAGOZA



LO HUMANO EJE  
DE NUESTRA REFLEXIÓN

MEXICO, D. F.

1999

TESIS CON  
PALLA DE ORIGEN

27 7959



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.

## DIRECCION



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

C. JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACION  
ESCOLAR.  
P R E S E N T E .

Comunico a usted que el alumno RANIREZ ALVAREZ JOSE ALFREDO  
con número de cuenta 8122683-6 de la carrera Biólogo  
se le ha fijado el día      del mes de      de      a las       
Hrs., para presentar examen profesional, que tendrá lugar en esta Facultad,  
con el siguiente jurado:

PRESIDENTE N. EN C. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ

VOCAL DR. FELIPE VAZQUEZ GUTIERREZ

SECRETARIO BIOL. ERNESTO MENDOZA VALLEJO

SUPLENTE DR. ISAIAS H. SALGADO UGARTE

SUPLENTE DR. FRANCISCO XAVIER CHIAPPA CARRARA

El título de la tesis que se presenta es: Oceanografía Química: Calidad de  
Agua en el Golfo de Tehuantepec en el mes de Julio de 1992.

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F., a 19 de JUNIO de 19 98.

MTRD. ARTURO GONZALEZ PINEDA  
D I R E C T O R

R E C I B I

OFICINA DE EXAMENES  
PROFESIONALES Y GRADO.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez, director de esta tesis, por darme la oportunidad de colaborar con él, así como por considerarme un integrante de su grupo de investigación.**

**Al Biólogo Ernesto Méndozza Vallejo por sus valiosos consejos, así como sus atinadas y oportunas observaciones para la realización de este trabajo.**

**A los miembros del Jurado Dr. Isaias Salgado Ugarte, Dr. Francisco Javier Chiappa Carrara y el M. en C. José Luis Gómez Márquez, por la colaboración que me brindaron, así como su apoyo en la revisión del presente trabajo.**

**Al M. en C. Héctor Alexander Valdés por su asesoría en la realización de los análisis de nutrientes, así como su apoyo y estímulo en la elaboración y conclusión de esta tesis.**

**Al Biólogo Antonio Frausto por su valiosa asesoría en el manejo del equipo para los diferentes análisis realizados.**

**A la Bióloga Guadalupe Salvador López por su asesoría en la realización de los isogramas.**

**Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en la realización de esta tesis en su proyecto número 132, Laboratorio de Físicoquímica Marina.**

**A mi esposa Olga Nava Vega por su apoyo e impulso para la realización y terminación de este trabajo.**

**A mis padres Susana y Alfredo por dejarme ser lo que anhelaba, por su confianza y apoyo durante todo el tiempo que llevo la realización de este sueño, así como a mis hermanos Laura, Guillermo y Oscar por su cariño y creer en mí.**

**A mis amigos y compañeros Araceli Méndozza, Carmen F. Alfaro, Dolores Becerril, Lenka, Magdalena Ramírez, Magdalena Turner, José Juan Fuentes, Juan Alberto Rizo, Rodolfo Castellanos, Adrián Ramos, Ernesto Jiménez, Raúl Brisefio y el Dr. Fabián Flores exiliado con los holligans.**

**A todas las personas que participaron en la colecta y análisis de los datos en la Campaña Oceanográfica FIQUIMBI II, así como el posterior análisis y tratamiento de los datos en el Laboratorio de Físicoquímica Marina.**

**Un agradecimiento especial a la tripulación del Buque Oceanográfico "El Puma", por brindarme de sus conocimientos y experiencia en la colecta y manejo del equipo, así como de su amistad.**

# CONTENIDO

I.	RESUMEN.....	1
II.	INTRODUCCIÓN.....	2
III.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
IV.	CLIMA.....	8
V.	OCEANOGRAFÍA.....	9
VI.	OBJETIVO GENERAL.....	10
VI.1	OBJETIVOS PARTICULARES.....	10
VII.	METODOLOGÍA.....	11
VII.1	NITRITOS.....	12
VII.2	NITRATOS.....	12
VII.3	ORTOFOSFATOS.....	12
VII.4	SILICATOS.....	12
VII.5	AMONIO.....	13
VIII.	RESULTADOS.....	14
IX.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	17
X.	CONCLUSIONES.....	25
XI.	BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXO 1	TABLAS.....	29
ANEXO 2	GRAFICAS.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

<b>Tabla 1</b>	<b>Oxígeno (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 2</b>	<b>PH.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 3</b>	<b>Nitratos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 4</b>	<b>Nitritos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 5</b>	<b>Fosfatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 6</b>	<b>Silicatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 7</b>	<b>Amonio (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 8</b>	<b>Salinidad.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 9</b>	<b>Temperatura (<math>^{\circ}\text{C}</math>).....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 10</b>	<b>Alcalinidad (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 11</b>	<b>Valores Máximos y Mínimos por Estación y Parámetro.</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 12</b>	<b>Valores Máximos y Mínimos por Estación y Parámetro.</b>	<b>41</b>
<b>Gráfica 1</b>	<b>Transecto 1 Oxígeno (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>43</b>
<b>Gráfica 2</b>	<b>Transecto 1 pH.....</b>	<b>44</b>
<b>Gráfica 3</b>	<b>Transecto 1 Nitritos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>45</b>
<b>Gráfica 4</b>	<b>Transecto 1 Nitratos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>46</b>
<b>Gráfica 5</b>	<b>Transecto 1 Fosfatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>47</b>
<b>Gráfica 6</b>	<b>Transecto 1 Salinidad.....</b>	<b>48</b>
<b>Gráfica 7</b>	<b>Transecto 1 Temperatura (<math>^{\circ}\text{C}</math>).....</b>	<b>49</b>
<b>Gráfica 8</b>	<b>Transecto 1 Alcalinidad (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>50</b>
<b>Gráfica 9</b>	<b>10 metros Oxígeno (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfica 10</b>	<b>10 metros Nitritos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfica 11</b>	<b>10 metros Fosfatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>53</b>
<b>Gráfica 12</b>	<b>10 metros Silicatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>54</b>
<b>Gráfica 13</b>	<b>10 metros Salinidad.....</b>	<b>55</b>
<b>Gráfica 14</b>	<b>10 metros Temperatura (<math>^{\circ}\text{C}</math>).....</b>	<b>56</b>
<b>Gráfica 15</b>	<b>10 metros Alcalinidad (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>57</b>
<b>Gráfica 16</b>	<b>Zona de Surgencia 1 Oxígeno (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>58</b>
<b>Gráfica 17</b>	<b>Zona de Surgencia 1 pH.....</b>	<b>59</b>
<b>Gráfica 18</b>	<b>Zona de Surgencia 1 Nitritos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>60</b>
<b>Gráfica 19</b>	<b>Zona de Surgencia 1 Nitratos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>61</b>
<b>Gráfica 20</b>	<b>Zona de Surgencia 1 Fosfatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>62</b>

<b>Gráfica 21</b>	<b>Zona de Surgencia 1 Silicatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>63</b>
<b>Gráfica 22</b>	<b>Zona de Surgencia 1 Salinidad.....</b>	<b>64</b>
<b>Gráfica 23</b>	<b>Zona de Surgencia 1 Temperatura (<math>^{\circ}\text{C}</math>).....</b>	<b>65</b>
<b>Gráfica 24</b>	<b>Zona de Surgencia 1 Alcalinidad (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>66</b>
<b>Gráfica 25</b>	<b>Zona de Surgencia 2 Oxígeno (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>67</b>
<b>Gráfica 26</b>	<b>Zona de Surgencia 2 pH.....</b>	<b>68</b>
<b>Gráfica 27</b>	<b>Zona de Surgencia 2 Nitritos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>69</b>
<b>Gráfica 28</b>	<b>Zona de Surgencia 2 Nitratos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>70</b>
<b>Gráfica 29</b>	<b>Zona de Surgencia 2 Fosfatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>71</b>
<b>Gráfica 30</b>	<b>Zona de Surgencia 2 Silicatos (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>72</b>
<b>Gráfica 31</b>	<b>Zona de Surgencia 2 Salinidad.....</b>	<b>73</b>
<b>Gráfica 32</b>	<b>Zona de Surgencia 2 Temperatura (<math>^{\circ}\text{C}</math>).....</b>	<b>74</b>
<b>Gráfica 33</b>	<b>Zona de Surgencia 2 Alcalinidad (<math>\mu\text{mol/kg}</math>).....</b>	<b>75</b>

## **I. RESUMEN**

Se llevó a cabo la Campaña Oceanográfica **FIQUIMBI II** (Física, Química, Microbiología y Biología) del 22 al 29 de julio de 1992 a bordo del **Buque Oceanográfico "El Puma"**, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El estudio de parámetros fisicoquímicos se enfoca en la caracterización de ecosistemas de surgencia, que son asociadas con la productividad biológica, dado que a mayor concentración de nutrimentos se favorece una mayor diversidad de especies.

Se hicieron muestreos a distintas profundidades estándar con el fin de conocer el comportamiento del oxígeno disuelto, temperatura, pH, salinidad, alcalinidad total y los nutrimentos en la columna de agua.

La distribución de los parámetros fisicoquímicos dependen de las reacciones químicas, la utilización biológica y está directamente influenciada por las corrientes dominantes, la topografía del fondo oceánico y la interacción océano-atmósfera.

Los resultados permitieron caracterizar a la surgencia que se presenta en el Golfo y la cual tiene mayor intensidad durante la época de tehuanos. Se presenta una termoclina y oxiclina someras, característica que permite un buen intercambio de agua profunda en la zona superficial. Otra característica de la zona, en la época de viento, es la presencia de una permanente termoclina superficial, la capa mezclada raramente excede los 25 m.

Los valores de oxígeno son bajos, en relación al valor teórico de  $214\mu\text{M}$  estando la mayoría por debajo de los  $200\mu\text{M}$ .

Las concentraciones de nutrimentos son mayores a las reportadas para otras áreas oceánicas, aún las de otras zonas de surgencia, lo que hace suponer entre otras cosas, que la surgencia es permanente.

Los valores de pH fueron diferentes hacia el centro del Golfo de Tehuantepec, aunque en general los valores registrados son menores a los reportados para el agua de mar. La temperatura en la época de verano es más alta debido a una baja intensidad de los vientos, de esta forma se observan valores altos de temperatura en la zona costera. La salinidad muestra valores menores al promedio del agua de mar, debido a la dilución de los aportes fluviales provenientes de Chiapas. La capa del máximo de oxígeno se encontró generalmente entre los 10 y los 100m de profundidad. Los valores de alcalinidad en general, fueron más altos al valor reportado para un agua de mar estándar que es de  $2140\mu\text{mol/kg}$ .



## II. INTRODUCCIÓN

El Golfo de Tehuantepec tiene características oceanográficas particulares, entre las cuales se puede citar su escasa plataforma continental, los fuertes vientos perpendiculares a la costa llamados "tehuanos", los cuales tienen una duración de 3 a 5 días y aunque pueden ocurrir durante todo el año son más frecuentes (con intervalos de 10 a 15 días) y más intensos de noviembre a abril, lo que da origen a una zona de surgencia y asociada con este fenómeno la aparición de la marea roja. En Salina Cruz la velocidad del viento es de 10 a 20m/s, con intensidades máximas mayores a los 30m/s. Estos vientos tienen una gran importancia para la riqueza pesquera de una amplia región del Pacífico tropical oriental. En particular, son determinantes para la física del Golfo de Tehuantepec, especialmente durante el invierno: controlan la circulación y la distribución de temperaturas, salinidad y densidad del agua.

Los tehuanos resultan de una combinación de condiciones meteorológicas de gran escala y características topográficas locales. Durante el invierno se forman sobre Alaska y Canadá centros de alta presión atmosférica llamados "anticiclones polares", los cuales se desplazan hacia el sureste y algunos llegan hasta el Golfo de México y la Bahía de Campeche disipándose en pocos días. Esta masa de aire frío continental es retenida hacia el sur y oeste por la Sierra Madre, la cual tiene una elevación media de 2000 msnm. Pero en la parte central del Istmo de Tehuantepec la cadena montañosa se interrumpe en una franja de aproximadamente 40 km de ancho, donde la altura media de la sierra desciende abruptamente a 250 msnm. Así la orografía forma un embudo y la meteorología establece una diferencia de presión atmosférica entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec. Esto produce que el aire sea forzado violentamente hacia el sur, a través del Istmo hasta el Golfo de Tehuantepec. Al salir a la costa frente a Salina Cruz el viento tiene la forma de un chorro que, conforme se aleja mar adentro, disminuye su velocidad al expandirse horizontalmente y al transferir energía al océano.

El efecto de estos vientos sobre las aguas del Golfo de Tehuantepec se manifiesta notablemente en la distribución de la temperatura de la superficie del mar.

El proceso llamado afloramiento o surgencia depende de la forma en que el viento genera corrientes superficiales. Cuando el viento sopla sobre la superficie del mar, inicialmente arrastra el agua superficial en la misma dirección del viento, pero después de algunas horas, si el viento no cambia, la capa mezclada no se mueve en la misma dirección que el viento sino que alcanza una velocidad terminal de  $90^\circ$  a la derecha del viento (hacia la izquierda en el hemisferio sur). Este fenómeno llamado efecto de Coriolis sucede debido a que la Tierra es un elipsoide rotatorio. El flujo de la capa mezclada a la derecha del viento se llama *Transporte de Ekman*.

El Golfo de Tehuantepec constituye una de las regiones oceanográficas comprendida en la Zona Económica Exclusiva. Entre otras características, su potencial productivo lo determina como una zona de gran importancia para el país, sin embargo, no cuenta con estudios básicos suficientes que contemplen todo el año y que nos permitan estimar su capacidad productiva.

La importancia del estudio radica en el conocimiento de la zona, para un mejor aprovechamiento de los recursos existentes, así como de los recursos pesqueros. La importancia científica, es incuestionable, además de las implicaciones económicas que ello representa para la sociedad, puesto que se obtienen mejores criterios para localizar recursos minerales y biológicos con gran potencial económico y una mejor comprensión de los que son explotados actualmente.

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. De ahí la importancia de que se lleven a cabo otros estudios inter y multidisciplinarios para poder comprender la dinámica de dicho evento y aprovechar mejor los recursos de la zona.

De los trabajos más importantes realizados en el Golfo de Tehuantepec por Roden (1961), menciona que las máximas velocidades del viento se localizan frente a las costas de Salina Cruz, predominando de octubre a abril, encontrando un valor máximo de 36m/s en marzo de 1931. En dicho estudio la media de las temperaturas mínimas superficiales, en el punto culminante de la época de viento, es de 18°C en la parte norte del Golfo y la temperatura más baja se registra en Salina Cruz (16.7°C).

En 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, en el que los vientos provocan importantes modificaciones a la oceanografía de la zona, como son, surgencias costeras, descenso de la temperatura superficial a lo largo del eje del viento y giros anticiclónicos que parecen propagarse hacia el oeste.

Otros de los trabajos realizados en ésta zona, son las campañas realizadas a bordo del B/O "El Puma". La Campaña Oceanográfica MIMAR V (Minerales Marinos), realizada en mayo de 1989 y la Campaña FIQUIMBI I (Física, Química, Microbiología y Biología), realizada en noviembre de ese mismo año.

Este trabajo es sólo una parte de los estudios realizados en la Campaña FIQUIMBI II, además se hicieron estudios microbiológicos y arrastres para hacer una caracterización de las especies presentes en la zona. Dichos estudios se complementan, pero corresponden a una sola época del año, en la que las características de la zona son muy particulares y no se pueden extrapolar para hacer predicciones en otras épocas. Se deben realizar investigaciones más completas y continuadas para abarcar todo el año.

Los datos obtenidos han venido a enriquecer los conocimientos sobre nuestros mares y la explotación de que son objeto, dando las bases para continuar con la formación profesional en el área de Fisicoquímica Marina. Esta área de investigación, ha sido formativa y direccional para el desempeño profesional actual y que en un futuro próximo ayude a contribuir a estudios posteriores, dentro de la investigación de otras zonas importantes para la economía de México, que en general requiere que se hagan estudios más completos y continuados de los mares nacionales.

### III. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de Tehuantepec se encuentra al sur del Istmo de Tehuantepec. En la parte central del Golfo de Tehuantepec se localizan las Lagunas Superior e Inferior (Figura 1). Está situado entre Puerto Ángel y la Barra del Río Suchiate, geográficamente está limitada por las siguientes coordenadas  $14^{\circ} 10'$  y  $16^{\circ} 13'$  de latitud norte,  $92^{\circ} 15'$  y  $92^{\circ} 55'$  de longitud oeste. 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 360km y una amplitud máxima y mínima de 42 y 12km, respectivamente. (S.P.P., 1981).

La ubicación de las estaciones se muestra en el derrotero de la Figura 1 y las zonas de surgencia en la Figura 2, donde se aprecian las zonas de surgencia 1 y 2 (ZS1 y ZS2).

# DERROTERO DE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FIGUIMBI II

LATITUD N

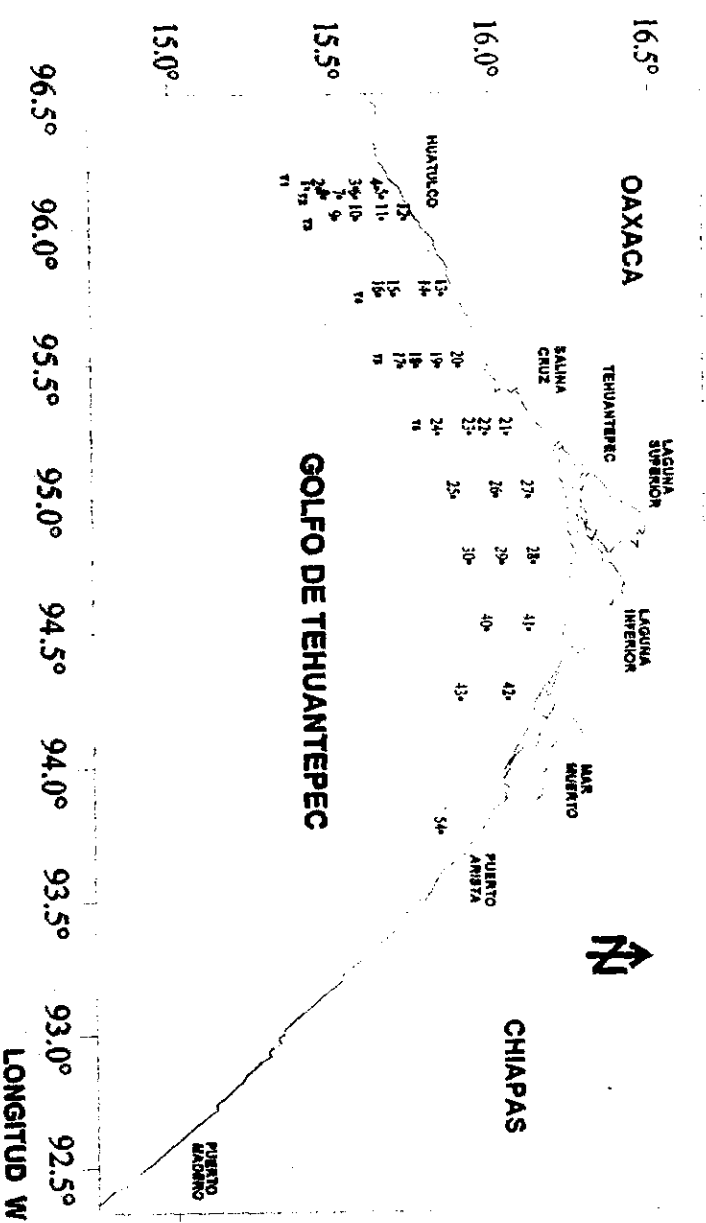


FIGURA 1

# ZONA DE SURGENCIA GOLFO DE TEHUANTEPEC

LATITUD N

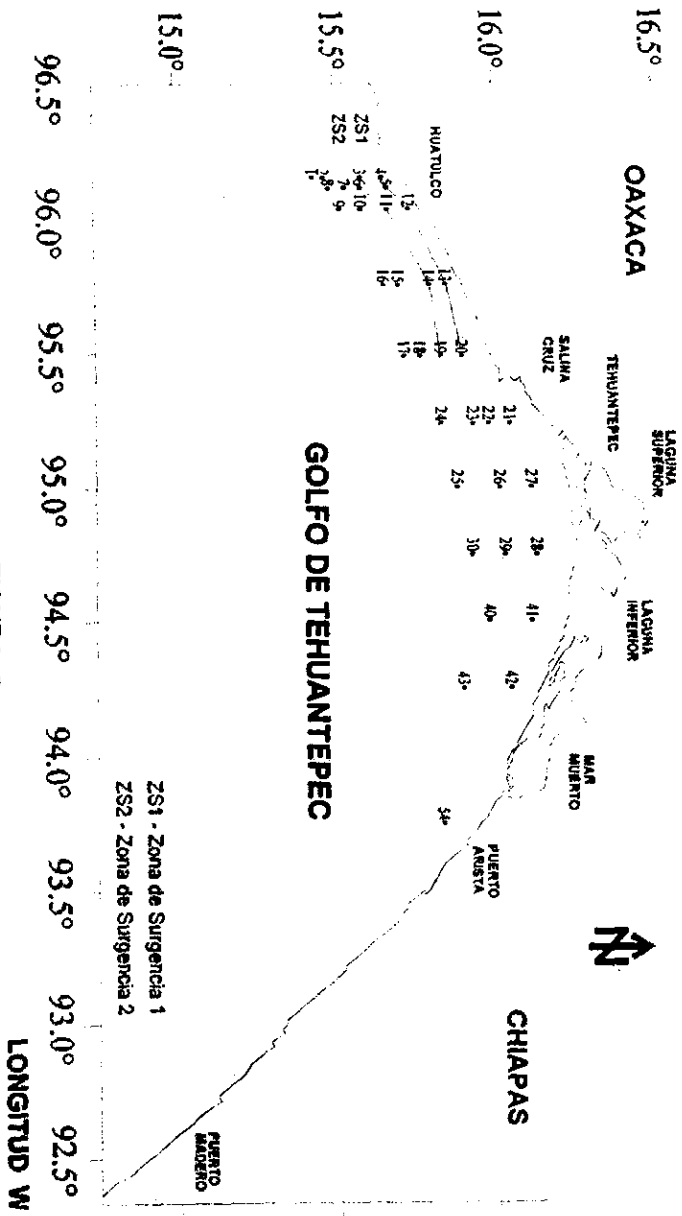


FIGURA 2

#### IV. CLIMA

El Golfo de Tehuantepec se ubica en la zona tropical, predominando un clima húmedo con abundantes lluvias, variando éstas de 800 hasta 1600 mm anuales. De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), el clima de la zona de estudio es de tipo Awo (w) gi que corresponde al cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con temperaturas mayores a los 22°C, en el que la época más calurosa se presenta antes del solsticio de verano; el periodo de lluvias corresponde a los meses de junio a septiembre, con sequía interestival en julio y agosto y lluvia invernal total menor al 5% de la anual, que en promedio es de 990 mm, con coeficiente de variación anual de 30% y la oscilación térmica menor de 5°C.

La región istmica presenta características climatológicas muy particulares, debido a la presencia de la Sierra Madre del Sur, Sierra Atravesada y Sierra Madre de Chiapas, además del estrechamiento que sufre el continente en esta zona y de la existencia de discontinuidades de las unidades orográficas que la atraviesan.

En el Golfo de Tehuantepec el viento sopla perpendicularmente de tierra hacia el mar, es una situación rara y poco estudiada. El transporte de Ekman depende de la intensidad del viento, la distribución de éste en forma de chorro, tiende a acumular el agua en algunas zonas (Zonas de Convergencia) y a sacarla de otras (Zonas de Divergencia). Esto provoca que la termoclina se aleje o se acerque, respectivamente, este proceso se conoce como *Bombeo de Ekman*. (Lavin et al., 1992). Si la termoclina aflora hasta la superficie o se acerca lo suficiente para que le afecte el mezclado vertical producido por el viento, se tiene una inyección de aguas frías con nutrientes a la zona superficial, donde pueden utilizarla los organismos fotosintéticos.

A lo largo de la costa sur de México, la dirección de los vientos predominantes es la del noreste, tendiendo a ser paralelos a la línea de costa, presentándose en el Golfo de Tehuantepec fuertes vientos del norte, principalmente en el invierno, y llegan a alcanzar velocidades de hasta 18m/s. Estos vientos son conocidos como "Tehuano", presentándose generalmente de septiembre a marzo y 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. La diferencia de densidades entre ambas masas, provoca una mayor aceleración en los vientos (Alvarez et al., 1989).

## **V. OCEANOGRAFÍA**

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 debido a este efecto asciende de profundidades de 200 a 400m. Estas aguas de afloramiento contienen concentraciones relativamente altas de nutrimentos, como son nitritos y ortofosfatos (Weihaupt, 1984).

Debido a 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).



## **VI. OBJETIVO GENERAL**

**Analizar el comportamiento de los parámetros físicos y químicos del Golfo de Tehuantepec, durante el verano de 1992.**

### **VI.1 OBJETIVOS PARTICULARES**

**Determinar la concentración de los nutrimentos (nitritos, nitratos, amonio, silicatos y ortofosfatos) en la columna de agua.**

**Determinar el oxígeno disuelto, salinidad y alcalinidad total.**

**Obtener los valores de pH y temperatura.**

## VII. METODOLOGÍA

Se tomaron las muestras de la columna de agua en botellas tipo Niskin a las profundidades estándar (Grasshof *et al.*, 1983). De las botellas muestreadoras se colecta agua para la determinación de oxígeno disuelto, por el método de Winkler modificado por Carrit y Carpenter (1966), el cual consiste en la formación de una cantidad de yodo equivalente a la de oxígeno presente. Posteriormente se agregaron unas gotas de almidón como indicador y se tituló con tiosulfato de sodio.

De las botellas Niskin se tomó otra muestra de aproximadamente un litro en botellas de plástico, en seguida se determinó el pH con un potenciómetro (calibrado con dos soluciones buffers de pH 6.86 y 9.18, en la escala NBS). Posteriormente las muestras se filtraron a vacío a través de un filtro Millipore de 0.45µm.

De la muestra filtrada se toma una fracción en 5 viales de 5mL para el análisis de nutrientes, agregándole unas gotas de azida de sodio al 5% como conservador, para la determinación de fósforo (Parsons *et al.*, 1984). También se agregan unas gotas de fenol como conservador para las de amonio. Las muestras se congelaron hasta su análisis, excepto las de amonio y silicatos que sólo se filtran (Degobbis, 1973). El agua sobrante es guardada para un posterior análisis de alcalinidad.

La salinidad, la temperatura y la profundidad se determinan mediante un perfilador CTD (medidor de Conductividad, Temperatura y Profundidad), Neil Brown Mark-III B, el cual registra 32 ciclos de mediciones de parámetros físicos por segundo.

En la determinación de la salinidad se utilizó un salinómetro de inducción Guildlain Modelo 9040A, calibrado con agua de Copenhague, obteniendo los valores de relación de conductividad, de los cuales se obtuvo la salinidad correspondiente.

En la determinación de alcalinidad se acidificó la muestra, aproximadamente a un pH de 3.5. El pH se midió con un potenciómetro y la alcalinidad se calculó por la diferencia del ácido adicionado y el ácido en exceso presente.

En la determinación de nutrientes se utilizaron dos Autoanalizadores, de Flujo Continuo FIAstar Modelo 5020, para el análisis de nitritos, nitratos y ortofosfatos y el Autoanalizador Technicon MTII, que se utilizó para el análisis de silicatos y amonio, mediante técnicas colorimétricas. Las técnicas utilizadas son las siguientes:

## VII.1 NITRITOS

Se realizó con el método descrito por Bendschneider y Robinson (1952), en el cual el ión nitrito se hizo reaccionar con sulfanilamida en un medio ácido (pH 1.5 a 2.0), el compuesto diazo resultante reacciona con N-(1-naftil)-etilendiamina, para formar un compuesto colorido azo, cuya absorbancia se lee a 543nm. (Parsons *et al.*, 1984).

## VII.2 NITRATOS

El procedimiento ha sido tomado del modelo descrito por Morris y Riley (1963) con algunas modificaciones sugeridas por Grasshoff (1964) y Wood *et al.*, (1967). Los nitratos se reducen a nitritos, cuando la muestra es corrida a través de una columna de vidrio empacada de limaduras de cadmio cubiertas de cobre coloidal. El nitrito producido se determinó como se describió anteriormente. La absorbancia se lee a 543nm. (Parsons *et al.*, 1984).

## VII.3 ORTOFOSFATOS

El procedimiento es tomado de Murphy y Riley (1962), en el que la muestra es llevada a reaccionar con una mezcla conteniendo ácido molibdico, ácido ascórbico y antimonio trivalente. El complejo resultante es reducido a azul de molibdeno. La absorbancia se lee a 882nm. (Parsons *et al.*, 1984).

## VII.4 SILICATOS

Para su determinación se utilizó el método analítico, basado en la formación de un heteropoliácido por tratamiento de la muestra con molibdato de amonio en solución ácida. El complejo resultante  $\beta$ -silicomolibdico se reduce al compuesto azul de molibdeno y descomponiendo simultáneamente cualquier fosfomolibdato o arsenomolibdato. La absorbancia se lee a 882nm.

## VII.5 AMONIO

Su determinación se basa en un método alternativo específico para el amonio, éste es tomado por algunos autores (Solórzano, 1969). La muestra se trató en un medio alcalino citrato-tartrato 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 se lee a 630 nm. (Parsons *et al.*, 1984).

## VIII. RESULTADOS

Los resultados de los diferentes parámetros tomados en la Campaña FIQUIMBI II, en las 35 estaciones muestreadas aparecen en el Anexo 1 en las Tablas 1 a 10, así como los valores máximos y mínimos determinados en cada una de las estaciones muestreadas, en las Tablas 11 y 12.

En el Anexo 2 se muestran las gráficas de los diferentes transectos y zonas de surgencia. Se trazaron los primeros cinco transectos el T1 con las estaciones 4, 3, 2 y 1; T2 con las estaciones 5, 6, 7, y 8; T3 con las estaciones 12, 11, 10 y 9; el T4 con las estaciones 13, 14, 15, y 16; y T5 con las estaciones 20, 19, 18 y 17, la primera estación en cada transecto es la más cercana a la costa.

Para el nitrato el valor máximo fue de  $4.448\mu\text{moles/L}$ , se encontró en la estación 12 a 50 m de profundidad y el valor mínimo fue de  $0.071\mu\text{moles/L}$  que es el mínimo detectable por el equipo utilizado y se presentó en todas las estaciones a diferentes profundidades (Gráfica 10) a excepción de las zonas de surgencia (Gráficas 18 y 27). El máximo superficial fue de  $2.927\mu\text{moles/L}$  en la estación 17.

Para el nitrato el valor máximo fue de  $15.064\mu\text{moles/L}$ , se encontró en la estación 25 a 5 m de profundidad, también fue el máximo superficial y el valor mínimo fue de  $0.071\mu\text{moles/L}$  que es el mínimo detectable por el equipo utilizado y se presentó en las estaciones 5, 6, 10, 12, 20, 25, 26 y 43 a diferentes profundidades.

Los nitratos se observan 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 (Gráficas 19 y 28).

Para el amonio el valor máximo fue de  $22.825\mu\text{moles/L}$ , se encontró en la estación 5 a 20 metros de profundidad y el valor mínimo fue de  $0.489\mu\text{moles/L}$  en las estaciones 16 y 21 a 10 metros de profundidad en ambos casos. El valor máximo superficial fue de  $6.474\mu\text{moles/L}$  en la estación 1.

Para el ortofosfato el valor máximo fue de  $4.455\mu\text{moles/L}$ , se encontró en la estación 4 a 200 metros de profundidad y el valor mínimo fue de  $0.032\mu\text{moles/L}$  que es el mínimo detectable por el equipo utilizado y se presentó en todas las estaciones a diferentes profundidades. Todos los valores superficiales fueron de  $0.032\mu\text{moles/L}$ .

El ortofosfato se presenta con valores elevados, principalmente por debajo de la termoclina (Gráficas 20 y 29). De igual manera que para el nitrato los vientos mueven las altas concentraciones hacia el sur y las corrientes las mueven hacia el oeste.

Para los silicatos el valor máximo fue de  $158.804\mu\text{moles/L}$ , el cual se encontró en la estación 3 a 75m de profundidad y el valor mínimo fue de  $0.600\mu\text{moles/L}$  en las estaciones 20 y 25 a 5 y 20 metros de profundidad, respectivamente. El valor máximo superficial fue de  $42.826\mu\text{moles/L}$  en la estación 17 (Gráfica 30).

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 África, 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.

Para el oxígeno los valores son bajos, en relación al valor teórico de  $214\mu\text{moles/L}$  (Riley y Chester, 1989) estando la mayoría por debajo de los  $200\mu\text{moles/L}$ . En el oxígeno el valor máximo fue de  $231.96\mu\text{moles/L}$ , se encontró en la estación 17 a 10 m de profundidad (Gráfica 9) y el valor mínimo fue de  $5.91\mu\text{moles/L}$  en la estación 25 a 75m de profundidad, sin que los valores medidos llegaran a un estado de anoxia. El valor máximo superficial fue de  $215.69\mu\text{moles/L}$  en la estación 42. En las isolíneas de perfil vertical se puede observar una clara tendencia a disminuir con la profundidad (Gráficas 1).

Los valores de oxígeno disuelto se muestran menores a los de saturación los cuales decrecen rápidamente con la profundidad (Gráficas 16 y 25), resultando en una zona somera baja en oxígeno en el área comprendida entre Hualulco y Salina Cruz principalmente.

El intervalo normal del pH para aguas marinas es de 7.8-8.2 (Millero, 1996), los valores obtenidos están ligeramente altos hacia el centro del Golfo de Tehuantepec. Para el pH el valor máximo fue de 8.52, se encontró en la estación 42 a 5 m de profundidad, este valor también fue el máximo superficial y el valor mínimo fue de 7.05 en la estación 13 a 50 m de profundidad, con tendencia a disminuir con la profundidad (Gráfica 2).

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

Durante la época de verano las temperaturas son más altas debido a que la intensidad de los vientos es baja (Roden, 1961), de esta forma se observan valores altos de temperatura en la zona costera (Gráfica 23), en mar abierto los valores son ligeramente menores (Gráfica 14).

Para la temperatura el valor máximo fue de 30.34°C, se encontró en la estación 24 a 30m de profundidad y el valor mínimo fue de 10.20°C en la estación 8 a 500m de profundidad (Gráfica 32). El valor máximo superficial fue de 29.70°C en la estación 25.

Las temperaturas superficiales son menores durante la época de Tehuanos, 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.

Para la salinidad el valor máximo fue de 35.706, se encontró en la estación 9 a 500 metros de profundidad (Gráfica 6) y el valor mínimo fue de 33.265 en la estación 54 a 5 metros de profundidad (Gráfica 13). El valor máximo superficial fue de 34.988 en la estación 25. Los máximos valores de la salinidad, se obtuvieron durante la época de secas y se encuentran principalmente en la zona oeste del golfo.

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

Los valores de temperatura y de salinidad baja favorecen el incremento en la disolución de oxígeno. En las zonas superficiales se alcanzan valores de saturación como producto de la actividad fotosintética.

Para la alcalinidad el valor máximo fue de 2338µmoles/L, se encontró en la estación 11 a 30 metros de profundidad (Gráfica 24) y el valor mínimo fue de 1593µmoles/L en la estación 7 a 200 metros de profundidad. El valor máximo superficial fue de 2326µmoles/L en las estaciones 6 y 15 (Gráfica 33).

## IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se caracterizó el Golfo de Tehuantepec desde un punto de vista fisicoquímico. Los perfiles verticales de temperatura mostraron una termoclina somera entre los 50 y los 100m, la cual puede ser más somera dependiendo de la época del año. Los valores de salinidad en la zona costera de Chiapas, para la época de lluvias son bajos, comparados con los datos obtenidos en el resto del golfo (Gráfica 8).

Los nutrimentos muestran una fuerte influencia debida a la surgencia, la cual es más intensa hacia la época de tehuanos. Para los nitratos la diferencia entre la época de secas y de tehuanos alcanza una diferencia de 6µmoles/L. El máximo de nitratos y ortofosfatos, coincide con el mínimo del oxígeno disuelto. La concentración de nitratos y ortofosfatos disueltos para la época de tehuanos, siempre fue mayor a la obtenida durante la época de secas. Durante la época de secas se observó un aporte de nutrimentos proveniente de las corrientes del este del golfo.

La capa del mínimo de oxígeno disuelto se encontró entre los 10 y 100m de profundidad, la oxiclina coincidió con la haloclina. Los valores de oxígeno disuelto en las zonas someras y con alta actividad biológica, fueron menores a los valores de saturación. El mínimo de pH, coincide con el del oxígeno disuelto y el máximo de la alcalinidad total. Los valores de la alcalinidad total fueron en general más altos durante la época de secas que la de tehuanos, dicha diferencia es debida a la actividad fotosintética. La relación nitrato-ortofosfato mostró una intersección positiva lo cual muestra que dicho ión no se agota en el Golfo de Tehuantepec. El uso del pH como una variable para medir en forma indirecta la productividad biológica neta en el Golfo de Tehuantepec, conjuntamente con el dióxido de carbono total.

Es necesario se continúen con estudios integrales en el golfo con el objeto de establecer la productividad primaria y secundaria, así como un modelo hidrodinámico del área. El intercambio océano-atmósfera del CO<sub>2</sub> en diversas épocas climáticas, se deberá de establecer debido a la importancia que puede tener en el contexto global y en el cambio climático global. El trabajo conjunto de al menos dos buques oceanográficos se deberá de contemplar para establecer estudios inter y multidisciplinarios de gran alcance. Sin duda alguna el Golfo de Tehuantepec ofrece una gran posibilidad de opciones de investigación que aun no han sido abordadas.



El intercambio de elementos químicos entre el agua de mar y la biomasa es un proceso cíclico. El ciclo puede ser dividido en dos fases: la de síntesis y la de regeneración. La proporción en la cual los elementos del agua de mar entran al ciclo bioquímico esta determinada por la composición elemental de la biomasa (C:N:P, 106:16:1). Las fuentes principales de los componentes elementales de los organismos marinos son los iones carbonatos, ortofosfatos y nitratos del agua de mar. Las diferentes concentraciones de nutrimentos que son encontradas a diversas profundidades son debido a la descomposición de la materia orgánica sintetizada cerca de la superficie.

El Pacífico oriental tropical contiene algunas de las aguas más productivas del océano mundial. Es importante establecer como el  $\text{CO}_2$  esta relacionado con el ciclo del C y la nueva productividad de estas zonas. Generalmente los nutrimentos no se encuentran en concentraciones limitantes en las aguas superficiales del Pacífico oriental tropical o en otras zonas de surgencia como el Domo de Costa Rica, la de Perú y Ecuador (Fiedler y Philbrick, 1991).

Otra área con estas características es el Golfo de Tehuantepec, el cual como se observó, presenta concentraciones altas de nitrato en la zona superficial, los valores encontrados están acorde con la extrapolación reportada por Fiedler y Philbrick (1991) para la zona, si bien es cierto que no se analizó en el presente capítulo la nueva productividad, se encuentra establecido que zonas del Pacífico oriental tropical, con alto contenido de nitrato se caracterizan por tener una nueva productividad elevada (Chávez *et al.*, 1987), pero no lo suficientemente alta para agotar el nitrato, como se observó en el presente trabajo.

Aunque se ha observado que a temperaturas templadas -mayores a los  $25^\circ\text{C}$ - la concentración de nitrato disminuye considerablemente, casi al agotamiento, se observó que en el caso del Golfo de Tehuantepec que por tener una termoclina (de los  $20^\circ\text{C}$ ) somera la concentración de nitrato generalmente nunca estuvo cerca de los límites de detección de la técnica analítica. Las bajas concentraciones detectadas en la zona superficial, conjugadas con las temperaturas, se deben principalmente a que la surgencia del Golfo de Tehuantepec no alcanza la superficie, acción que se sucede principalmente hacia la época de secas.

La relación  $\text{NO}_3$  contra  $\text{PO}_4$ , fue de 10:1, la cual es diferente a la relación de Redfield (16:1), la diferencia se puede deber a la actividad biológica que se realiza durante la época de secas y la cual hace que la disponibilidad del nitrógeno sea menor (Redfield y Richards, 1958), las muestras de mayor profundidad contienen una mayor cantidad de nutrimentos. Durante la época de tehuanos la relación se incrementa a 16:1.

El uso del pH como una variable hidrográfica en el medio marino, se inició desde principios de siglo (Wattenberg, 1933). Recientemente, Park y colaboradores (Zirino et al., 1986) han señalado la importancia del pH en los procesos biológicos. Se ha demostrado la relación que existe entre el pH y la temperatura superficial en el Golfo de California, lo cual puede ser usado para medir la producción biológica neta (Zirino y Lieberman, 1985).

Un perfil paralelo a la costa oeste del Golfo de Tehuantepec, permite establecer con claridad la surgencia durante la época de secas. Dicha surgencia es débil, pero se presenta aún durante esta época. Valores bajos de oxígeno corresponden a valores altos de nitratos (Gráfica 4) y ortofosfatos (Gráficas 5 y 11) debido a la oxidación de la materia orgánica. Lo cual permite establecer que la surgencia en el Golfo de Tehuantepec durante la época de secas es somera.

La integración de los parámetros fisicoquímicos mediante un análisis de factores para las profundidades de 5 y 50m, permiten diferenciar con claridad la influencia del efecto de la surgencia en una amplia franja que se ubica de Salina Cruz a zonas cercanas a la Barra de Tonalá y hacia mar adentro.

En la alcalinidad, los valores obtenidos durante la campaña FIQUIMBI II resultan ser más altos (Gráfica 15) al valor reportado para el agua de mar estándar ( $2140\mu\text{mol/kg}$ , UNESCO, 1984), siendo similares a los reportados en la campaña FIQUIMBI I, efectuada en noviembre de 1989, a bordo del B/O "El Puma".

La interacción océano-atmósfera permite absorber a la superficie del océano una importante cantidad del  $\text{CO}_2$  atmosférico, el cual durante los últimos 50 años se ha incrementado con gran celeridad. Al hidratarse el  $\text{CO}_2$  en el agua forma principalmente el ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) el cual por las condiciones de pH del agua de mar, tiende inmediatamente a formar casi en más de un 98%, iones bicarbonato y carbonato.

Un perfil vertical de la alcalinidad total, permite observar un incremento con la profundidad (Gráficas 6), el cual es inverso al cambio del pH y el oxígeno disuelto, esto es debido principalmente a la oxidación de la materia orgánica. Los valores bajos en la zona eufótica son debidos principalmente a la fotosíntesis. La diferencia en cuanto a los valores de alcalinidad se debe principalmente a los procesos biológicos, los cuales se acentúan más durante la época de Tehuanos.

En cuanto al oxígeno disuelto, los valores superficiales se observan menores a los de saturación, en el que se observa una pronunciada disminución alrededor de los 50m, registrando valores de oxígeno disuelto menores a  $20\mu\text{moles/L}$ , lo cual nos indica la presencia de una zona anóxica somera, localizada aproximadamente en la zona comprendida entre Huatulco y Salina Cruz.

La profundidad de la capa del mínimo de oxígeno se encontró generalmente entre los 10 y 100m, dependiendo de la época. La distribución vertical, permite observar con mejor claridad el mínimo de oxígeno y el incremento que existe después de los 500m de profundidad. Los mínimos de oxígeno se encontraron asociados con los máximos de nitritos, nitratos, ortofosfatos y silicatos, también la oxiclina coincidió con la haloclina, las cuales son someras.

En relación al valor teórico del oxígeno disuelto ( $214\mu\text{moles/L}$ , a  $S=35.000$ ;  $t(^{\circ}\text{C})=25$ ; Millero, 1996), los valores del oxígeno disuelto muestran valores por debajo del nivel de saturación, solamente para las zonas más someras y con alta actividad biológica los valores de saturación exceden el 100%. Se observan una zona somera, baja en oxígeno en el área comprendida entre Hualulco y Salina Cruz principalmente, la amplitud de dicha área dependerá de las condiciones meteorológicas y oceanográficas.

El intervalo normal del pH para aguas marinas superficiales es de 8.1-8.3 (Millero, 1996), muestran que la mayoría de los valores reportados en la Campaña caen dentro de este intervalo, y los valores de zonas profundas, tienen una disminución por debajo del valor de 7.8, alrededor de los 50m de profundidad.

Durante la época de invierno la distribución horizontal del pH muestra valores ligeramente altos hacia la zona costera del Golfo de Tehuantepec, principalmente en la parte central y la este; hacia la parte oeste los valores de pH son bajos (Gráficas 17 y 26) y están estrechamente relacionados con una concentración baja de oxígeno disuelto. Hacia la época de tehuanos, esta situación se invierte y los valores más altos se encuentran hacia la parte oeste del golfo, debido probablemente al incremento de dióxido de carbono en las aguas superficiales, motivado por la surgencia (Sverdrup *et al.*, 1970; Riley y Chester, 1989; Millero, 1996).

Una sección transversal del cambio de pH, durante la campaña, hace recordar a las isolíneas del oxígeno disuelto en el mismo transecto. Dicha similitud se puede deber al contenido de  $\text{CO}_2$  total ( $\text{TCO}_2$ ) y su presión total (Sverdrup *et al.*, 1970).

En relación a la salinidad, en general los valores son menores al promedio del agua de mar de 35 o/oo (Riley y Skirrow, 1975), registrándose en la mayoría de las estaciones valores superficiales de 34 o/oo, esto se puede deber a la época de lluvias, que influye en un abatimiento de la salinidad, así como un efecto de dilución por los aportes fluviales. Los máximos valores se registraron principalmente en la zona oeste del golfo (Gráficas 22 y 31).

La temperatura muestra un descenso en la superficie durante la época de Tehuanos, principalmente en la zona entre Huatulco y Salina Cruz, lo cual es uno de los efectos primordiales que provocan los Tehuanos sobre la superficie del mar (Roden, 1961). Las temperaturas mínimas en la época de verano se localizan frente a Salina Cruz.

Por otro lado, es importante resaltar la presencia de un permanente termoclina somera, lo cual es de gran importancia, ya que el intercambio de propiedades tales como temperatura, alcalinidad, nutrimentos, pH, 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).

Los perfiles verticales de la temperatura (Gráfica 7) presentan una termoclina entre los 50 y los 100m de profundidad para la época de verano, no obstante durante la época de invierno o de tehuanos, la termoclina puede encontrarse cerca de la superficie, dependiendo de la intensidad de los vientos fríos (Stumpf y Legeckis, 1977).

En un perfil vertical, en el que se puede observar que la concentración más elevada del ion nitrito está fuertemente influenciada por el mínimo de oxígeno en las capas superficiales del golfo, observándose dos mínimos, lo cual es característico de las aguas tropicales del Pacífico Mexicano.

Debido a su inestabilidad química, por ser un compuesto intermedio y porque las condiciones óxicas se restablecen en menos de 48h, la concentración de nitritos (Gráfica 3) no alcanza valores altos como los reportados en otras zonas de surgencia (Codispoti, 1981).

Los valores de nitratos resultan estar dentro de los valores reportados para el agua de mar (0.07-35.7  $\mu$ moles/L, Riley y Chester, 1989). En general se observa un incremento en la concentración conforme aumenta la profundidad y la distancia hacia la costa. Su distribución horizontal en la superficie durante la época de Tehuanos es parecida a la seguida por la alcalinidad en la misma época.

Al igual que el nitrito, el ion nitrato está influenciado por el mínimo de oxígeno, no obstante existe una diferencia entre ambos iones, mientras que el ion nitrato alcanza un máximo con el primer mínimo de oxígeno y después permanece casi constante, el ion nitrito presenta dos máximos, el primero asociados al mínimo del oxígeno y a la profundidad de compensación fotosintética. El segundo máximo, es causado probablemente por la reducción bacteriana del nitrato (Millero, 1996).

La concentración de nitratos se encuentra ligeramente por arriba de la de nitritos, debido probablemente a los cambios originados después de los tehuanos en ese tiempo. La concentración de nitratos, como era de esperarse fue mayor durante la época de tehuanos que durante la época de secas, casi en cinco ordenes de magnitud. Como la termoclina asciende durante los tehuanos, el máximo de nitratos se encuentra más cercano a la superficie.

En la concentración promedio de nitratos en la zona eutrófica se puede observar que valores altos se encuentran principalmente durante la época de tehuanos, debido al rompimiento de la termoclina o que ésta se encuentra cercana a la superficie, lo cual origina un afloramiento de agua con alto contenido de nutrimentos (Roden, 1961; Stumpf y Legeckis, 1975; Vázquez *et al.*, 1990; Turner, 1992; Salvador, 1993).

La distribución horizontal de nitratos en el Golfo de Tehuantepec presenta dos distribuciones características, durante la época de tehuanos las aguas profundas ricas en nutrimentos provocan un enriquecimiento cerca de la superficie, desplazándolo hacia la parte oeste del golfo. Durante la época de secas esta situación cambia, se observa un aporte de nutrimentos proveniente de la corriente del este (Roden, 1961).

En la relación entre el nitrato y el amonio, el resultado fue una mayor cantidad de amonio con respecto a la de nitrato, lo cual muestra que los procesos biológicos son los posibles responsables de la disminución de la alcalinidad.

La distribución de amonio es difícil de describir debido a la dispersión de los datos reportados y al error analítico del método, no obstante se puede establecer que el intervalo de concentración para el Golfo de Tehuantepec es de  $<0.02$  a  $5.6 \mu\text{moles/L}$ . La excreción de amonio y urea por el zooplancton y otros organismos marinos se deberá de tener en cuenta al analizar los valores de amonio; datos de productividad secundaria son necesarios para establecer su aporte al sistema de los compuestos antes mencionados.

Los ortofosfatos, muestran un aumento en la concentración al aumentar la profundidad, los valores máximos coinciden con un mínimo de oxígeno y un máximo de alcalinidad total. Debido a que la concentración de fósforo depende del intercambio de aguas superficiales con aguas profundas, estas altas concentraciones se deben a las surgencias, características de la zona, donde también el efecto de los vientos es preponderante. Los cambios se presentan más homogéneos a 50m de profundidad, también se observa que los valores de ortofosfato son mayores por debajo de la termoclina durante la época de Tehuanos.

Los mayores valores fueron alcanzados tanto en la época de techuanos como en la de secas, dicho incremento se puede deber a la surgencia que ocurre entre octubre y marzo, permitiendo un intercambio de agua entre el agua superficie y la profunda y la oxidación de la materia orgánica (Millero, 1996; Okuda, 1981; Riley y Chester, 1989).

La concentración de ortofosfatos por debajo de la termoclina somera alcanza valores mayores a 3µmoles/L para la época de techuanos, mientras que durante la época de secas solamente alcanza valores mayores a 1µmoles/L. La concentración máxima de ortofosfatos coincide con el mínimo de oxígeno y la termoclina (Millero, 1996).

En cuanto a los silicatos, se observa un ligero aumento en su concentración conforme aumenta la profundidad. Esto quizá debido a la utilización del silicio por el fitoplancton (diatomeas, radiolarios, etc.) que asimilan el silicio para la construcción de sus exoesqueletos. El valor mínimo para el crecimiento y desarrollo de organismos que utilizan el silicio es de 50µmoles/L en superficie. Durante la época de techuanos existe una surgencia clara de Silicatos, mientras que durante el verano la distribución es casi homogénea (Gráfica 21). La distribución horizontal del silicio, muestra un aporte claro proveniente de los ríos que drenan en las costas del Estado de Chiapas y que desplaza por el efecto de las corrientes hacia la parte oeste del golfo (Gráfica 12).

En general las concentraciones encontradas para los nutrientes muestran una tendencia a aumentar con la profundidad, esto también puede observarse en las isoclinas verticales de los diferentes transectos analizados.

El Pacífico oriental tropical contiene algunas de las aguas más productivas del océano mundial. Es importante establecer como el CO<sub>2</sub> está relacionado con el ciclo del carbono y la nueva productividad de estas zonas. Generalmente los nutrientes no se encuentran en concentraciones limitantes en las aguas superficiales del Pacífico oriental tropical o en zonas de surgencia como el Domo de Costa Rica, la de Perú y Ecuador (Fielder y Philbrick, 1991). Otra área con estas características es el Golfo de Tehuantepec, el cual como se observó, presenta concentraciones altas de nitrato en la zona superficial, los valores encontrados están acorde con la extrapolación reportada por Fielder y Philbrick (1991) para la zona, si bien es cierto que no se analizó la nueva productividad, se encuentra establecido que zonas del pacífico oriental tropical, con alto contenido de nitrato se caracterizan por tener una nueva productividad elevada (Chávez et al., 1987), pero no lo suficientemente alta para agotar el nitrato.

La continuidad es una de las características de los estudios oceanográficos y costeros, lo cual sin duda alguna permite establecer la evolución o la tendencia de cambio de cualquier ecosistema marino o terrestre. Dicha continuidad desafortunadamente, no se sigue en la mayoría de los trabajos que se desarrollan en las costas mexicanas, motivo por el cual algunos de los fenómenos como el de la productividad nueva, la marea roja son difíciles de seguir y dar una explicación adecuada.

La medición de variables más específicas (medición de velocidad y dirección de la corriente, de la  $p\text{CO}_2$  y del  $\text{CO}_2$  total, hierro, etc.) y de parámetros comunes (clorofilas, oxígeno disuelto y pH con sensores, etc.) se deberá de realizar en futuras investigaciones para enriquecer los futuros trabajos de investigación. El efecto del hierro sobre la productividad nueva del Golfo de Tehuantepec se deberá de establecer, para entender en forma completa el Pacífico tropical oriental.

Finalmente, se desea que este estudio tenga utilidad para otros que se realicen en el área y que la integración de los resultados vaya acumulando información de esta zona de importancia económica de nuestros mares, que en un momento pueda ser de utilidad en la detección de los recursos naturales del Golfo de Tehuantepec, así como en los fenómenos oceanográficos que se presentan en esta zona (marea roja, corriente del niño, surgencia, etc.).

## **X. CONCLUSIONES**

**El presente estudio es de utilidad para las personas que necesiten información sobre la zona y ocasionalmente se puede considerar como herramienta en investigaciones propias. De igual manera, puede ser de utilidad en pesquería determinando la presencia de especies, en base a la cantidad de nutrimentos y temperatura, en una época similar a la de éste estudio, así como, para la pesca en menor escala, aunque a veces los métodos de los pescadores, rudimentarios y empíricos pueden llegar a ser eficaces. Con la llegada del B/O "El Puma" a la zona del pacífico se han ampliado las investigaciones al Golfo de Tehuantepec, las cuales no han tenido la continuidad adecuada para describir en forma detallada los fenómenos químicos, físicos, biológicos y geoquímicos que se suceden en esa zona marina.**

- 1. El mínimo de oxígeno se encontró somero, con frecuencia cerca de los 10m de profundidad.**
- 2. El mínimo de pH coincide con el del oxígeno disuelto.**
- 3. Los ortofosfatos disueltos, alcanzan un máximo por debajo de la termoclina.**
- 4. Se observó un aporte de  $\text{SiO}_2$  proveniente de los ríos del Estado de Chiapas.**
- 5. Las concentraciones de nutrimentos durante la época de verano, resultó menor a la reportada durante la época de tehuanos.**



## **XI. BIBLIOGRAFÍA**

- ÁLVAREZ, L.G., BADAN-DANGON, A. y VALLE, A. 1989. On Coastal Currents of Tehuantepec. Estuarine Coastal and Shelf Science. 29:89-96.**
- BENDSCHNEIDER, K and R.J. ROBINSON. 1952. A New Spectrophotometric Method for the Determination of Nitrite in Sea Water. J. Mar. Res. 11: 87-96.**
- CARRIT, E.E. and J.H. CARPENTER. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in water. J. Mar. Res. 24:286-318.**
- CHAVEZ, F.P., KURT, R. BUCK, K.H. COALE, J.H. MARTIN, G.R. DITULLIO, N.A. WELCHMEYER, AUBRIE C. JACOBSON, y RICHARD T. BARBER. 1987. Groth Rates, Grazing, Sinkig and Iron Limitation of Equatorial Pacific Phytoplankton. Limnology and Oceanography. 36(8) 1816-1834p.**
- CODISPOTI, L.A. 1981. Temporal Nutrient Variability in Three Different Upwelling Regions. Richards, A.F. (Ed). Coastal Upwellings (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. Limnology Oceanography. 18: 146-150.**
- FIEDLER, PAUL. P. y PHILBRICK, V. 1991. Oceanic Upwelling and Productivity in the Eastern Tropical Pacific. Limnology and Oceanography. 36(8) 1834-1850p.**
- 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. Mexico, D.F.**
- GRASSHOFF, K. 1964. Deep-Sea Research. 11, 597.**
- GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M. y KREMLING, K. 1983. Methods of Sea Water Analysis. 2nd edition, Verlag Chemie, Republic of Germany.**
- LAVIN, M.F., ROBLES, J.M., ARGOTE, M.L., 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.**
- MILLERO, F.J. 1996. Chemical Oceanography, CRC Press, Inc., U.S.A. 257 pp.**
- MORRIS, A.W. y RILEY, J.P. 1963. Analyt. Chem. Acta., 29, 272.**

**MURPHY, J. and RILEY, J.P. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Analyt. Chem. Acta.*, 27:31-36.**

**OKUDA, T. 1981. Water Exchange and the Balance of Phosphate in the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Coastal Upwelling (coastal and Estuarine Sciences I)* American Geophysical Washington D.C. 274-281P.**

**PARSONS, T.R., YOSHIKI, M. and LALLI, C.M. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Sea Water Analysis. 1st edition, Pergamon Press, U.S.A.**

**REDFIELD, B. H. KETCHUM, y F.A. RICHARDS. 1958. The Influence of Organisms on the Composition of Sea-Water.**

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

**RILEY, J.P. y SKIRROW, G. 1975. Chemical Oceanography, 2nd edition. London Academic Press. Great Britain.**

**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.**

**SALVADOR, L.G. 1993. Estudio del sistema de dióxido de carbono en el Golfo de Tehuantepec, durante la época de lluvias (1990-1). Tesis de Lic.-ENEP ZARAGOZA-UNAM.**

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

**S.S.P. 1981. Carta Geológica. Escala 1:1 000 000, Hoja Villahermosa. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Secretaría de Programación y Presupuesto.**

**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. & FLEMING, H.R. 1970. The Oceans. Their Physics, Chemistry, and General Biology. Prentice-Hall Englewood Cliffs, N.J., U.S.A.**

THIEDE, J. y SUESS, E. 1983. Coastal Upwelling. Its Sediment Record. Response of the sedimentary regime to present coastal upwelling. A Division of Plenum Publishing Corporation, New York.

TURNER, G.M. 1992. Estudio Oceanográfico en algunos parámetros físicos y químicos de la zona de surgencia del Golfo de Tehuantepec, en los meses de mayo y noviembre de 1989. Tesis de Lic.-ENEP ZARAGOZA-UNAM.

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. y LENKA, G.A. 1990. Parámetros Fisicoquímicos del Golfo de Tehuantepec. In: Memorias del Primer Foro Nacional de la Investigación Científica y Humanística del Estado de Chiapas. Noviembre 29 y 30, Diciembre 1 de 1989. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

WATTEMBERG, H. 1933. Uber die titration-Alkalinitat under kalziumkarbonatgehalt des Meerwassers. Deutsche Atlantische Expedition. "Meteor", 1925-1927. Wiss. Ergebr. 122-231p.

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

WOOD, E.D., ARMSTRONG, F.A. y RICHARDS, F.A. 1967. Determination of Nitrate in Sea Water by Cadmium Copper Reduction to Nitrite. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 47: 23-31.

ZIRINO, A., FUHRMANN R.A., OKSANEN-GOODEN D., LIEBERMAN S.H., CLAVELL, C. y SELIGMAN, P.P. 1986. pH-Temperatura-Nutrient Relationships in the Eastern Tropical Pacific Ocean. The Sci. Total Environ. 58: 117-137.

ZIRINO, A. y LIEBERMAN, S.H. 1985. In: A. Zirino (ed.) Mapping Strategies in Chemical Oceanography, Advances in Chemistry Series Nº 209. American Chemical Society, Washington, D.C., Chapt. 18. 393p.

**ANEXO 1**

**TABLAS**

TABLE 1

TABLE OF VALUES OF THE PARAMETERS TAKEN DURING THE OCEANOGRAPHIC CAMPAIGN FIGUEROA II

OXYGEN (O <sub>2</sub> $\mu$ mole/g)														
PROF.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	
5	215.26	200.83	202.09	198.33	172.76	201.63	205.05	209.29	203.13	202.64		200.30	202.15	
10	208.88	196.75	183.88	190.23	224.59	147.19	209.39	204.23	201.88	200.48		207.38	198.99	
20	171.78			188.04	205.83	87.19	182.18	203.25	205.90	192.20		200.08	199.43	
30	171.74	172.08		187.37	183.45	33.95	119.60	183.56		194.05	198.08	175.45	179.91	
50	181.55	114.41	37.04	105.06	97.47	25.03	83.51	121.82	90.57	76.97	203.94	168.46	49.88	
75		38.88	84.89	31.16	42.65	23.61	21.64	57.31	27.83	20.37	201.31		46.49	
100		34.17	12.18		35.41	12.78	15.40	41.32	17.80	20.30	194.61			
150		17.07	12.18	8.00	8.86	9.84	34.75	79.95		6.88	17.45			
200		33.77	80.23	9.24	8.86	8.78	117.31	7.87	7.22	14.42				
500		18.83							63.03					
1000		18.14												
	E14	E16	E18	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	
5	185.40	188.88	204.29	202.26	180.71	203.36	184.48	193.74	200.87	198.20	202.81	198.91	208.63	
10	200.30	197.41	200.71	231.98	183.96	200.27	197.18	198.63	197.78	202.29	206.86	208.48	200.71	
20		188.81	202.87	188.36	186.73	179.67	183.72	199.61	203.49			203.09	200.35	
30	157.90	188.43	188.88	185.54	198.75	163.34	198.23	197.43		202.27	206.18		200.65	
50	189.18			88.25	198.96	163.34	198.23			197.91	203.95			
75		88.28		14.11	79.04	55.38	30.03				101.40	5.91		
100	22.03			18.68	22.04	134.05					45.22			
150				10.18	9.86						39.01	22.84		
200				10.49	25.97							44.49		
500				8.56										
	E27	E28	E29	E30	E30	E41	E42	E43	E54					
5		188.43	207.57		188.70		215.89		212.34					
10	188.88	186.38	208.48		204.54	228.02	188.34	203.24	219.06					
20	188.88	188.88	188.43			172.88	221.31	197.37						
30			202.24	203.57				179.84						
50														
75				44.97										

TABLE 2

TABLE DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FIQUIMBI II

pH PROF.	pH												
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	8.25	8.10	8.17	8.07		8.10	8.16	8.14	8.21	8.21		8.24	8.22
10	8.23	8.18	8.05	8.08	8.00	7.95	8.05	8.12	8.20	8.21		8.21	8.22
20	8.19		7.23	8.05	8.05	7.88	8.02	8.11	8.19	8.19		8.22	8.22
30	8.15	8.00		7.97	7.99	7.86	7.90	8.04	8.12	8.15	8.17	8.13	8.11
50	8.15	8.00	7.81	7.81	7.88	7.55	7.83	7.90	7.81	7.84	8.17	8.10	7.05
75		7.80	7.78	7.73	7.72	7.55	7.77	7.76	7.57	7.81	8.17		7.70
100		7.80	7.53		7.57	7.49	7.55	7.80	7.52	7.54	8.16		
150		7.70	7.50	7.62	7.54	7.38	7.50	7.64		7.47	7.48		
200		7.65	7.48	7.50	7.49	7.46	7.49	7.50	7.45	7.48	7.35		
500		7.63						7.47	7.41				
1000		7.52											
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	8.24	8.23	8.28	8.31	8.33	8.12	8.24	8.24	8.30	8.06	8.01	7.96	8.04
10	8.22	8.23	8.25	8.31	8.34	8.07	8.17	8.24	8.21	8.12	8.03	8.07	8.04
20		8.23	8.22	8.29	8.33	7.98	8.10	8.24	8.11			8.11	8.04
30	8.15	8.17	8.10	8.29	8.31		8.07	8.22		8.11	8.02	8.13	8.04
50	8.15			7.95	8.26	7.95	7.78			8.10	8.04	7.80	
75		7.73		7.68	7.90	7.89	7.35				7.70	7.37	
100	7.62	7.62		7.97	7.86	7.90					7.48	7.39	
150		7.58		7.81	7.59						7.29	7.38	
200		7.56		7.45	7.56							7.49	
500		7.45											
	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34					
5		8.33	8.19		8.16		8.52	8.27					
10	8.32	8.33	8.05		8.17	8.22	8.51	8.26	8.26				
20	8.30	8.27	8.05			8.06	8.40	8.24					
30			8.06	8.06				8.19					
50													
75				7.58									

TABLA 3

TABLA DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FIQUIMBI II

NITRATOS (NO <sub>3</sub> (µmoles/l))													
PROF.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	1.671	0.665	4.833	0.092	0.071	0.071	0.778	0.778	0.503	0.071		0.071	0.976
10	1.871	0.665	7.211	2.963	0.290	0.222	2.470	0.778	0.778	1.885		0.978	1.355
20	3.456			4.833	3.966	0.778	2.756	1.906	2.399	1.685		1.335	1.685
30	4.048	0.665		6.019	3.848	6.404	4.441	3.598	2.399	3.620	0.978	2.042	2.756
50	3.256	0.665	8.567	7.966	4.241	7.782	4.441	3.655	3.598	4.893	0.978	4.177	6.026
75		0.665	9.210	7.211	8.019	7.132	4.441	5.276	4.883	7.711	2.042		7.139
100		0.665	9.781		8.068	7.132	6.404	5.276	5.947	7.018	2.042		
150		0.665	9.781	8.353	8.210	8.782	6.690	5.276		8.425	7.711		
200		0.665	11.362	8.966	11.494	9.210	6.968	5.276	7.018	9.138			
500		2.690						6.690	6.068				
1000		9.353									11.637		
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	1.590	1.185	1.835	1.992	0.071	2.385	0.071	5.412	3.784	3.320	4.248	15.084	2.620
10	1.835	1.349	1.835	1.892	3.206	2.620	3.206	3.084	3.434	2.508	5.647	6.511	1.835
20		1.349	1.992	2.313	3.434	3.555	3.383	2.970	4.484			0.071	0.071
30	2.313	1.506	2.834	3.120	3.441		4.020	3.434		5.533	3.784	3.420	1.085
50	2.313			6.183	3.555	4.484	4.833			4.948	3.898	1.014	
75		6.990		6.832	6.347	5.412	7.925				10.586	9.638	
100	6.183	7.364		7.782	7.498	8.425					14.921	11.086	
150		7.782		7.782	7.630							8.782	
200		8.782		8.136	8.136							8.567	
500		9.781		9.210									
	E27	E28	E29	E30	E40	E41	E42	E43	E54				
5		1.821	1.278		2.884		0.921		1.921				
10		1.635	2.620	4.578	1.821	1.635	0.778	0.071	1.628				
20		2.293	1.728	1.484			2.620	0.659	0.071				
30			1.107	1.249				1.692					
50													
75				6.804									

TABLA 4

TABLA DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FIQUIMBI N

NITRITOS (NO2 µmol/kg)													
PROF.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	0.071	1.828	1.749	2.020	1.992	1.806	0.071	1.913	0.071	0.071		0.071	2.135
10	0.071	1.585	2.035	1.628	0.071	2.335	0.071	1.828	0.071	0.071		0.071	2.342
20	1.871			0.071	1.871	1.806	2.020	0.071	0.071	0.071		0.071	0.071
30	1.992	2.078		1.692	1.871	1.756	2.070	1.885	2.049	1.958	2.577	3.020	0.071
50	2.035	1.635	1.749	1.871	0.071	1.792	1.849	2.256	1.942	1.983	0.071	4.448	2.049
75		1.849	1.749	1.585	1.692	0.071	1.835	1.892	1.892	1.958	1.878		2.408
100		1.692	1.806		2.035	1.778	0.071	1.949	0.071	0.071	1.899		
150		1.649	1.628	1.649	0.071	0.071	0.071	0.071		0.071	1.983		
200		2.506	1.649	2.020	0.071	0.071	1.935	0.071	1.928	1.921			
500		0.071						1.958	2.049		2.270		
1000		1.728											
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	0.071	0.071	0.071	2.927	2.442	2.277	2.208	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071
10	0.071	0.071	0.071	2.906	0.071	0.071	2.299	0.071	1.535	0.071	0.071	0.071	0.071
20		0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	2.277	0.071	4.212			0.071	0.071
30	2.028	2.228	0.071	2.370	2.306		2.228	0.071			0.071	0.071	0.071
50	0.071			0.071	0.071	2.106	2.320			0.071	0.071	0.071	
75		2.249		2.392	0.071	2.249	0.071				0.071	0.071	
100	2.442	0.071		0.071	0.071	2.435					0.071	0.071	
150		2.183		0.071	0.071								
200		0.071		0.071	2.385							1.448	
500		3.177		0.071								0.071	
	E27	E28	E29	E30	E40	E41	E42	E43	E54				
5		1.542	0.071		0.071		0.071		0.871				
10	0.071	0.071	0.071		0.071	0.071	0.071	0.071	0.071				
20	1.592	0.071	0.071			0.828	0.587	0.071					
30			0.071	0.071				0.714					
50													
75				0.071									



TABLA 5

TABLA DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FIQUENB II

FOSFATOS (PO <sub>4</sub> $\mu$ mol/l)													
PROF.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032		0.032	0.032
10	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032		0.032	0.032
20	0.032			0.333	0.032	0.268	0.032	0.032	0.032	0.032		0.032	0.032
30	0.032	0.032		0.046	0.032	0.157	0.032	0.032	0.032	0.241	0.032	0.032	0.032
50	0.032	0.032	0.032	0.046	0.032	0.043	0.0352	0.222	0.066	0.567	0.032	0.032	0.365
75		0.002	0.032	1.411	0.032	0.043	0.446	0.001	0.210	0.739	0.032		0.461
100		0.032	0.153		0.032	0.875	0.778	0.875	0.833	0.920	0.065		
150		0.032	0.032	1.915	0.032	1.040	1.040	0.875		0.604	2.141		
200		0.513	0.032	4.456	0.062	1.040	1.072	1.396	0.956	2.357			
500		0.730		0.032				2.334	1.049				
1000		0.032											
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	0.032	0.032	0.032	0.002	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
10	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
20		0.032	0.032	0.005	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032			0.032	0.032
30	0.032	0.032	0.126	0.315	0.032		0.032	0.032		0.032	0.032	0.032	0.032
50	0.032			0.007	0.571	0.032	0.032			0.032	0.032	0.032	
75		0.726		0.706	1.107	0.032	1.107				0.032	0.032	
100	0.046	0.014		0.704	1.185	0.032					0.032	1.120	
150		0.046		0.006	1.204							0.032	
200		1.072		2.473	2.157							0.032	
500		1.576		4.036									
	E27	E28	E29	E30	E40	E41	E42	E43	E54				
5		0.032	0.032		0.032		0.032		0.032				
10	0.032	0.032	0.032		0.032	0.032	0.032	0.032	0.032				
20	0.032	0.032	0.032			0.032	0.032	0.032					
30			0.032	0.032				0.032					
50													
75				0.032									

TABLA 6

TABLA DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FIOUMBI II

SILICATOS (SiO <sub>2</sub> µmol/kg)													
PROF.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	15.737	6.027	31.821	33.218	28.721	5.430	18.562	5.274	10.918	7.532		18.503	8.278
10	15.737	9.911	13.786	22.898	28.721	13.176	5.274	9.790	8.008	14.305		15.407	35.149
20	9.283			12.500	28.721	9.790	8.096	15.434	8.881	8.881		18.987	18.148
30	11.853	7.321		8.874	18.562	106.123	19.849	32.386	7.532	23.335	58.070	16.503	8.828
50	11.206	7.321	33.888	9.811	21.877	28.415	28.721	9.790	9.790	8.881	33.494	7.181	11.020
75		18.384	158.884	28.979	15.988	18.820	22.771	18.820	23.335	22.771	6.403		15.955
100		28.289	28.884		23.888	15.434	31.237	23.899	28.513	30.108	5.274		
150		33.218	30.828		8.881	24.464	25.583	35.752		27.288	5.274		
200		48.186	24.153	33.484	7.332	34.823	18.848	23.335	38.108	38.108			
500		81.121						28.979	23.335				
1080		22.898											
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	3.342	4.438	3.342	42.828	21.887	31.310	8.800	4.438	6.084	2.245	1.887	22.538	9.923
10	3.342	11.828	17.882	48.118	27.471	2.245		2.784	4.438	2.784	6.084	3.342	13.213
20		2.784	2.245	18.784	23.884	3.881	4.438	4.438	3.342			3.342	1.887
30	6.833	5.538	1.148	18.588	8.823		8.828	1.148			1.887	3.881	3.342
50	5.538			13.497	2.245	12.885	1.887			4.438	6.833	8.800	
75		14.310		8.823	17.882	25.278	17.052					9.374	20.881
100	28.820	152.583			4.438	4.987					20.881	27.471	
150		21.887		8.884	8.374							28.374	
200		28.374		3.881	32.955							83.408	
500		43.374		11.588									
	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34					
5		12.885	4.438		4.438		14.858		12.118				
10	1.887	8.828	13.782				2.245	3.881	1.887	118.310			
20	4.438	17.052	4.987				6.833	16.503	8.278				
30			3.342		7.728				13.782				
50													
75					17.888								

TABLA 7

TABLA DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FIDURMIN II

AMONIO (NH <sub>3</sub> ppm/10g)													
PROF.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	64.740	37.638	30.111	25.595	30.111	36.134	22.584	19.572	12.045	6.022		33.123	4.517
10	45.167	56.458	30.111	12.797	25.595	22.584	25.595	33.123	9.033	4.517		21.078	4.517
20	72.268			30.111	222.825		23.336	65.818	33.123	12.045		57.212	13.550
30	55.706	28.066		18.572	36.145	34.628	22.584	13.550	7.528	16.561	6.022	140.018	28.066
50	60.223	36.134	31.817	25.595	36.134	30.111	13.550	9.033	12.045	4.517	7.528	12.045	3.914
75		34.628	31.817	37.638	24.080	16.561	12.045	16.561	4.517	7.528	9.033		1.468
100		61.729	54.201		19.572	43.662	25.595	6.022	4.517	4.517			
150		96.357	25.595	45.167	36.134	30.111	33.123	12.045		4.517	67.751		
200		34.628	43.662	21.078	37.638	24.069	19.572	9.033	6.022	7.528			
500		33.123						18.067	6.022		18.067		
1000		40.651											
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	1.468	28.899	5.382	2.936	3.425	2.936	11.254	1.957	2.936	1.468	1.468	0.979	1.468
10	5.872	2.936	0.489	0.979	1.957	17.126	49.420	0.489	1.957	2.936	13.701	36.200	4.404
20		3.425	1.957	2.447	4.893	1.957	7.340	9.786	4.484			2.447	21.530
30	20.062	7.340	6.361	5.382			4.404	1.957		11.743	4.404	4.404	13.211
50	3.425			4.893	1.468	7.829	4.893			2.936	10.765	1.468	
75		1.468		2.447	1.957	4.404	6.850				1.468	2.936	
100	8.808	0.979		10.765	41.591	12.233					1.957	13.701	
150		2.936		12.233	3.425							6.850	
200		0.979		2.447	2.447							1.957	
500		22.019		22.508									
	E27	E28	E29	E30	E40	E41	E42	E43	E54				
5		2.936	2.936		5.382		11.254		4.893				
10	12.233	3.914	6.361		4.893	4.404	4.404	6.850	3.914				
20	3.914	1.957	11.254			1.468	1.957	6.850					
30			4.893	4.404				6.361					
50													
75				4.404									

TABLA 8

TABLA DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FIQUIMBI II

SALINIDAD PROF.	SALINIDAD												
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	33.905	33.948	34.249	34.615	34.158	34.313	34.029	34.039	34.248	34.194		34.101	34.032
10	34.205	34.243	34.386	34.174	34.487	34.384	34.150	34.333	34.356	34.306		34.210	34.121
20	34.353			34.249	34.494	34.849	34.500	34.479	34.357	34.323		34.250	34.188
30	34.400	34.508		34.523	34.554	34.657	34.619	34.526	34.441	34.463	34.219	34.564	34.584
50	34.582	34.515	34.558	34.675	34.773	34.932	34.716	34.720	34.555	34.524	34.223	34.633	34.640
75		34.633	34.787	34.761	34.895	35.054	34.779	34.779	34.991	34.908	34.255		34.831
100		34.788	34.845		34.988	35.174	34.862	34.820	34.866	34.955	34.474		
150		34.789	34.917	34.988	35.082	35.195	34.931	34.840		35.048	34.735		
200		34.818	35.083	35.266	35.158	35.218	35.485	35.062	35.217	35.108			
500		34.629						35.203	35.706		34.956		
1000		35.342											
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	34.238	34.146	34.046	34.847	34.183	34.255	34.050	34.046	33.973	34.428	34.444	34.988	34.294
10	34.286	34.247	34.340	34.187	34.170	34.435	34.246	34.361	34.308	34.189	33.974	34.447	34.030
20	34.388	34.400	34.378	34.175	34.452	34.250	34.361	34.637			34.091	34.200	34.058
30	34.412	34.388	34.478	34.807	34.235		34.292	34.117			34.045	34.222	34.160
50	34.618			34.764	34.264	34.478	34.313			34.208	34.385	34.493	
75		34.888		34.815	35.022	34.725	34.829				34.790	34.867	
100	34.858	34.987		34.815	35.112	35.129					35.520	35.014	
150		35.022		35.823	35.181							35.048	
200		35.036		35.284	35.289							35.082	
500		35.184		36.321									
	E27	E28	E29	E30	E40	E41	E42	E43	E34				
5		34.134	34.632		34.189		33.439		33.265				
10	34.274	34.185	34.304		34.236	34.139	34.154	34.119	33.753				
20	34.441	34.484	34.303			34.507	34.557	34.048					
30			34.407	34.325				34.291					
50													
75				35.578									

TABLA 9

TABLA DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FLOMIN II

TEMPERATURA (°C)													
PROF.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	29.50	28.00	27.00	26.30	25.50	22.80	18.30	19.30	27.70	26.00		28.30	28.80
10	28.50	27.70	21.40	26.00	25.10	18.30	14.50	17.50	27.00	26.00		26.30	28.80
20	19.20			25.50	18.00	17.00	13.40	16.00	27.10	26.50		25.00	28.70
30	13.20	23.30		21.40	16.30	16.90	11.90	15.50	26.90	26.50	26.00	25.40	28.70
50	12.40	25.20	18.00	16.00	16.20	16.4	11.00	15.20	26.80	26.40	26.00	21.00	26.60
75		20.90	17.00	15.00	14.40	15.90	11.00	13.50	26.70	25.80	26.70		22.70
100		16.00	15.00		14.10	15.2	11.00	13.40	17.00	25.00	26.70		
150		14.20	13.20	14.00	13.00	13.40	11.00	13.20		15.30	15.50		
200		14.20	13.20	13.20	12.70	12.70	10.30	12.50	16.00	13.00			
300		12.00						10.20	15.00		12.00		
1000		12.70											
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	16.00	20.00	21.00	21.00	20.00	20.01	26.70	14.2	20.04	14.0	20.00	20.70	19.3
10	20.00	20.00	12.00	19.00	24.07	15.20	20.03	20.115	20.1	20.07	20.18	20.05	19.2
20		16.00	12.00	16.30	23.00	14.00	20.57	20.110	17.6		20.03	20.00	19.0
30	20.00	16.30	12.20	16.20	23.00		20.00	20.0		20.00	20.34	20.00	14.0
50	20.00			15.00	18.40	14.00	16.00			20.00	20.33	20.75	
75		16.50		13.50	13.02	13.40	15.70				20.76	20.40	
100	20.00	16.30		13.30	12.90	12.90					20.75	20.44	
150		16.10		13.10	12.50							25.54	
200		13.40		12.30	12.16							20.55	
300		12.00		11.00									
	E27	E28	E29	E30	E40	E41	E42	E43	E54				
5		27.27	15.32		13.7		27.3		12.2				
10	20.07	16.45	13.77		12.2	20.9	14.5	15.3	24.25				
20	27.0	16.05	12.54			27.0	16.0	13.8					
30			12.20	20.0				12.5					
50													
75				16.06									

TABLA 10

TABLA DE VALORES DE LOS PARAMETROS TOMADOS DURANTE LA CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA FOLUINI II

ALCALINIDAD TOTAL (mmol/kg)													
PROF.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
5	2025.87	2020.00	2148.75	2258.80	2315	2326	2302	2263	2301.5	2286		2083	2242
10	1982.98	2107.07	2105.03	2218.5	2288	2313	2272	2258	2280	2278		2077	2242
20	1947.84			2212.55	2288	2286	2237	2257	2245	2278		2018	2236
30	1948.27	2100.94		2148.24	2274	2283	2232	2240.8	2225.8	2147	2338	1985	2286
50	1924.75	2100.00	2000.10	2147.21	2273.58	2277	2228	2184	2298.8	2081.8	2331	1985	2088
75		2000.00	2071.88	2114.84	2225	2277	2285	2142	2042	2084	2312		2087
100		2000.20	2000.70		2221	2272	2188	2088	2048	2079.6	2388.8		
150		2000.82	2007.72	2007.42	2218	2228	2038	2077.8		2079	2388		
200		2004.70	2000.85	2000.33	2182	2185	1983	2072	2022	2071			
300		2004.28						2087	1985		1982		
500		1982.85											
	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26
5	2288	2000	2162.9	2181	2384	2187	2184	2185	2381	2075	2078.8	2181	2088
10	2078	2000	2129.8	2088	2277	2183	2283	2185	2188	2074	2077	2279	2188
20		2000	2041	2088	2275	2188	2271	2141	2288		2074	2288	2144
30	2288	2000.5	1982	2085	2288	2281	2228			2087	2088	2257	2138
50	2288			2088.1	2218	2182	2281			2082.3	2152	2284	
75		2000.4		2088	2215	2157	2288				2188	2271	
100	2288	2000.7		2013	2187	2115					2175	2185	
150		2000		2048.8	2173							2288	
200		2004.8		1988	2158							2035	
300		2188.2		1988									
	E27	E28	E29	E30	E40	E41	E42	E43	E44				
5		2088	2185		2085.3		2018		1988				
10	2138	2118	2287		2054.8	2015	2238	2242	2218				
20	2085	2145	2187			2088	2288	2188					
30			2182	2318				2285					
50													
75				2125									

VALORES MAXIMOS Y MINIMOS REGISTRADOS POR ESTACION  
Y POR PARAMETRO

PÁG. 17

ESTN	ODD µM	pH (25°C)	FRPO4 µM	NH4O2 µM	NH4O3 µM	NH4O5 µM	S-PO4 µM	Sal (‰)	Temp °C	Alcalin µM
1	21526	805	003	203	408	7227	1574	3458	2808	28857
	17474	815	003	007	187	4917	938	3488	1249	188173
2	28888	773	073	251	938	8835	8112	3534	2848	22888
	1614	748	003	007	088	2881	688	3488	1278	184288
3	28888	777	013	203	1138	5428	1888	3488	2788	214875
	1218	718	003	181	488	2588	1388	3425	1328	282888
4	18823	787	448	202	938	4817	3848	3521	2838	28888
	888	678	083	007	088	1288	687	3482	1328	28838
5	28488	788	088	203	1148	2248	2872	3516	2538	231888
	888	787	083	007	087	1887	788	3416	1278	218888
6	28188	818	188	233	921	4888	18812	3522	2888	23888
	878	788	083	007	007	1888	588	3431	1278	218888
7	28888	816	187	287	687	3812	3428	3548	1838	28888
	1848	788	003	007	078	1288	837	3488	1838	188888
8	28888	818	288	228	688	8882	3878	3528	1838	28888
	787	787	083	007	078	682	527	3488	1838	28888
9	28888	821	188	208	807	3812	3888	3571	2778	288188
	722	788	003	007	088	482	788	3425	1588	188888
10	28888	821	238	188	814	1888	3814	3577	2888	28888
	888	787	003	007	007	482	788	3418	1388	287188
11	28888	817	218	258	1184	8778	3887	3488	2888	238188
	1888	788	003	007	088	482	527	3422	1288	188888
12	28788	828	088	448	418	1402	1878	3488	2838	28888
	18888	818	083	087	007	1288	718	3418	2188	188888
13	28218	822	048	248	714	2881	3515	3488	2888	234288
	4848	788	003	007	088	147	838	3483	2278	288888
14	28888	838	088	248	618	2888	2882	3488	2888	22888
	2881	782	003	007	151	147	338	3423	1688	288388
15	18881	823	158	318	978	2887	18288	3518	2888	23888
	388	748	003	007	119	088	278	3414	1298	218888
16	28428	828	018	007	263	638	1788	3448	2188	218288
	18888	818	003	007	183	048	115	3488	1228	188288
17	28188	831	484	288	921	2251	4812	3532	2188	218188
	888	748	003	007	188	088	388	3485	1188	188888
18	18888	834	218	244	814	4188	3288	3527	2888	238488
	888	758	003	007	007	147	223	3416	1216	218888
19	28388	812	003	248	842	1713	3131	3813	2881	218788
	5838	788	003	007	238	188	225	3423	1298	211888
20	18823	824	118	232	792	4842	1788	3482	2878	228888
	3888	738	003	007	007	448	888	3485	1578	218488

VALORES MAXIMOS Y MINIMOS REGISTRADOS POR ESTACION  
Y POR PARAMETRO

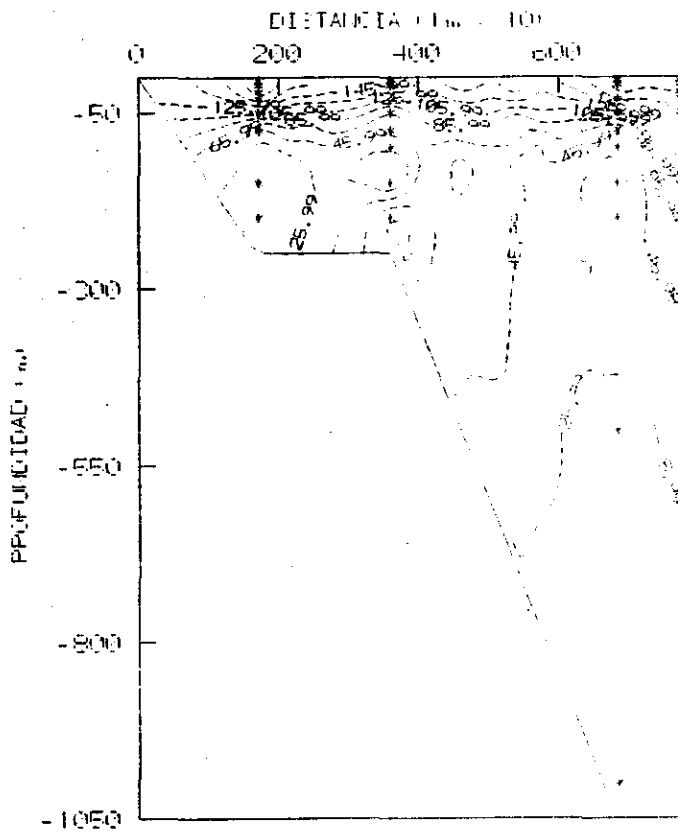
EST.	O.D. uM	pH (25 °C)	P-PO4 uM	N-NO2 uM	N-NO3 uM	N-NH3 uM	Si-SO2 uM	Sal (S)	Temp. °C	Alcalin. uM
21	169.61	8.24	0.03	0.07	5.41	9.79	4.44	34.39	29.12	2226.00
	193.74	8.22	0.03	0.07	2.97	0.49	1.15	34.05	14.20	2141.00
22	203.49	8.30	0.03	4.21	4.48	4.40	6.08	34.64	28.94	2301.00
	197.78	8.11	0.03	0.07	3.43	1.96	3.34	33.97	17.60	2196.00
23	202.29	8.12	0.03	0.07	5.53	11.74	4.44	34.43	28.97	2082.30
	196.20	8.08	0.03	0.07	2.51	1.47	1.70	34.05	14.60	2074.00
24	206.66	8.04	0.03	0.07	14.92	13.70	20.89	35.52	30.34	2175.00
	39.01	7.29	0.03	0.07	3.78	1.47	1.70	33.97	28.66	2069.00
25	209.48	8.13	1.12	1.45	15.06	36.21	63.41	35.06	29.90	2296.00
	5.91	7.37	0.03	0.07	0.07	0.98	0.60	34.16	20.55	2035.00
26	206.63	8.04	0.03	0.07	2.62	21.53	17.60	34.29	19.30	2144.00
	200.35	8.04	0.03	0.07	0.07	1.47	1.70	34.01	14.00	2039.00
27	198.02	8.32	0.03	1.59	2.28	12.23	4.44	34.44	28.97	2138.00
	193.82	8.30	0.03	0.07	1.63	3.91	1.70	34.27	27.90	2065.00
28	196.43	8.33	0.03	1.54	2.62	3.91	17.06	34.46	27.27	2145.00
	190.51	8.27	0.03	0.07	1.73	1.96	8.83	34.13	16.05	2109.00
29	209.48	8.19	0.03	0.07	4.58	11.25	13.76	34.41	15.32	2267.00
	199.43	8.05	0.03	0.07	1.11	2.94	3.34	34.03	12.20	2167.00
30	203.57	8.06	0.03	0.07	6.80	4.40	17.60	35.56	28.90	2310.00
	44.07	7.56	0.03	0.07	1.25	4.40	7.73	34.32	16.05	2125.00
40	204.34	8.17	0.03	0.07	2.88	5.38	4.44	34.24	13.70	2095.30
	199.70	8.16	0.03	0.07	1.82	4.89	4.44	34.19	12.20	2034.60
41	228.02	8.22	0.03	0.83	2.62	4.40	6.63	34.51	28.90	2015.00
	172.88	8.06	0.03	0.07	1.63	1.47	2.25	34.14	27.90	2068.00
42	221.31	8.52	0.03	0.56	0.92	11.25	16.50	34.56	27.30	2288.00
	186.34	8.40	0.03	0.07	0.66	1.96	3.69	33.44	14.50	2018.00
43	205.24	8.26	0.03	0.71	1.69	6.85	13.76	34.29	15.30	2242.00
	179.64	8.19	0.03	0.07	0.07	6.36	1.70	34.05	12.50	2169.00
54	219.06	8.27	0.03	0.87	1.92	4.89	116.31	33.75	24.25	2216.00
	212.34	8.26	0.03	0.07	1.63	3.91	12.12	33.27	12.20	1960.00



## **ANEXO 2**

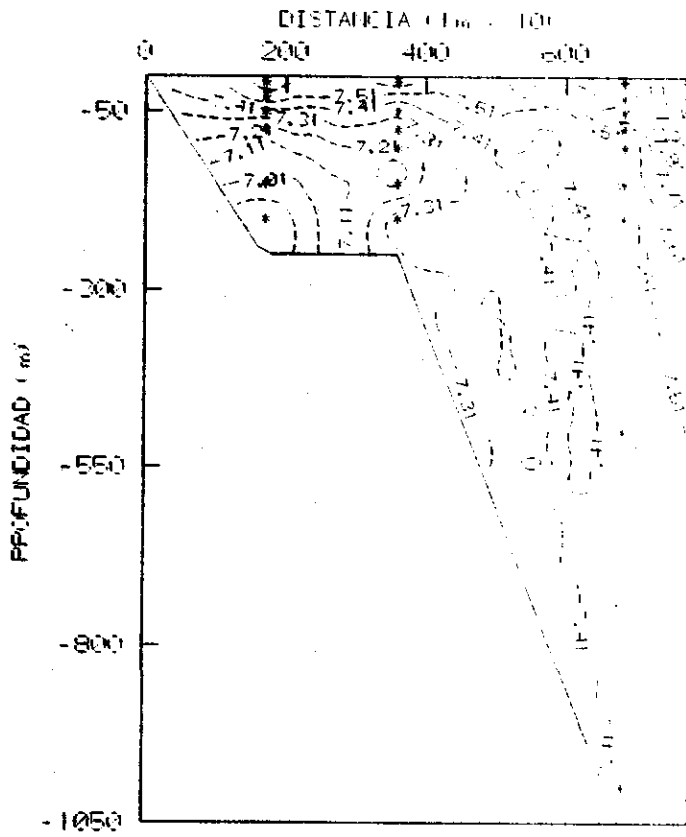
## **GRAFICAS**

TEHUANTEPEC OCEANIC TRAJECTORY I  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



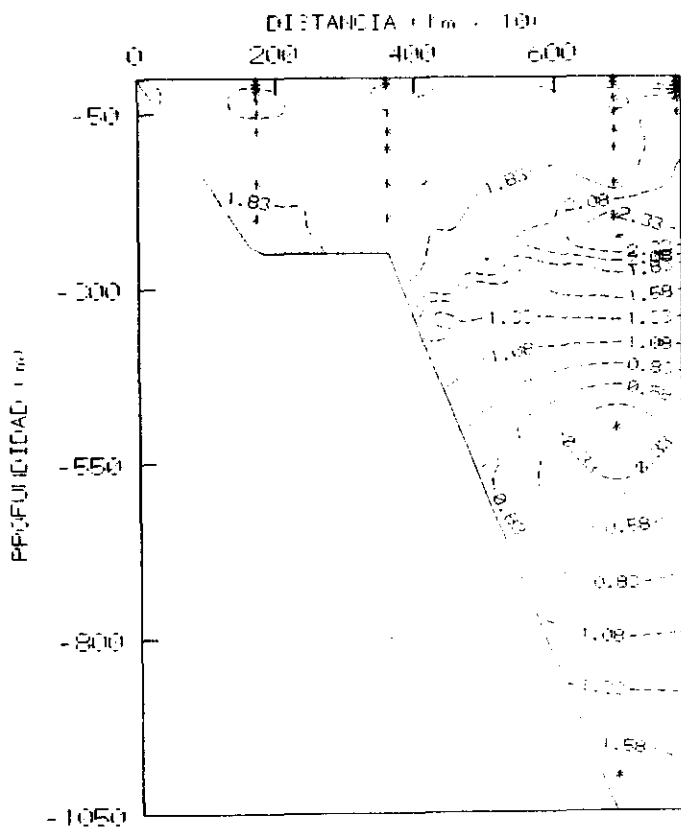
GRAFICA 1

# TEHUANTEPEC pH TRAJECTO 1



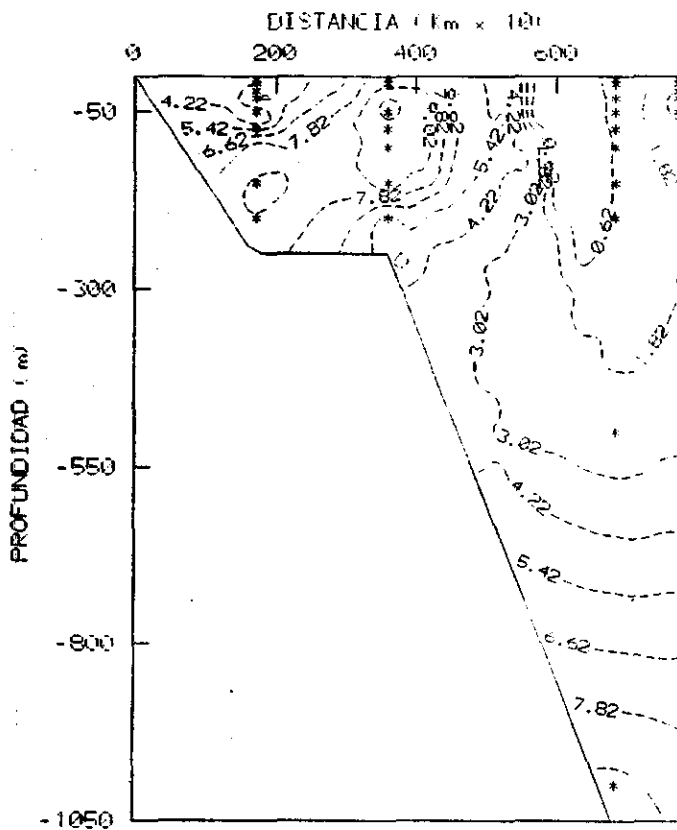
GRAFICA 2

TEHUANTEPEC NITRITO: TRAYECTORIA 1  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



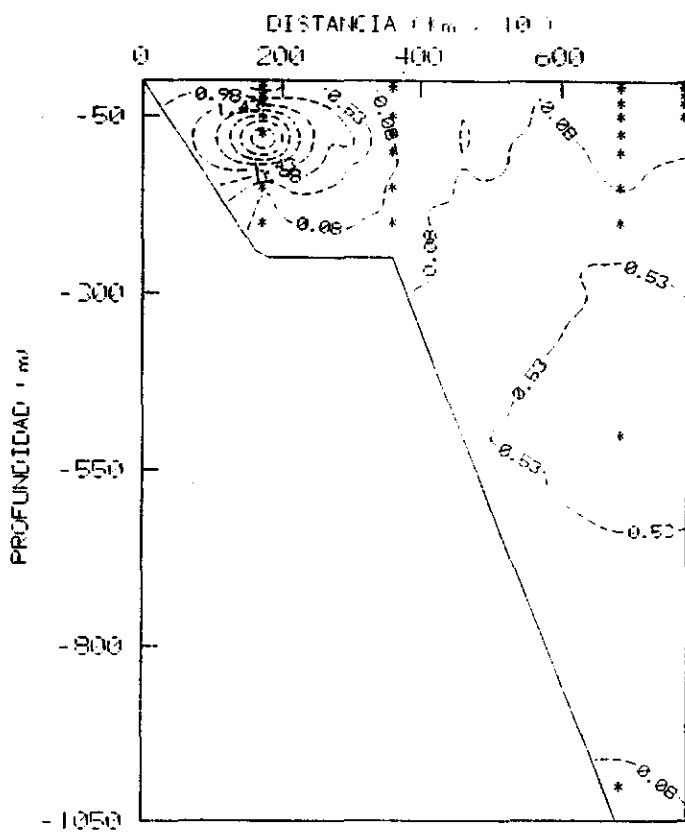
GRAFICA 3

# TEHUANTEPEC NITRATOS TRANSECTO I ( $\mu\text{mol/kg}$ )



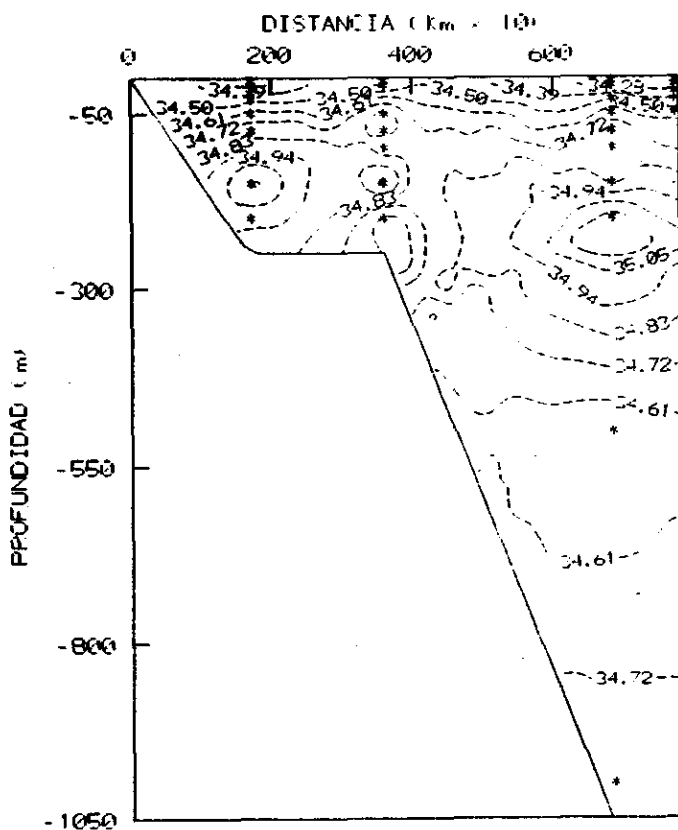
GRAFICA 4

# TEHUANTEPEC FOSFATOS TRANSECTO I ( $\mu\text{mol/kg}$ )



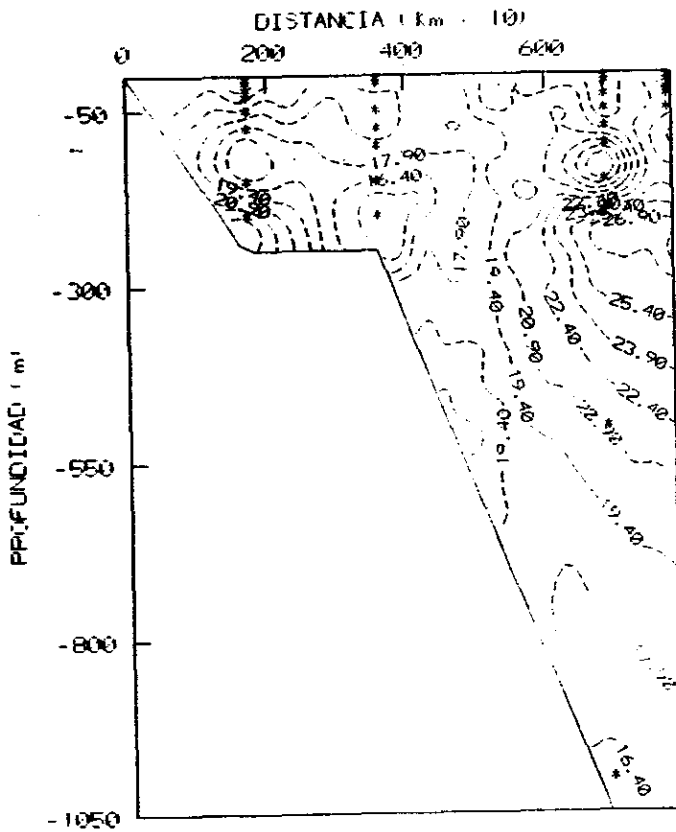
GRAFICA 5

# TEHUANTEPEC SALINIDAD: TRANSECTO I



GRAFICA 6

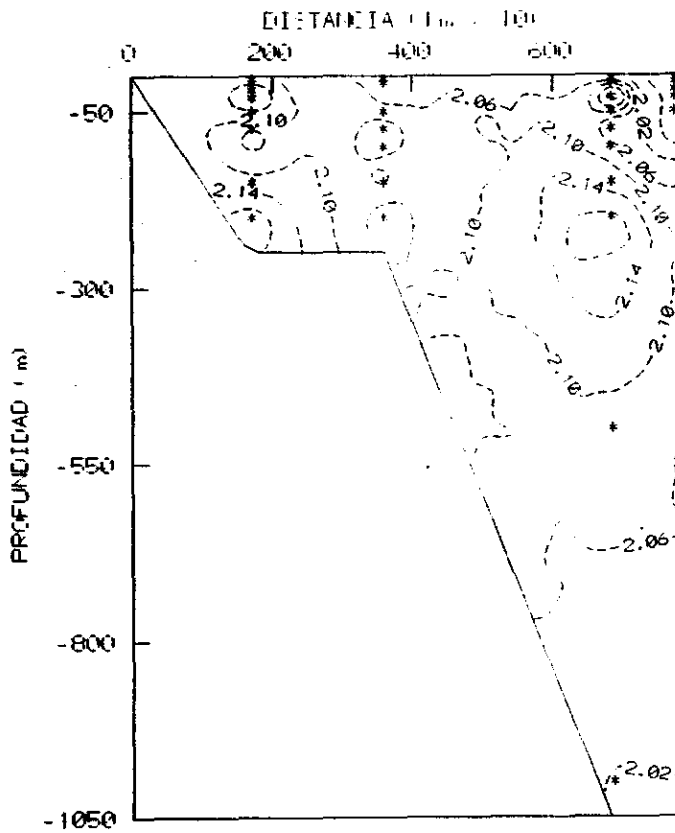
# TEHUANTEPEC TEMPERATURA TRANSECTO I



GRAFICA 7

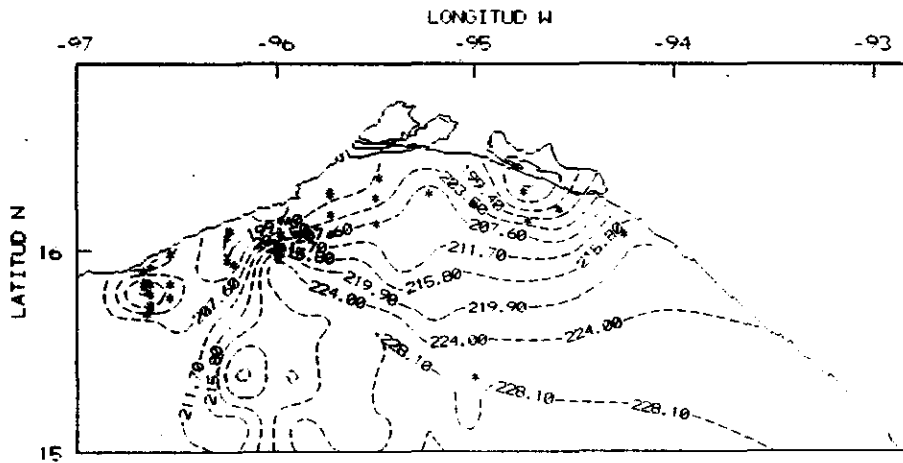


TEHUANTEPEC ALCALINIDAD TRANSECTO I  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



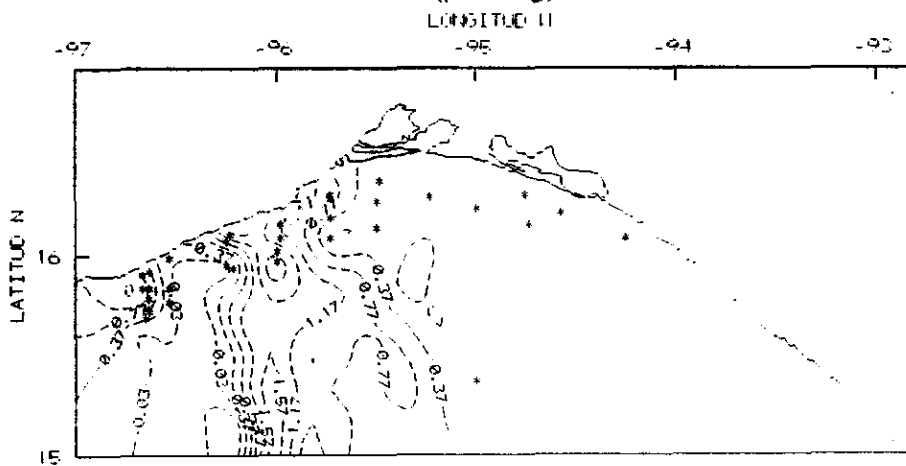
GRAFICA 8

TEHUANTEPEC OXIGENO 10 METROS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



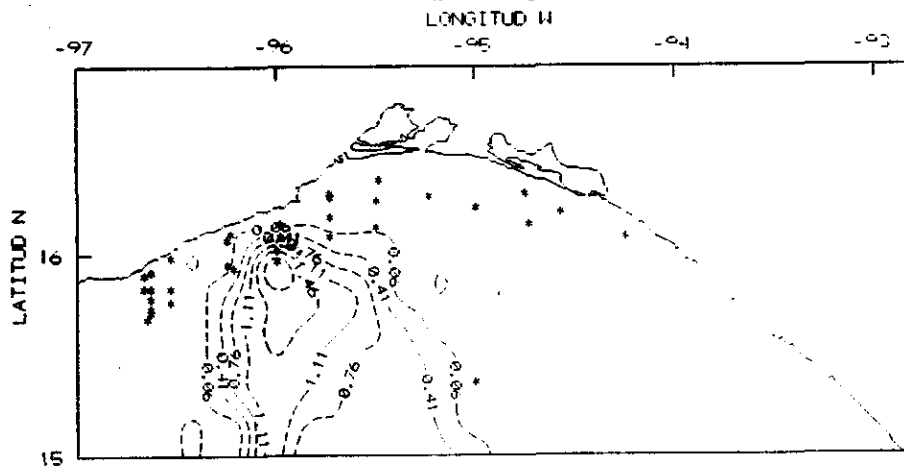
GRAFICA 9

TEHUANTEPEC NITRITOS 10 METROS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



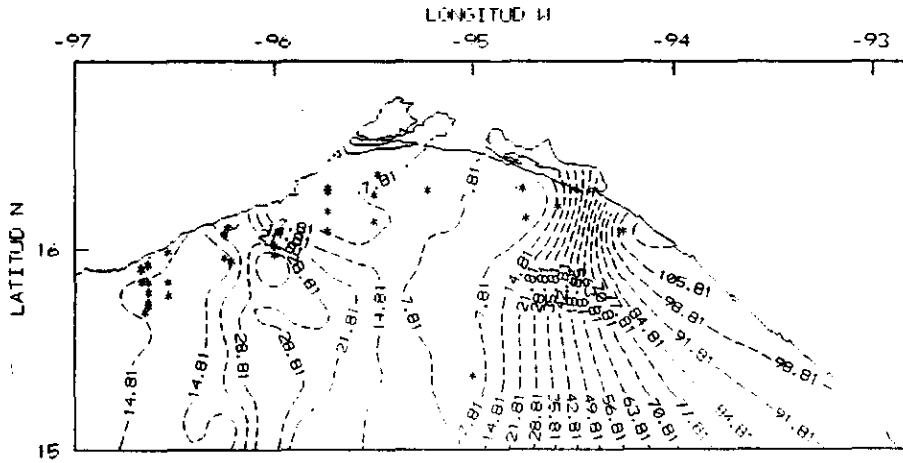
GRAFICA 10

TEHUANTEPEC FOSFATOS 10 METROS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



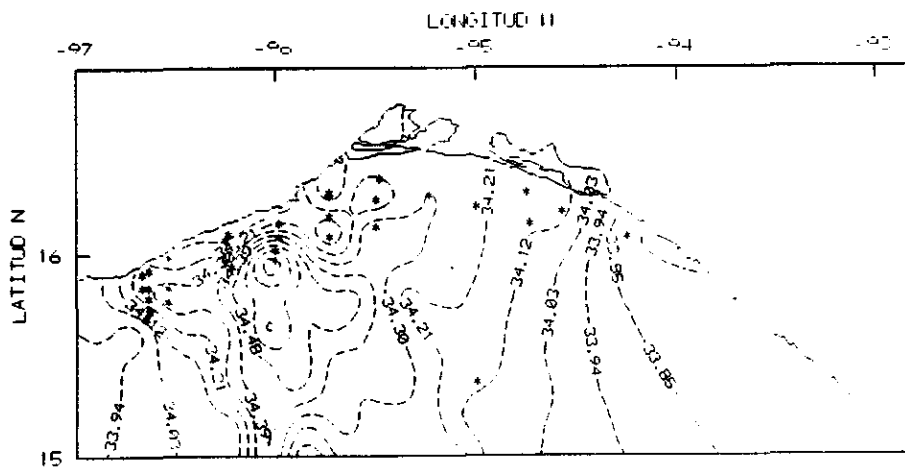
GRAFICA 11

TEHUANTEPEC SILICATOS 10 METROS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )

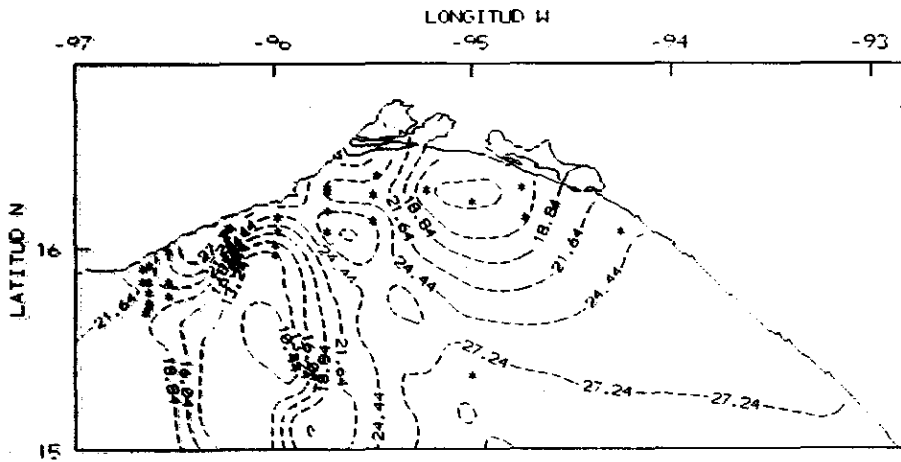


GRAFICA 12

# TEHUANTEPEC SALINIDAD 10 METROS

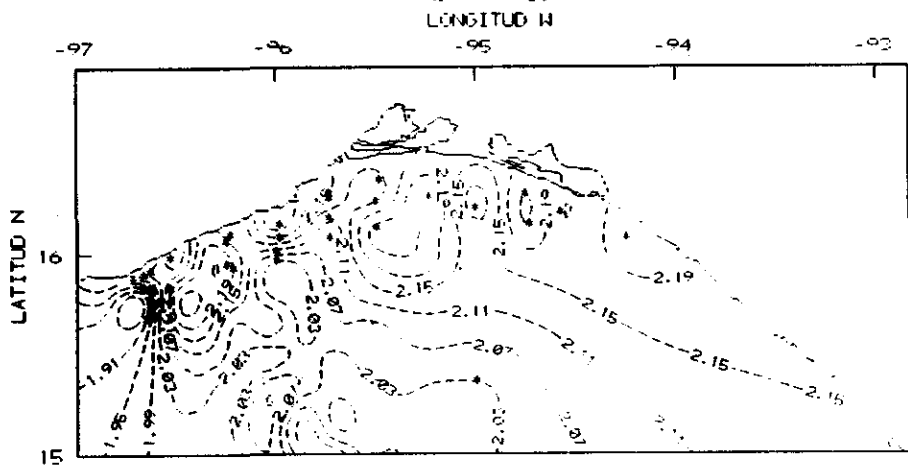


TEHUANTEPEC TEMPERATURA 10 METROS



GRAFICA 14

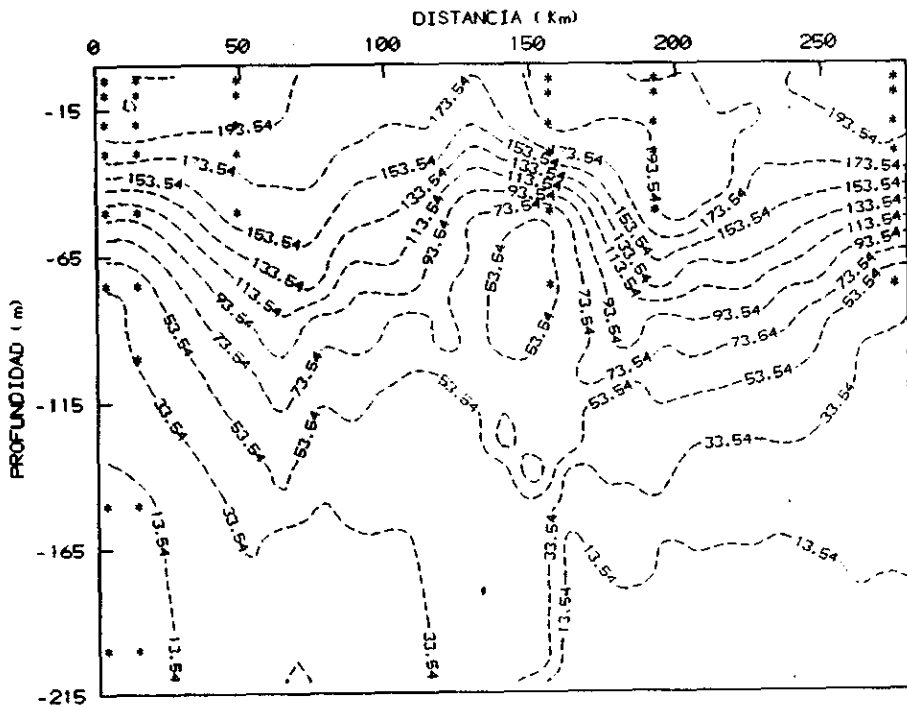
TEHUANTEPEC ALCALINIDAD 10 METROS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



GRAFICA 15

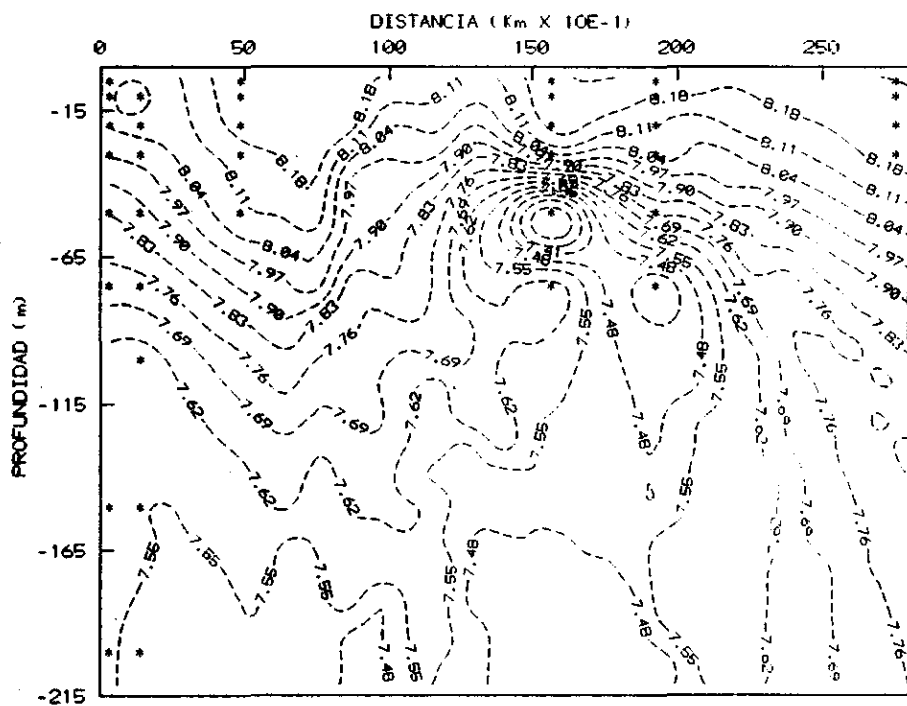


OXIGENO ZONA DE SURGENCIA I DE TEHUANTEPEC  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



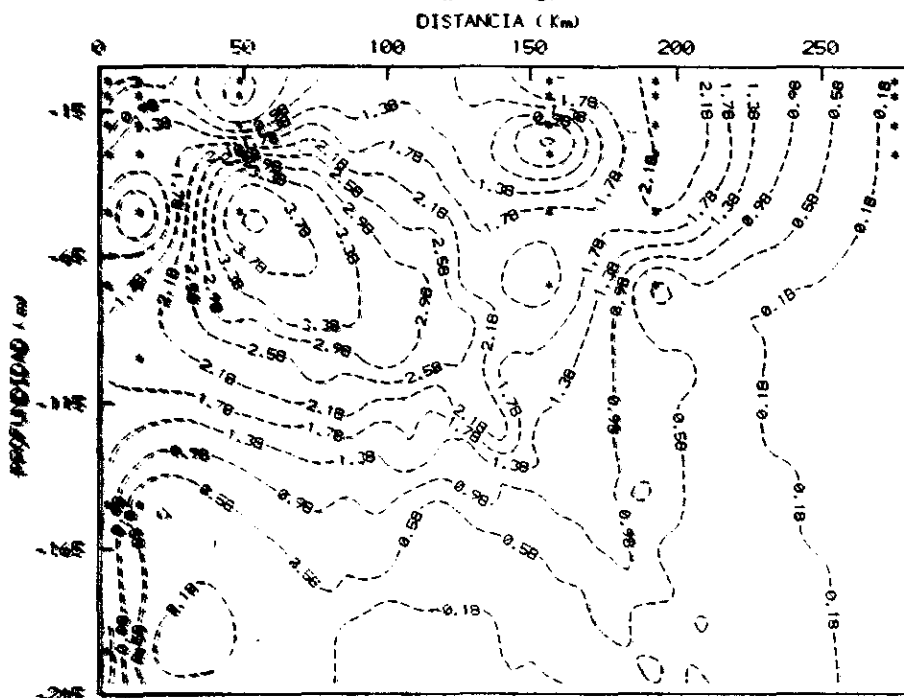
GRAFICA 16

# TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 1 pH



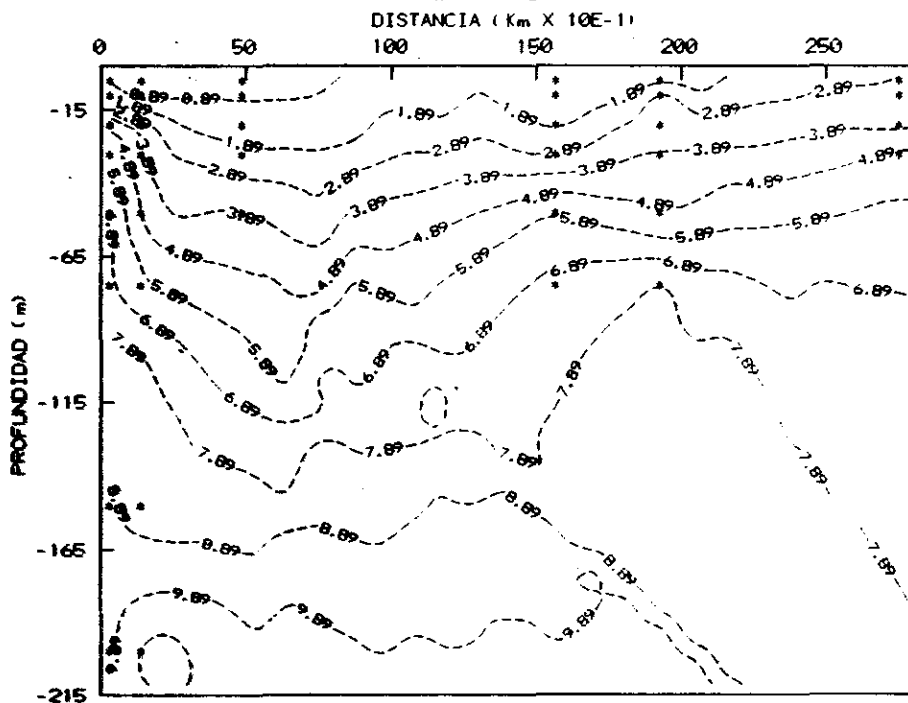
GRAFICA 17

NITRITOS ZONA DE SURGENCIA 1 DE TEHUANTEPEC  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



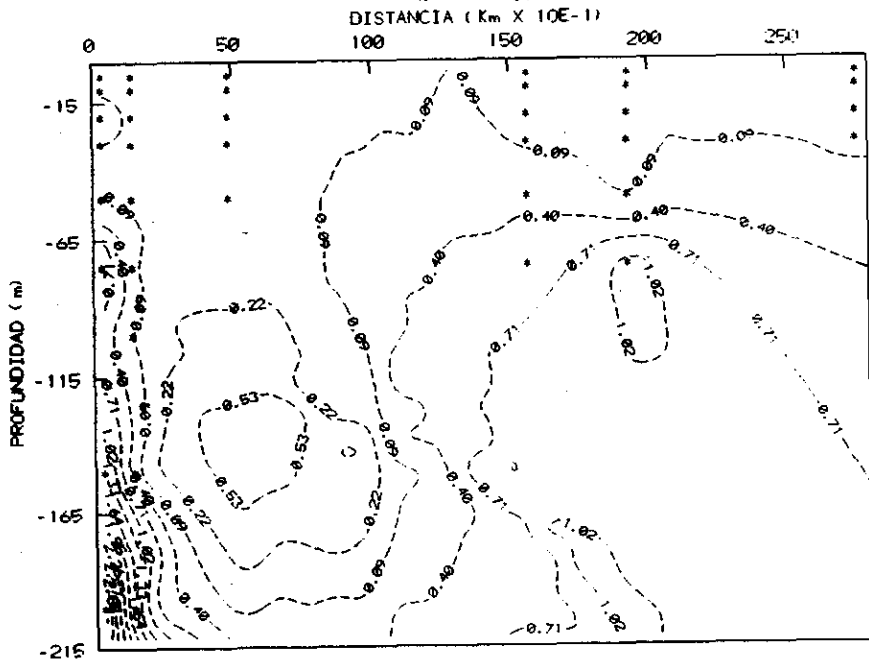
GRAFICA 18

TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 1 NITRATOS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



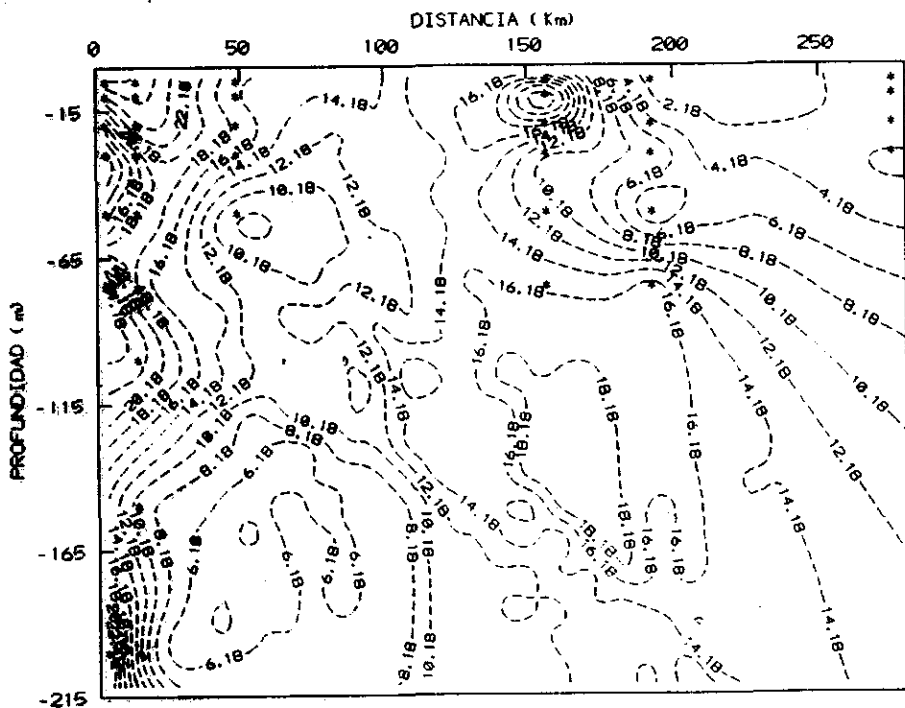
GRAFICA 19

TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 1 FOSFATOS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



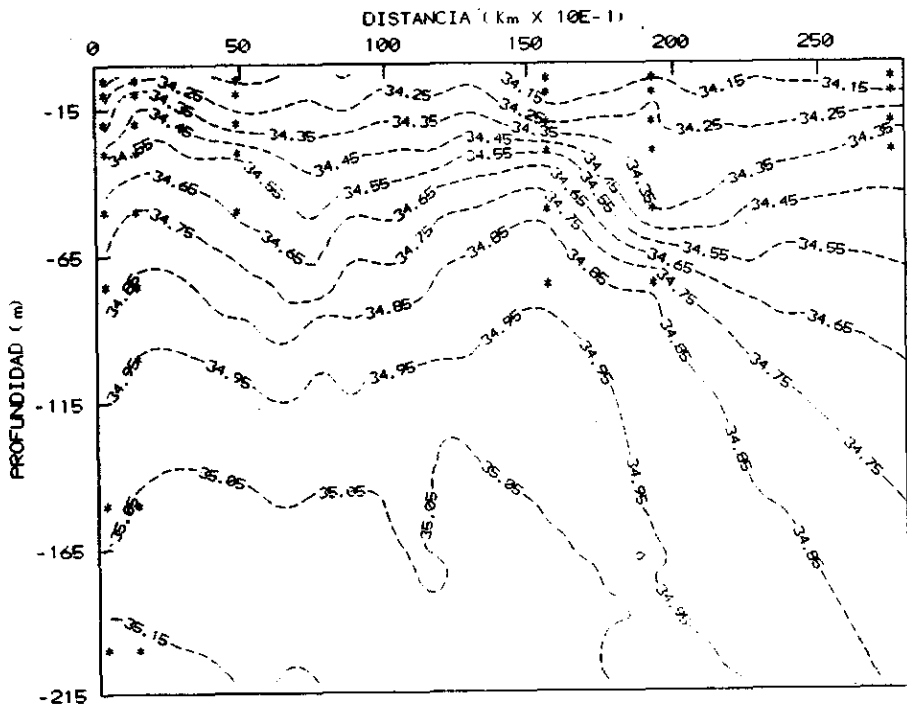
GRAFICA 20

SILICATOS ZONA DE SURGENCIA 1 DE TEHUANTEPEC  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



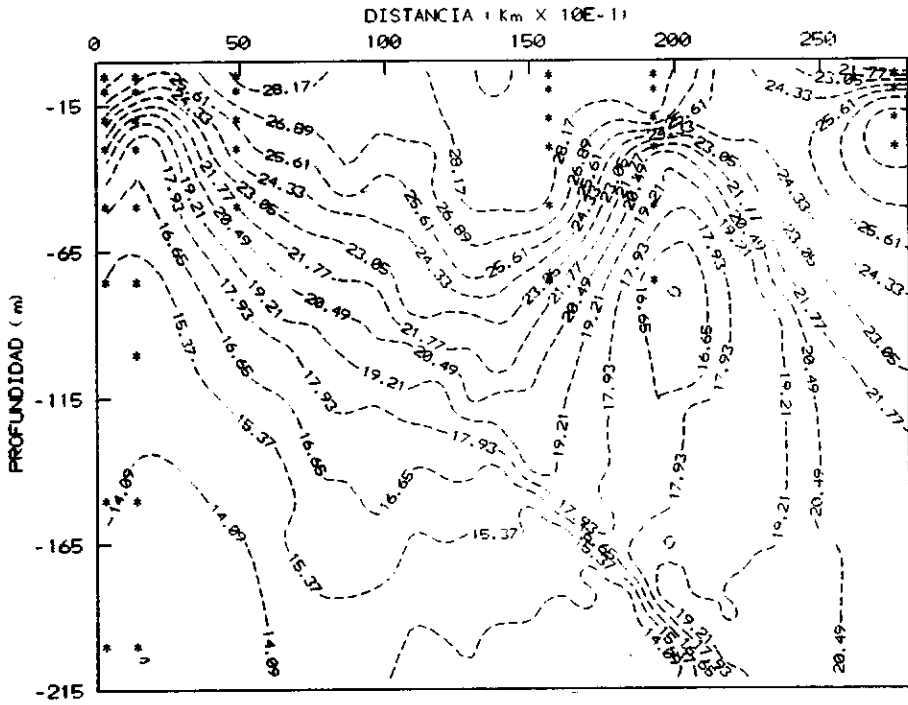
GRAFICA 21

TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA I SALINIDAD



GRAFICA 22

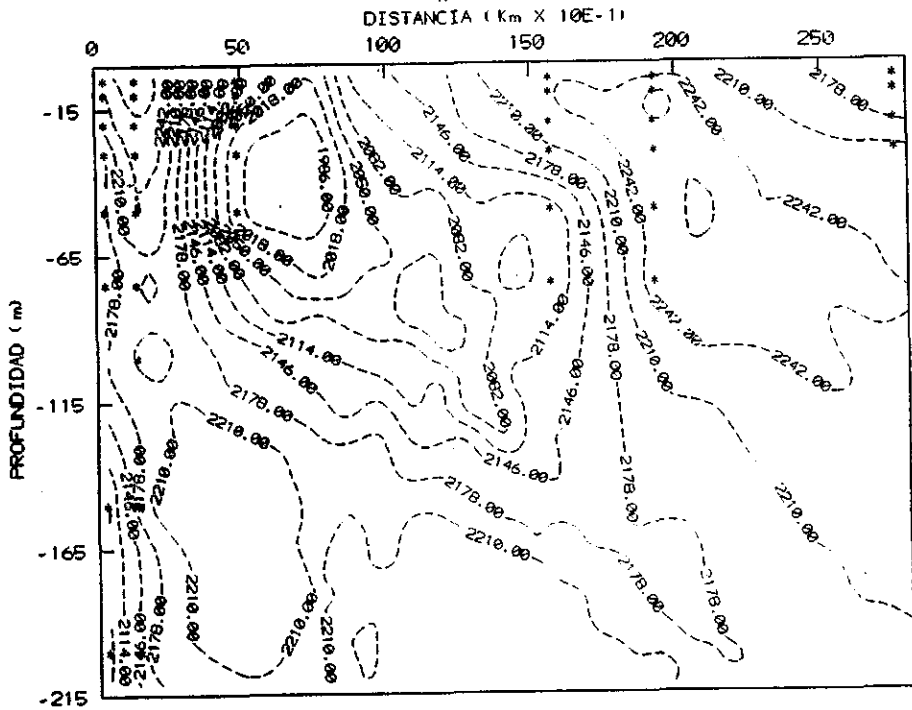
# TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA I TEMPEPATUPA



GRAFICA 23

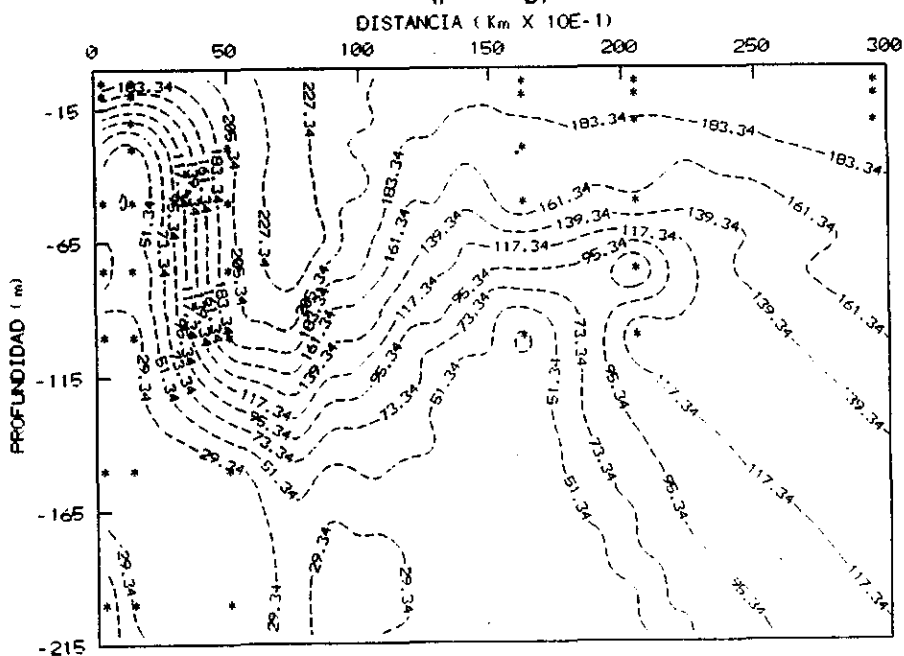


TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 1 ALCALINIDAD  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



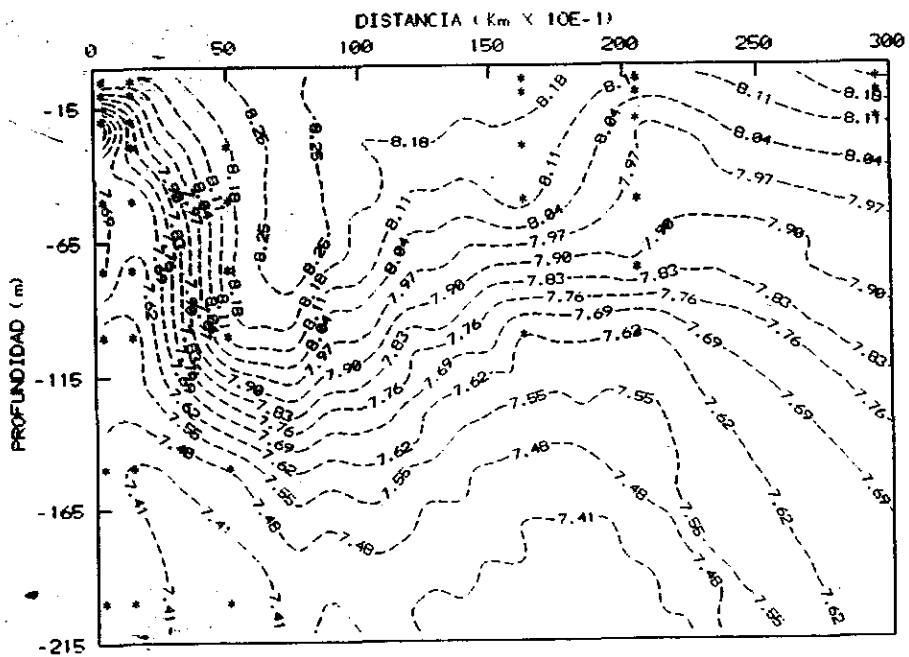
GRAFICA 24

TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 2 OXIGENO  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



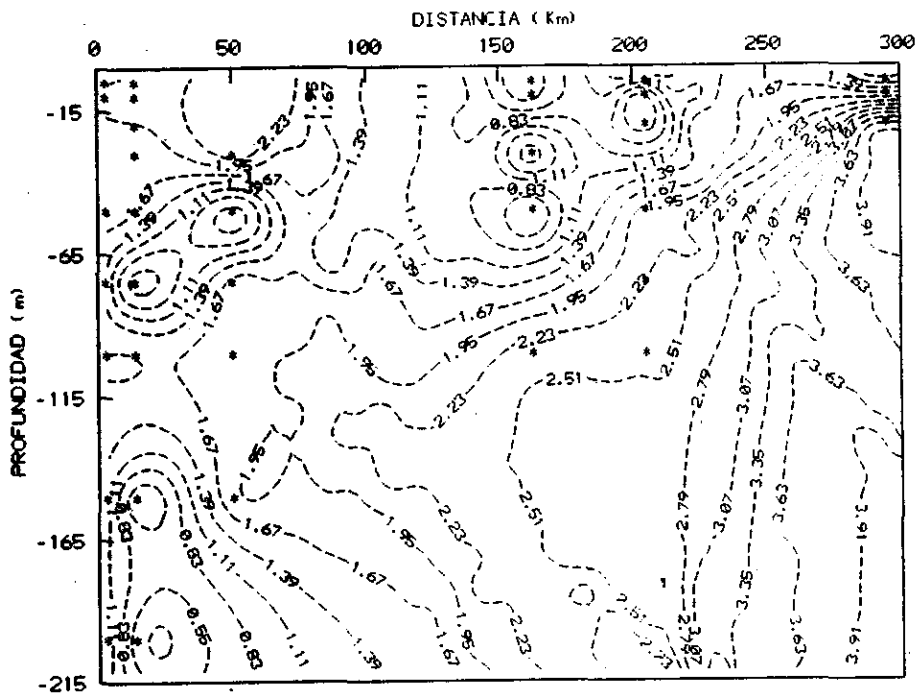
GRAFICA 25

# TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 2 pH



GRAFICA 26

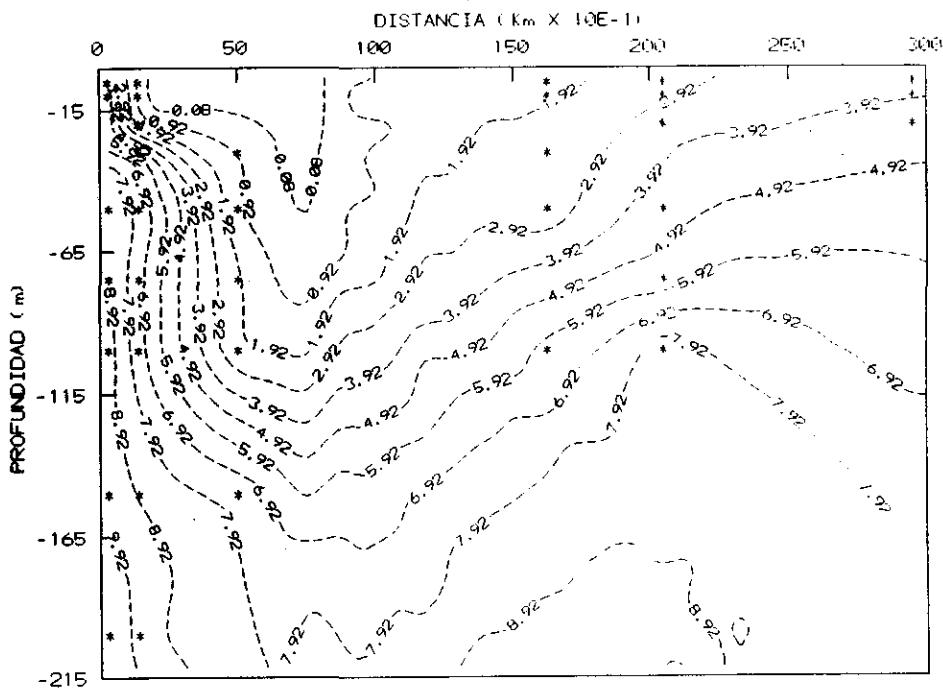
NITRITOS ZONA DE SURGENCIA 2 DE TEHUANTEPEC  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



GRAFICA 27

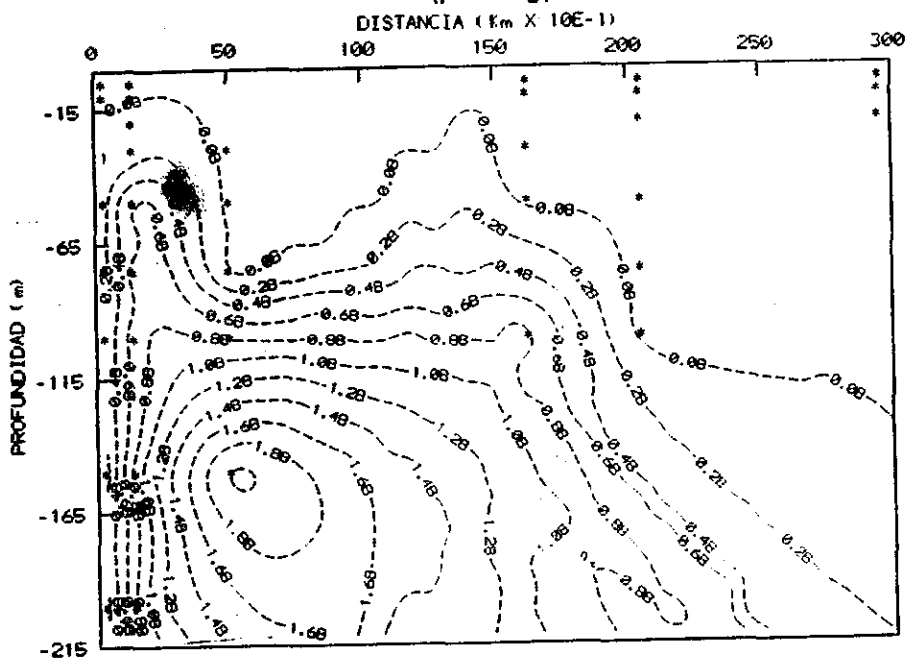
ESTA TERCERA NO DEBE  
SER EN LA BIBLIOTECA

TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 2 NITRATOS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



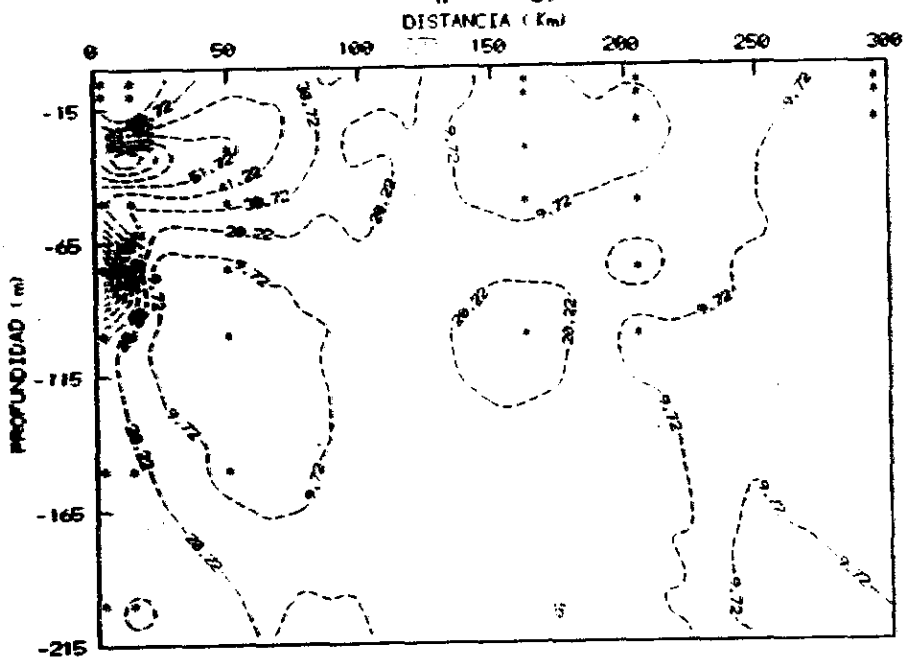
GRAFICA 28

TEHUJANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 2 FOSFATOS  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



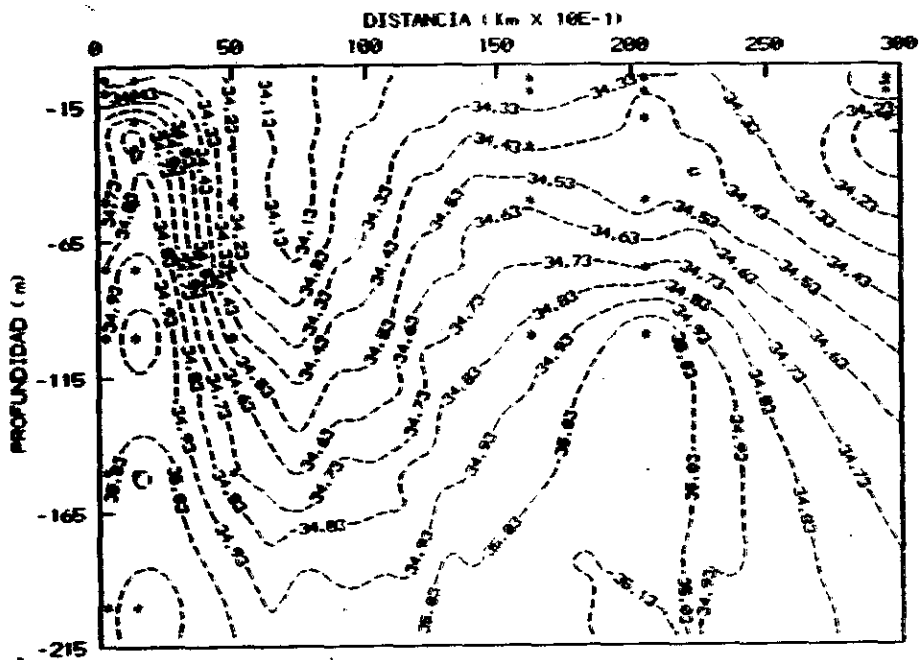
GRAFICA 29

SILICATOS ZONA DE SURGENCIA 2 DE TEHUANTEPEC  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



GRAFICA 30

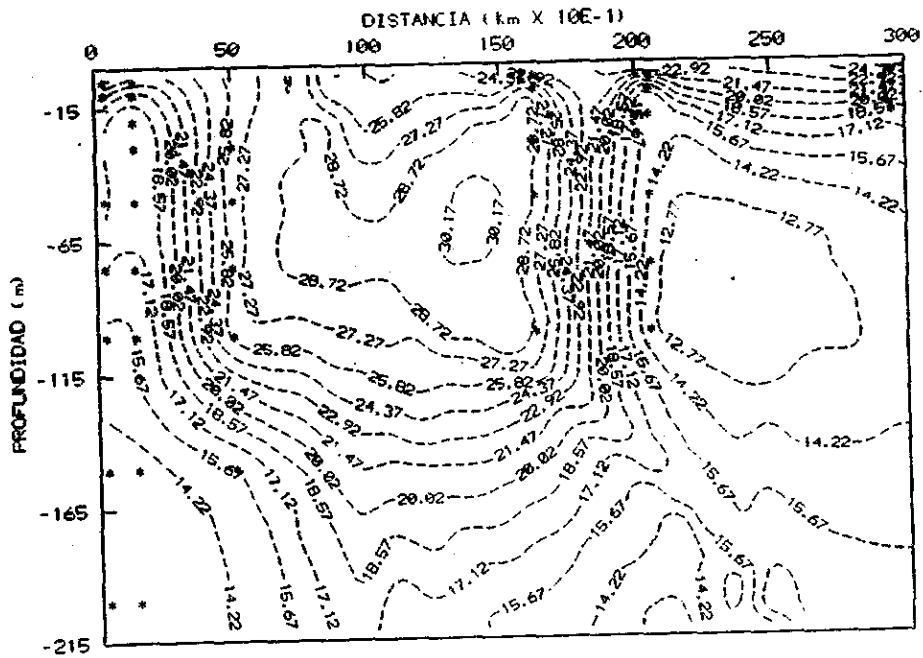
# TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 2 SALINIDAD



GRAFICA 31

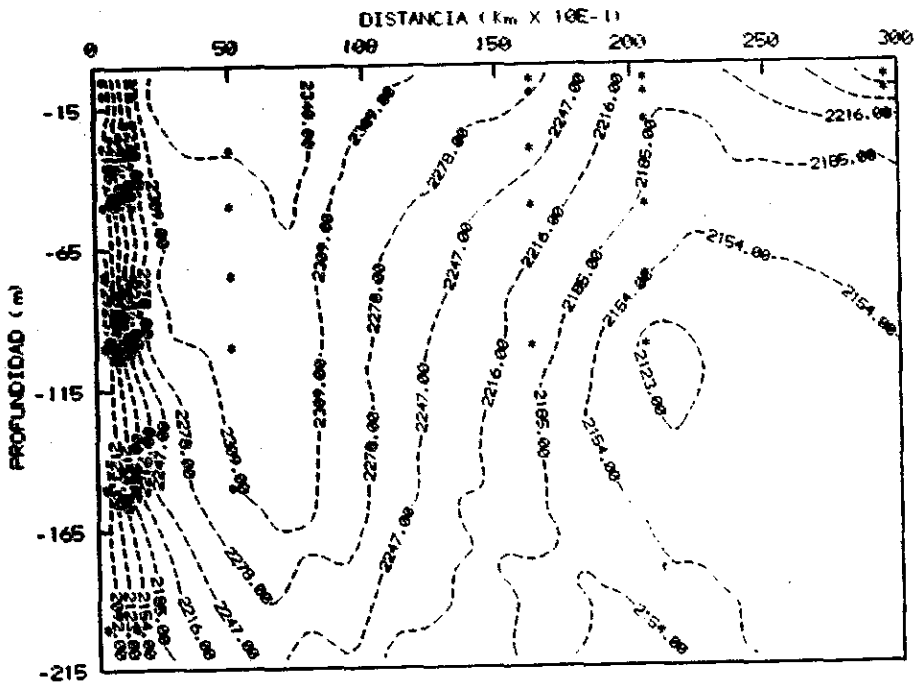


# TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 2 TEMPERATURA



GRAFICA 32

TEHUANTEPEC ZONA DE SURGENCIA 2 ALCALINIDAD  
( $\mu\text{mol/kg}$ )



GRAFICA 33